

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 теплообменника 1000 ТНГ-1,0

Студент

С.А. Акимов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Еремичев

(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

В реальных условиях работы конструкции при ее ремонте для восстановления поверхности теплообмена, обычно, производится замена всего трубного пучка. В этих условиях стоимость ремонта не зависит от величины бракованных трубок. Анализ ресурсов, которые необходимы при восстановлении поверхности теплообменников подогревателей, и потерь экономичности турбоустановки при функционировании с теплообменниками, которые имеют частичную поверхность теплообмена, позволяет выделить максимальную величину бракованных трубок, при которой экономически обоснованы затраты замены всего трубного пучка.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества изготовления теплообменников за счёт увеличения эффективности сварочных операций при изготовлении соединения «труба-трубная доска».

В работе решены следующие задачи:

- 1) разработать способ получения равнопрочного сварного соединения «труба – трубная доска»;
- 2) подготовить технологию сборки и дальнейшей сварки трубных решёток с применением разработанного способа;
- 3) произвести выбор оборудования для реализации предложенной технологии.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 59 %, повышению производительности труда на 144 %, снижению технологической себестоимости на 47 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 3,66 млн. рублей.

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ	
1.1 Конструкция теплообменника и условия его эксплуатации	7
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	9
1.3 Описание операций базового варианта соединения	10
1.4 Обзор альтернативных способов соединения	13
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННИКА	
2.1 Обзор способов сварки и применяемого оборудования	17
2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах	26
2.3 Описание операций проектного технологического процесса	29
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Составление технологической характеристики объекта	34
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	37
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	38
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	39
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	41
3.6 Заключение по экологическому разделу	42
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	
4.1 Сбор исходных данных для проведения экономического	

обоснования	43
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	45
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	46
4.4 Вычисление заводской себестоимости при сварке в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии	48
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии	53
4.6 Определение капитальных затрат в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии	53
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности в соответствии с проектным вариантом технологии	56
4.8 Заключение по экономическому разделу	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

ВВЕДЕНИЕ

Современные отрасли промышленности (химическая, энергетическая и др.) требуют нового, более современного оборудования, при этом предъявляются высокие требования к его прочности, надежности и работоспособности. Как правило, изделия такого типа можно получить только сваркой плавлением. К ним принадлежат и узлы двигателя Стирлинга или двигателя с внешним подводом тепла. К наиболее ответственным конструкциям относятся также теплообменники, имеющие трубки с трубными досками.

Теплообменники работают в сложных условиях: высокая температура, большие давления, Это определяет требования к сварным швам: они должны быть прочные и плотные, с гарантированной глубиной проплавления. При изготовлении теплообменника из 1000 трубок всего лишь 1 % брака сварки приводит к необходимости зачеканки 10 трубок, что снижает КПД сварки на 18 %. Для изготовления теплообменной аппаратуры используют различные материалы, но наиболее часто применяют высоколегированные и нержавеющие стали. Это приводит к возникновению множества проблем при разработке конкретных технологических процессов. Так, при сварке труб с трубными досками возможно неравномерное проплавление, появление кольцевых трещин, пор и других дефектов. Такие недостатки проявляются при соединении трубок малого диаметра (3... 5 мм) с трубными досками большой толщины (20... 60 мм).

Выбор метода сварки зависит от конкретной конструкции, количества сварных швов, их положения, условий эксплуатации и используемых методов контроля. Обычно наиболее широко применяется сварка плавлением, которая рассматривается как самостоятельная технологическая операция. При большом количестве сварных швов необходимо располагать специализированным оборудованием для получения их одинаковой геометрии. Высокие переменные напряжения, связанные с термодинамическим изменением давления и температуры обуславливают

эксплуатацию соединений труб в трубных досках. Исходя из этого факта при их конструировании и подборе сварочной технологии необходимо обеспечивать не только сварное соединение высокого качества при наименьших производственных затратах, но также его надежность и эксплуатацию в течение всего закладываемого периода работы.

Почти треть, а именно 26 % составляет повреждаемость теплообменных аппаратов от суммарной повреждаемости оборудования в целом. По опыту тех, кто эксплуатирует эти изделия можно сделать вывод, что надежность таких устройств в существенной степени зависит от качества сварных швов труб с трубными решетками [1, 2, 3]. Наиболее вероятной причиной поломок таких систем (от 14% до 25%) является потеря герметичности их составляющих сварных швов. В связи с этим появляется необходимость приостановки работы аппаратов, анализа появления протечек и заглушки труб, у которых места соединений с трубными решетками не обеспечивают необходимой герметичности. Эти операции очень сложные, трудоемкие, и зачастую связаны с тяжелыми условиями работы.

В реальных условиях работы конструкции при ее ремонте для восстановления поверхности теплообмена, обычно, производится замена всего трубного пучка. В этих условиях стоимость ремонта не зависит от величины бракованных трубок. Анализ ресурсов, которые необходимы при восстановлении поверхности теплообменников подогревателей, и потерь экономичности турбоустановки при функционировании с теплообменниками, которые имеют частичную поверхность теплообмена, позволяет выделить максимальную величину бракованных трубок, при которой экономически обоснованы затраты замены всего трубного пучка.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества изготовления теплообменников за счёт увеличения эффективности сварочных операций при изготовлении соединения «труба-трубная доска».

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

1.1 Конструкция теплообменника и условия его эксплуатации

Теплообменник 1000 ТНГ (рис. 1.1) изготавливается согласно ГОСТ 15119-79. Основное назначение заключается в организации теплообмена технологических сред (жидких и газообразных) при производстве основной продукции для химической, газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, и других отраслей промышленности. Поставки осуществляются как на российский рынок, так и за границу.

Таблица 1.1 – Основные технические характеристики теплообменника 1000 ТНГ-1,0

Наименование параметров		Назначение параметров для аппаратов
Температура теплообменивающих сред, °С±5°С	в кожухе	90 °С
	в трубах	30 °С
Диаметр кожуха, мм		600
Поверхность теплообмена, м ²		75,5
Условное давление, МПа в кожухе		0,1
Условное давление МПа в трубах		0,1
Длина теплообменных труб, мм		4000
Наружный диаметр и толщина стенки теплообменных труб, мм		20x2
Число ходов по трубам		4
Масса аппарата, кг		4700

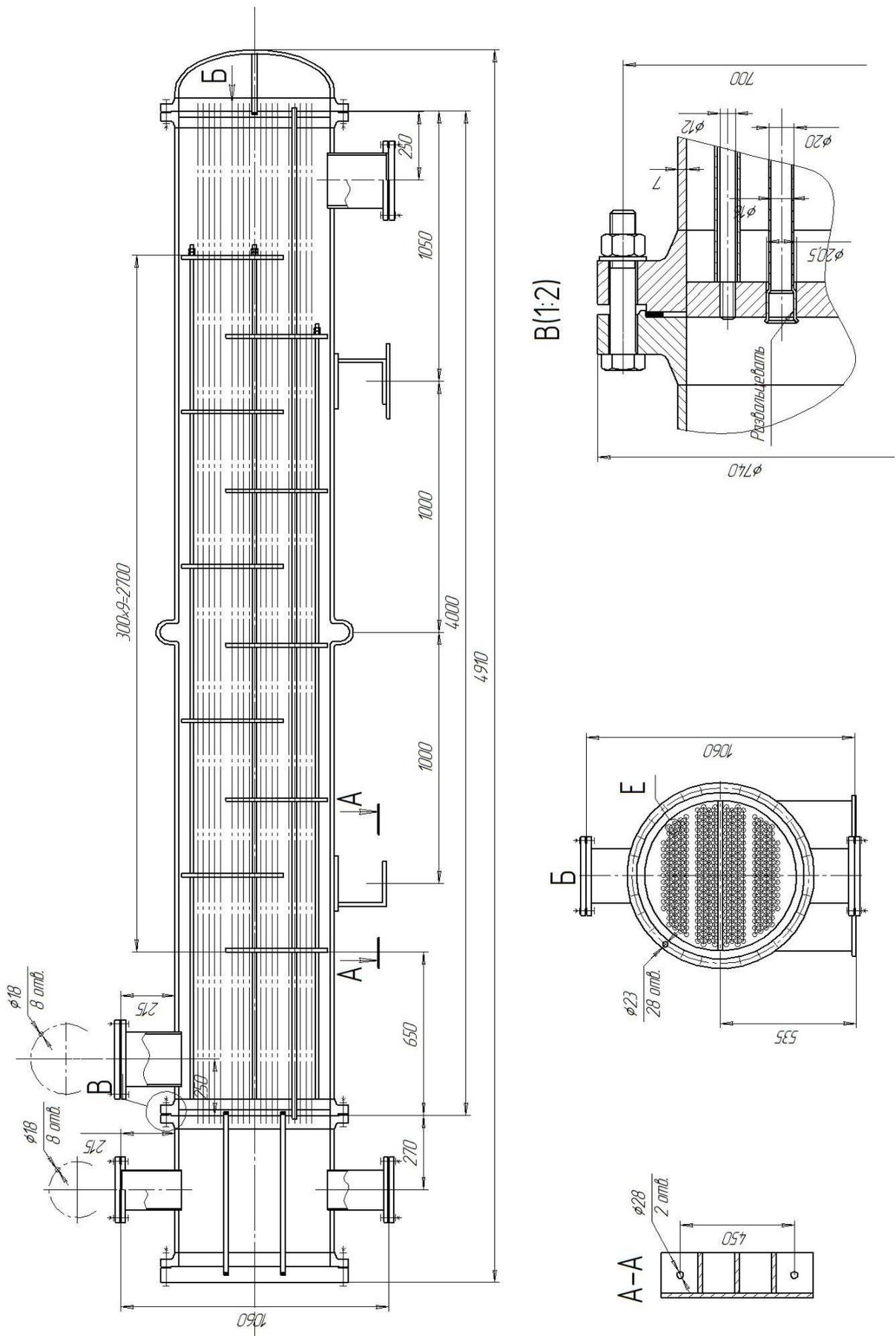


Рисунок 1.1 – Теплообменник 1000 ТНГ

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

При изготовлении основных узлов и деталей теплообменника широко применяется сталь 16ГС.

16ГС - марка низколегированной конструкционной стали. Широко применима для свариваемых конструкций. **Применение в промышленности:** элементы и узлы сосудов под давлением и паровых котлов, а также корпуса механизмов, днища, фланцы и другие элементы, которые работают при температурах от минус 40 до плюс 475 градусов, под давлением. Детали сварных металлоконструкций, которые работают при температуре минус 70 °С.

Таблица 1.2 – Химический состав стали 16ГС

C	0,12 - 0,18
Si	0,4 - 0,7
Mn	0,9 - 1,2
Ni	до 0,3
S	до 0,04
P	до 0,035
Cr	до 0,3
N	до 0,008
Cu	до 0,3
As	до 0,08
Fe	~97

Таблица 1.3 – Коррозионные свойства стали 16ГС

Среда	Температура испытания, °С	Скорость коррозии, мм/год
Раствор NaOH	20	0.46
25\% раствор NH4OH	20	0.26

При определении реакции на термический цикл сварки низколегированных сталей разных марок проводится комплекс испытаний. Для снижения в околошовной зоне эффекта разупрочнения низколегированные стали необходимо сваривать при минимально возможных величинах погонной энергии.

Равнопрочное соединение металла шва с основным металлом достигается в первую очередь за счет его легирования элементами, которые переходят из основного металла. Также для увеличения стойкости и прочности сварного соединения к хрупкому разрушению металл сварного соединения дополнительно подвергают легированию через сварочную проволоку.

При сварке низколегированной стали стойкость металла шва к образованию кристаллизационных трещин ниже, чем для низкоуглеродистых. Это связано с усилением отрицательного влияния углерода легирующими элементами, к примеру, кремния. Увеличение стойкости против трещинообразования можно достичь при снижении содержания в сварном соединении серы, углерода, и других элементов при применении сварочной проволоки с низкой концентрацией выделенных элементов, а также за счет выбора соответствующей технологии сварки и наиболее рациональной конструкции изделия.

1.3 Описание операций базового варианта соединения

При выполнении сборки трубчаток в горизонтальном виде (рис. 1.2) для центровки отверстий в решетке трубы в первую очередь устанавливается 20 труб, равномерно размещенные по всему диаметру решетки трубы. Далее выполняют выверку положений перегородок и закрепляют их гайками на стяжках. Затем нижнюю часть трубного пучка, и потом набивают все оставшиеся трубы, при этом концы труб должны находиться за решеткой на

величину ее толщины. Последней операцией является развальцовка трубами в трубной решетке в процессе сборки каркаса.

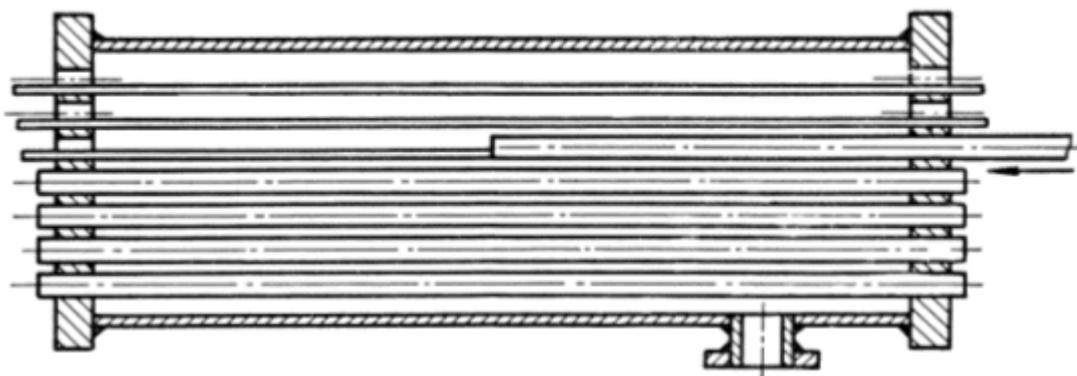
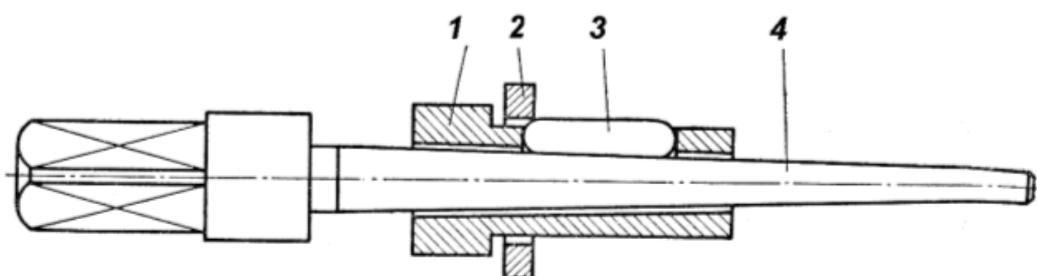


Рисунок 1.2 – Сборка трубок в теплообменнике с применением шомполов

Предназначенные для операции развальцовки окончания труб, подвергаются отжигу, обрезаются с торца. Далее с них снимаются все заусенцы и зачищается до металлического блеска внешняя поверхность труб на длине примерно 2...2,5 толщины трубной решетки. Для обрезки и зачистки наиболее эффективнее использовать токарные станки.

Одним из самых главных условий для развальцовки труб требуемого качества - правильный подбор размеров отверстий в решетках. Допустимый зазор для труб диаметром до 25 мм составляет – 0,8 мм, диаметром 38...57 мм – 1 мм, диаметром 25...38 мм – 0,9 мм,.

Развальцовка производится с применением специального инструмента – вальцовки (рис. 1.3). Она представляет собой корпус – обойму 1, в которую установлены конические ролики 3. Конус 4 введен внутрь обоймы. Для ограничения рабочего хода на обойму установлены упорные шайбы 2.



1 – корпус-обойма; 2 – упорная шайба; 3 – конические ролики; 4 – конус

Рисунок 1.3 – Схема вальцовки

Главное требование к развальцовке – необходимость обеспечения развальцовки оптимальной степени.

Последовательность развальцовки труб была принята в следующем варианте (рис. 1.4). В первую очередь производится развальцовка в пяти местах по семь труб с двух сторон (поз. I). После этого с нижнего ряда производится вальцовка трубы (поз. II).

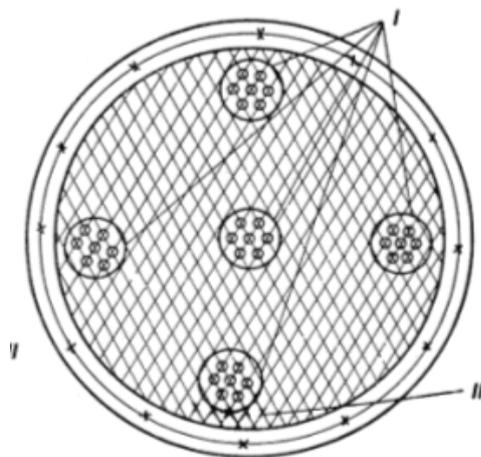


Рисунок 1.4 – Схема последовательности развальцовки труб и трубных решеток

Преимуществами соединения трубы и трубной доски методом развальцовки заключается:

- 1) Процесс простой;
- 2) Себестоимость операции низкая;
- 3) Высокая квалификация работника не требуется.

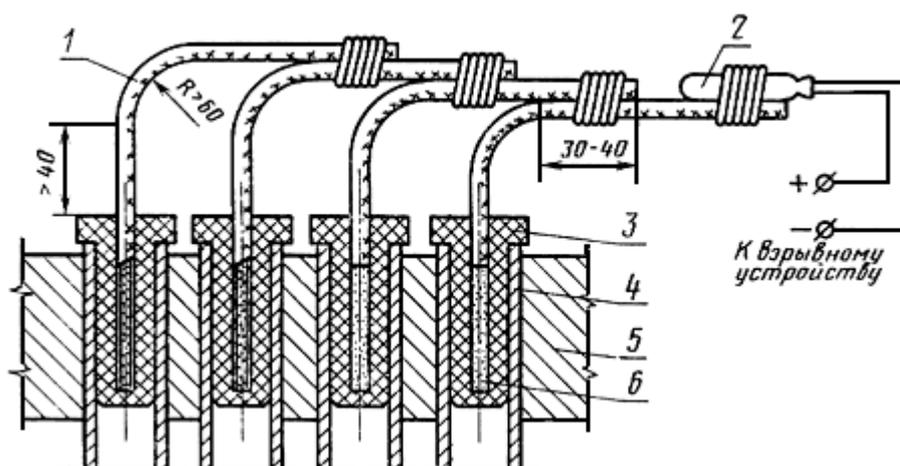
К недостаткам соединения трубы и трубной доски методом развальцовки можно отнести:

- 1) Низкую герметичность получаемого соединения;
- 2) Низкие механические свойства получаемого соединения;
- 3) Машинная развальцовка требует больших габаритов рабочего места;
- 4) Дороговизна оборудования для машинной развальцовки.

1.4 Обзор альтернативных способов соединения

Сварка взрывом

Процедуру запрессовки труб с применением взрывчатых веществ необходимо выполнять в специально подготовленном помещении (взрывной камере) либо на открытой площадке – полигоне. Для этого процесса применяются специальные взрывные патроны или электродетонаторы, которые устанавливаются в концы закрепляемых труб (рис. 1.5).



1 - детонирующий шнур; 2 - электродетонатор; 3 - корпус патрона (центрирующая втулка); 4 - труба; 5 - трубная решетка; 6 - заряд взрывчатого вещества

Рисунок 1.5 – Схема соединения зарядов взрывчатого вещества для подрыва через детонирующий шнур

Преимущества сварки взрывом элементов трубных решёток:

- 1) Появляется возможность изготовления заготовок и плит больших размеров из биметаллических материалов (толщиной до 700 мм и площадью до 12 м²);
- 2) Для данной операции нет ограничений по применению разнородных металлов и сплавов: латунь+сталь, титан+сталь, нержавеющая сталь+низкоуглеродистая сталь, медь+сталь, и др.;
- 3) Малая себестоимость и высокая производительность операции;
- 4) Увеличенный срок работы;
- 5) Экономия цветных металлов.

К недостаткам процесса можно отнести:

- 1) Опасность процесса;
- 3) Требования к площадке - специальному полигону;
- 3) Трудности с органами безопасности (необходимо выполнить специальные условия безопасности для возможности хранения взрывчатых веществ).

Контактная сварка

Для улучшения качества соединения «труба – трубная доска, повышения производительности процесса сварки и его упрощения, вкпе с экономией материала можно использовать контактную сварку. При этом осуществлять присоединение труб к трубной решетке одновременно с раздачей и выполнять контактную сварку кольцевым швом. Для этого в зону раздачи труб вводить сварочные электроды, прижимать по периметру трубы к ее внутренней поверхности в процессе раздачи, а к трубной решетке и сварочным электродам подавать ток сварки.

Преимущества контактной сварки:

- 1) Высокая стабильность качества;
- 2) Высокая производительность;
- 3) Не требуется присадочный материал;
- 4) Хорошие герметические свойства соединений.

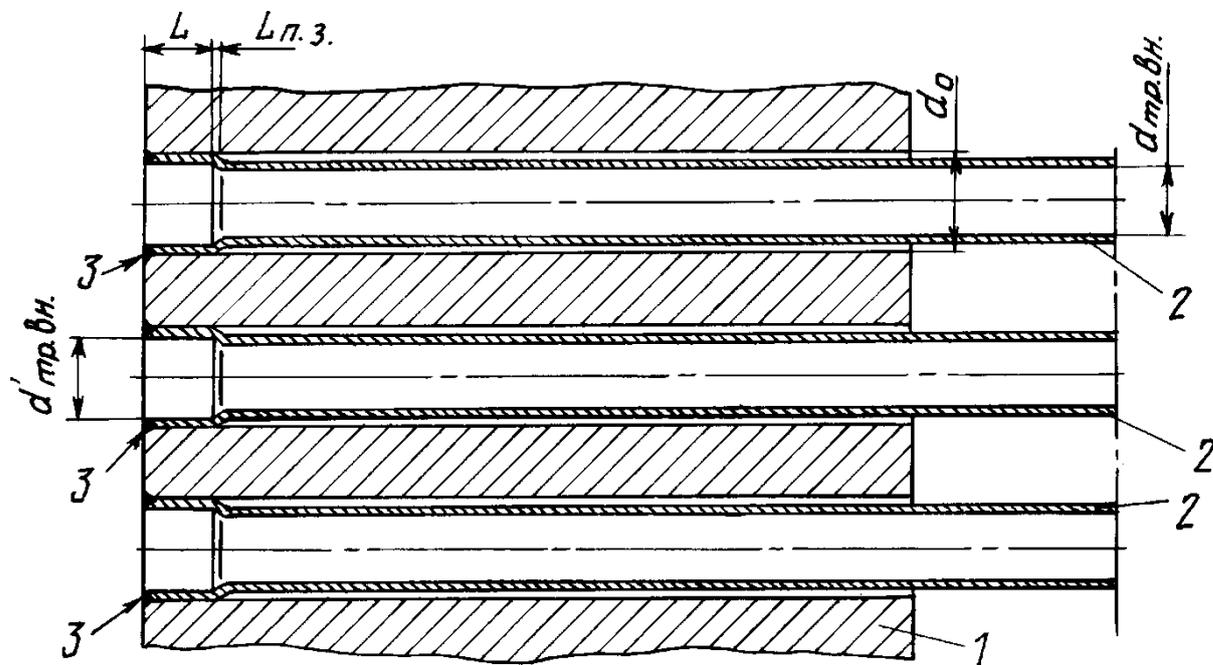
К недостаткам сварки трубных решёток можно отнести:

- 1) Высокий уровень необходимого оборудования.
- 2) Большую нагрузку на электросеть.
- 3) Сложность управления процессом.
- 4) Трудности обеспечения усталостной прочности соединений

Дуговая сварка + развальцовка

Развальцовка призвана устранить совсем или сделать равномерными, а также минимальными и зазоры между трубной доской, трубой и в контактной зоне будущего сварного шва. После сварки также целесообразно производить развальцовку. Это будет способствовать уплотнению металла

шва и приведет к снижению остаточных напряжений при сварке даже при незначительном увеличении в месте развальцовки диаметра отверстия. Это важно для улучшения работоспособности получаемых соединений при знакопеременной нагрузке.



Фиг.1

Рисунок 1.6 - Комбинированный способ сварки труб с трубной доской

Преимущества способа:

- 1) Высокая прочность и герметические свойства соединений;
- 2) Обеспечивается усталостная прочность соединений;
- 3) Увеличение срока эксплуатации.

К недостаткам способа можно отнести:

- 1) Высокую вероятность порообразования в сварных соединениях при сварке;
- 2) Невозможность не выходящих на поверхность пор и свищей;
- 3) Малая усталостная прочность получаемого соединения.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В проекте была поставлена цель – повышение качества и производительности при изготовлении теплообменников за счёт повышения эффективности сварочных операций при изготовлении соединения «труба-трубная доска».

При полном анализе нами были рассмотрены различные варианты получения соединения труба в теплообменниках. В качестве вариантов были рассмотрены варианты

- развальцовки;
- сварки взрывом;
- контактной сварка;
- комбинированный способ (герметизирующая сварка и развальцовка).

В ходе анализа установлено, что наибольшие механические, прочностные и герметические свойства сварного соединения можно обеспечить при применении комбинированного способа, который предусматривает герметизирующую сварку.

Но наличие трудностей, которые были описаны в предыдущем разделе работы, вынуждает применить сварку без вальцовки. Для этого в дальнейшей работе необходимо:

- 1) разработать способ получения равнопрочного сварного соединения «труба – трубная доска»;
- 2) подготовить технологию сборки и дальнейшей сварки трубных решёток с применением разработанного способа;
- 3) произвести выбор оборудования для реализации предложенной технологии.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННИКА

2.1 Обзор способов сварки и применяемого оборудования

Сварка неплавящимся электродом

Основным преимуществом аргонодуговой сварки с применением неплавящегося электрода является факт хорошей защиты аргоном сварного шва и сварочной ванны. Связано это с тем, что корень шва хорошо проваривается. Существует возможность управления процессом через применение проволок различного сечения, подбор проволоки, которая полностью совпадает по химическому составу с свариваемым металлом. Выявленными недостатками можно считать:

- применение дорогого защитного газа;
- необходимость наличия высококвалифицированного персонала при ручной сварке;
- оборудование при работе на высоких токах сварки интенсивно изнашивается (раскрашиваются сопла, происходит разрушение горелки).

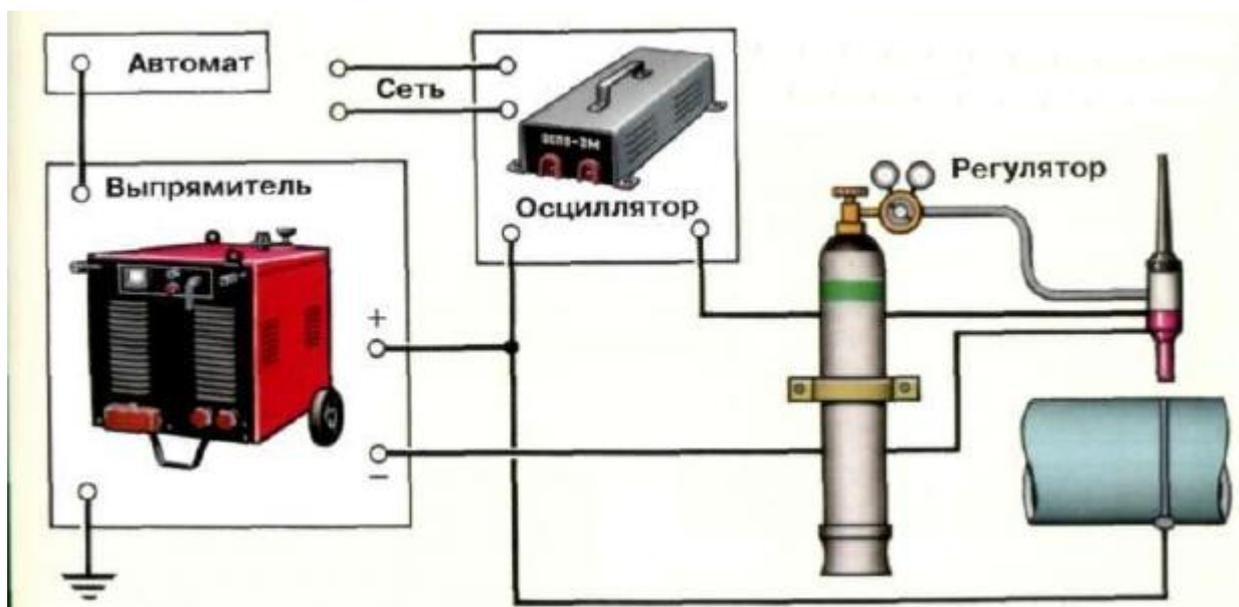


Рисунок 2.1 – Сварка неплавящимся электродом в защитном газе

Преимущества способа:

- 1) Малая зона термического влияния;
- 2) Уменьшены коробления и деформации;
- 3) Отсутствие шлаковой корки;
- 4) Высокая стабильность горения дуги, нет разбрызгивания;
- 5) Хорошая защита ванны и качество сварного шва.

Недостатки способа:

- 1) Повышенное световое излучение от сварки;
- 2) Низкая производительность;
- 3) Требуется высокая квалификация сварщика;
- 4) Высокие требования к подготовке заготовок и проволоки;
- 5) Дороговизна аргона.

Сварочная головка РОС 12-60 (ESAB) [11]

Головка сварочная РОС 12-60 специально спроектирована для сварки с применением неплавящегося электрода в среде защитного газа труб в трубную доску. За счет специальной конструкции головки появляется возможность сварки различных типов труб наружного диаметра от 12 до 60(93) мм и трубной доски. Важно, что на указанной технологической оснастке есть специальный подающий механизм. Он предназначен для сварки не только оплавлением, но также с подачей присадочной проволоки. Оригинальный центратор обеспечивает точное центрирование головки в трубе.

Центраторы производятся для труб с внутренним диаметром от 9,9 мм. Головке позволяет выполнять дополнительные опции:

- фиксирование головки между трубами в любой позиции при помощи трехточечной фиксации;
- применение для сварки титана камерной насадки, которая обеспечивает повышенную защиту зоны сварки в течении всего процесса;

- предусмотрена специальная насадка, которая позволяет производить сварку с высоким качеством по внутреннему контуру трубы.

Таблица 2.1 – Параметры технической характеристики сварочной головки РОС 12-60 (ESAB)

Диаметр присадочной проволоки, мм	0,8-0,9
Масса, кг	4,8
Диаметр электрода, мм	1,6-2,4
Скорость подачи, мм/с	2,5-25
Рабочий вылет (при расположении электрода параллельно оси трубы), мм	12-60
Рабочий вылет (при расположении электрода под углом 30° к оси трубы)	12-36(93)
Длина сварочного кабеля, м	8
Частота вращения (вокруг оси трубы), об/мин	0,2-4,5



Рисунок 2.2 – Сварочная головка РОС 12-60 для сварки труб в трубную доску

Установка TIGTRONIC RBK (Orbitec) [12]

Сварочная головка TIGTRONIC RBK-16 характеризуется наличием встроенного блока для подачи проволоки и предназначена для сварки труб в трубную доску. Она управляется от одного из вариантов сварочных источников и контроллеров производителя Orbitec. Способна производить сварку с внутренним диаметром от 10 до 80 мм труб, пластинчатых котлов и

теплообменников. Конструкция головки позволяет ее использование в условиях ограничения пространства.

Головка TIGTRONIC RBK обладает следующими техническими характеристиками:

- Горизонтальным или вертикальным положением сварки;
- Ток сварки – 200А
- Возможность сварки трубы внутреннего диаметра 10...78 мм
 - при диаметре трубы до 26мм угол наклона горелки составляет до 30°
 - при диаметре трубы до 70мм горелку располагают параллельно трубе
- Сварка предполагается заподлицо с утоплением или выступанием электрода
- Передача тока через специальное пластинчатое соединение
- Подача воды и защитного газа в зону сварки через специальное поворотное соединение
- Наличием фронтальной опоры в виде 3-хточечного суппорта или опорных шайб
- Оправкой из нержавеющей стали для самоцентрирующихся патронов
- Наличием 3 степеней свободы для горелки и подачи проволоки
- Водяным охлаждением, в частности, для электрода
- Скорость вращения горелки порядка 0,33-6 об/мин
- Скорость подачи проволоки порядка 0,15-1,5 м/мин
- Катушка с проволокой – Ø 100 мм, весит 1 кг
- Диаметр электрода от 1 до 3,2 мм



Рисунок 2.3 – Установка TIGTRONIC RBK

Сварка плавящимся электродом в защитных газах

Сварка в средах защитных газов – относится к способам сварки с применением дуги. При реализации этого способа в зону действия дуги подается специальный инертный защитный газ, обтекающий как электрическую дугу, так и сварочную ванну и предохраняющий зону расплава от воздействия негативных факторов сварки в виде окисления и азотирования. На рисунке 2.4 показан принцип работы дуговой сварки в среде защитных газов.



Рисунок 2.4 – Сварка плавящимся электродом в защитных газах

Сварка в среде защитных газов обладает рядом преимуществ:

- высокой производительностью (скорость сварки в 2,5 раза выше, в сравнении с ручной дуговой сваркой с применением покрытых электродов);
- использование инертных газов позволяет достичь высокоэффективной защиты зоны расплава;
- наличие возможности визуального наблюдения за процессом сварки;
- диапазон толщин свариваемых заготовок варьируется в значительных пределах (от десятых долей миллиметра до десятков миллиметров);

- существует возможность сварки при различных пространственных положениях;
- отсутствует необходимость зачистки швов при многослойной сварке;
- малой величиной зоны термического воздействия.

Установка ОСА-ПА (НПП «ТехноТрон») [13]

Рассматриваемое оборудование предназначено для автоматической сварки в средах активных и защитных газов труб в трубные доски при применении проволоки сплошного сечения.



Рисунок 2.5 - Установка ОСА-ПА (НПП «ТехноТрон»)

Таблица 2.2 – Технические характеристики установки ОСА-ПА

Диапазон диаметров ввариваемых труб, мм	10 - 80
Скорость вращения сварочной горелки, об/мин	0 - 5.7
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	0 - 12
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8; 1,0; 1,2
Масса, кг, не более	
головки	8
блока управления	5
источника	44
Диапазон рабочих температур, С	От - 40 до + 40
Масса, кг	29
Габаритные размеры, мм	505x225x435

Технические возможности установки:

- Возможность сварки в различных исполнениях зоны;
- Установка может быть применена при сварке труб из конструкционных сталей различного назначения.
- Значительная скорость (примерно в 4 раза выше, чем при аргонодуговой сварке).
- При сборке заготовок к допускам предъявляются низкие требования.
- Существует возможность сварки в различных плоскостях.
- Высочайшее качество получаемого сварного соединения.

Установка ОСА-ПА надёжна и проста в эксплуатации и обслуживании. Производитель дает заводскую гарантию 1 год. Существует возможность поставки установки со свидетельством о первичной аттестации НАКС.

Установка АС307 (НАВКО-ТЕХ) [14]

Установка состоит из основания, колонны, шарнирного манипулятора, приспособления для сборки, механизма подъема-опускания горелки, механизмов вращения горелки, механизма подачи проволоки с катушкой проволоки, корректора положения сварочной горелки и грелки, центратора, пульта оператора и блока управления, а также сварочного источника питания.

К особенностям установки можно отнести:

- ввиду возможности вращения вокруг оси свариваемой трубы всего тракта подачи проволоки появляется точность направления проволоки на линию сварки, включая механизм подачи, направляющий канал, катушку, и сварочную горелку.
- Прикладываемое сварщиком усилие при транспортировке сварочной головки от шва к шву минимально.
- Параметры режима сварки можно плавно и дискретно регулировать.

- Приспособление с быстродействующими прижимами позволяет в кратчайшие сроки осуществить быструю изделия кантовку и его сборку под сварку.

Таблица 2.3 – Технические характеристики установки АС307

Диаметры привариваемой трубки, мм	25 ... 100(200)
Положение сварки	нижнее
Зона обслуживания, мм, до	~1000 x 2000
Смещение головки в горизонтальной плоскости	вручную
Приводной механизм подъема-опускания головки	пневматический
Фиксация головки относительно изделия	цанговым центратором
Ток сварки, А, до	300
Применяемый защитный газ	CO ₂ (Ar + CO ₂)
Диаметры сварочной проволоки, мм	0.8, 1.0, 1.2
Давление сжатого воздуха, МПа, не менее	0,4

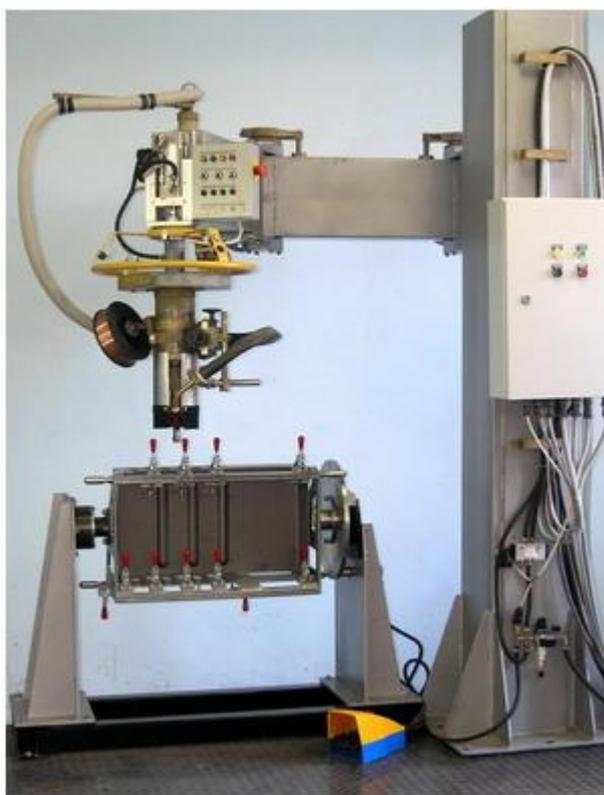


Рисунок 2.6 - Установка АС307 (НАВКО-ТЕХ)

Управление и диагностика состояния рабочих элементов установки выполняются на контроллере Schneider Electric.

Программа управления позволяет обеспечивать: перемещение горелки к началу шва, зажигание дуги при неподвижном состоянии горелки, движение горелки с необходимой скоростью сварки, заполнение кратера, подъем и опускание горелки, а также ее возвращение на максимальной скорости в исходную точку. Есть возможность выполнения точек прихватки. При работе установки производится контроль над положением горелки, давлением воздуха в пневматической сети, а также готовностью оборудования.

Установка обладает высокой надежностью составляющих установку элементов.

В результате выполненного анализа способов сварки и оборудования, которое имеется на рынке, остановим свой выбор на сварке с применением плавящегося электрода в защитной среде углекислого газа. Наиболее явные преимущества этого способа сварки:

- 1) Высокая производительность процесса сварки
- 2) Возможность сварки при различном пространственном положении
- 3) Отсутствие шлаковых отложений
- 4) Постоянно улучшаемые условия труда работников
- 5) Простая техника сварки
- 6) Низкая стоимость защитного газа, чем для сварки неплавящимся электродом.

Но для применения этого способа для сварки трубных решёток следует устранить следующие недостатки:

- 1) Высокое разбрызгивание
- 2) Сложность сварки с глубоким проплавлением и в узкую разделку

2.2 Повышение эффективности 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 [9, 10]: 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.

Управления импульсам сварочного тока позволяет:

- управлять процессом массоперенос электродного материала в сварочную ванну;
- снижать потери электродного материала на угар и разбрызгивание;
- осуществлять выполнение сварки в разных пространственных положениях.

Развитие элементной базы в радиоэлектронике привело к появлению силовых транзисторов, отличающихся высоким быстродействием. Это позволило физически реализовать подходы импульсного управления массопереносом электродного материала и стабилизации устойчивости горения дуги.

Первые алгоритмы управления дуговой сваркой, основанные на регулировании сварочного тока были предложены Зайцевым М. П. в начале 50-х годов прошлого столетия. С тех пор было опубликовано множество научных статей на тему применения импульсных методов при управлении дуговой сваркой.

Основными достоинствами импульсно-дуговой сварки являются:

- возможность обеспечения мелкокапельного массопереноса электродного материала при значениях сварочного токах намного меньше критических;

- возможность уменьшения вложения тепла металл при требуемой глубине проплавления, что существенно снижает эффект термических напряжений и термических деформаций свариваемых деталей;

- снижение сложности сварки при различных пространственных положениях сварного соединения;

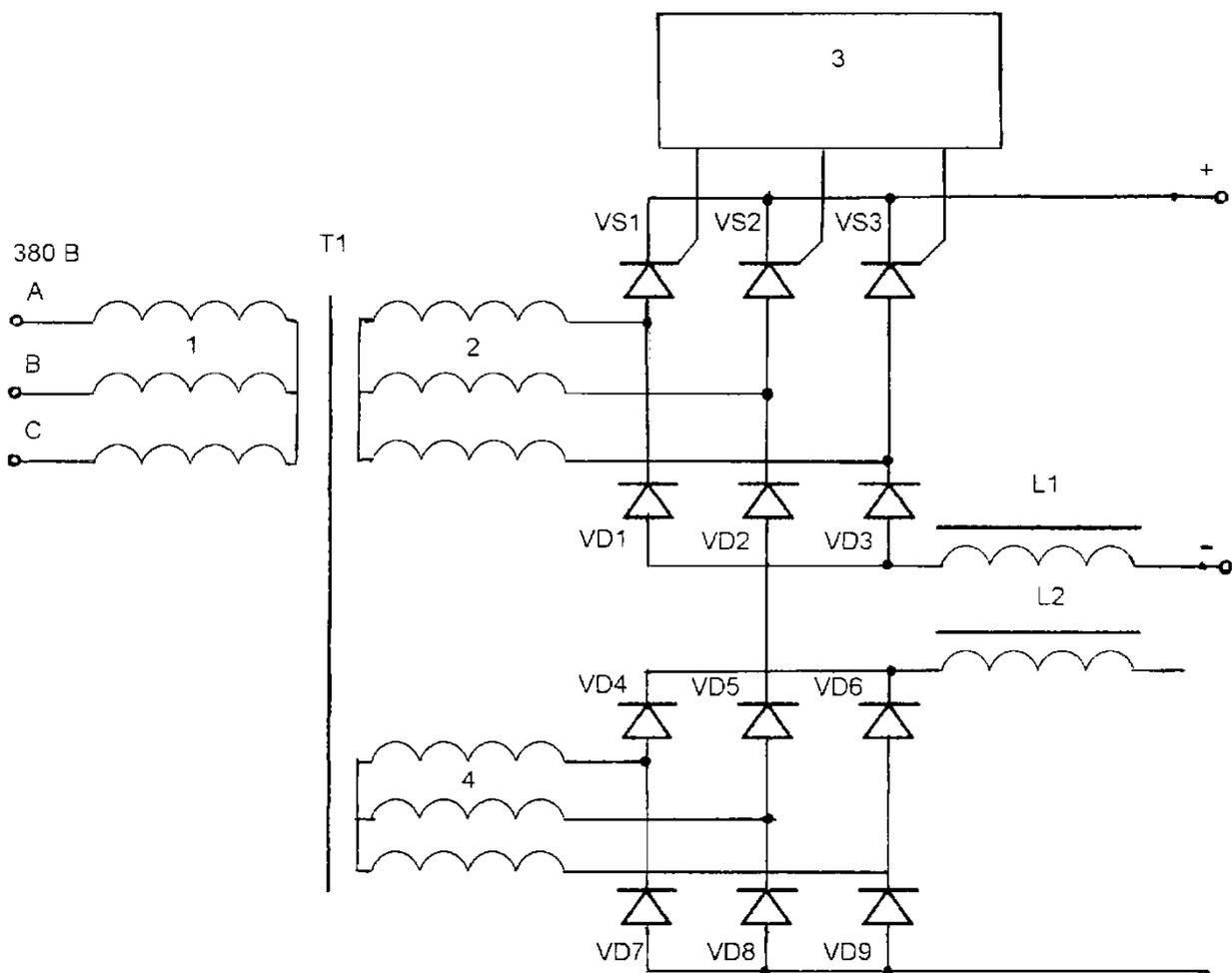
- возможность повышения качества металла сварного шва и его физико-механических свойств.

Основная идея алгоритмов управления массопереносом электродного металла заключается в воздействии на различные величины и время приложения сил, отвечающих за образование электродной капли и ее перенос в сварочную ванну.

Сейчас используются различные принципы управления переносом электродного материала в зону сварки [10]:

- 1) управление механическими воздействиями на электродную проволоку для придания ей движения в требуемые промежутки времени;
- 2) управление электрическими параметрами процесса дуговой сварки в среде защитных газов;
- 3) управление силой потока защитного газа, оказывающего воздействие на расплавленную каплю электрода.

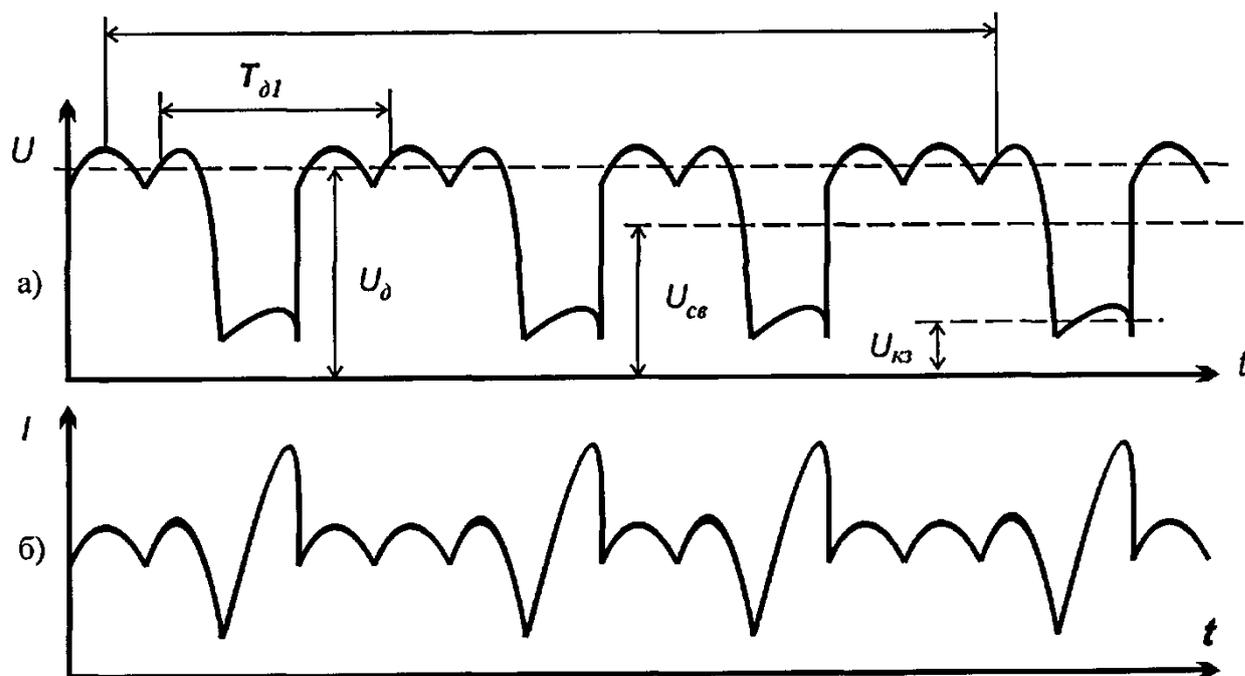
Предлагаемый источник питания для сварки с импульсным управлением сварочной дугой [15] (рис. 2.7) включает в себя: Т1 - силовой трансформатор, 1 - первичная обмотка силового трансформатора, 2 - вторичная обмотка силового трансформатора, 3 - схема управления, 4 - дополнительная обмотка силового трансформатора; VS1, VS2, VS3 - силовые тиристоры полууправляемого выпрямителя; VD1, VD2, VD3 - силовые диоды полууправляемого выпрямителя; VD4...VD9 - силовые диоды дополнительного неуправляемого выпрямителя.



ФИГ 1

Рисунок 2.7 - Электрическая схема для источника питания при процессе дуговой сварки с короткими замыканиями

При механизированной сварке среде активных защитных газов сварочный процесс носит циклический характер (рис. 2.8). В его состав входят повторяющиеся этапы дугового разряда. Периодичность этапов порядка 7...50 мс, во время которых выполняется плавление электродной проволоки и образование капель. Также в состав механизированной сварки в среде активных газов входят этапы коротких замыканий (контактных) с длительностями порядка 1...10 мс, в течение которых производится перенос капель в ванну расплава. В предлагаемом нами способе успокоение ванны расплава должно обеспечиваться на обоих этапах.



Фиг. 3

Рисунок 2.8 – Осциллограммы тока и напряжения по предлагаемому способу сварки

2.3 Описание операций проектного технологического процесса

Подготовка трубных досок

Для операции плазменного раскроя воспользуемся отечественной установкой – аппаратом для плазменной резки ПУРМ-140 (рис. 2.9). Согласуем необходимые режимы раскроя: сила тока - 100...140 А; напряжение - 110...115 В; скорость реза - 20...25 мм/с.

После операции все кромки деталей не должны иметь перекосов. Зачистку наплывов и неровностей после газовой резки, а также заусенцев после раскроя на гильотинных ножницах выполнить шлифовальной машинкой либо зубилом. Подварку больших выхватов на кромках выполнить ручной электродуговой сваркой с применением последующей зачистки на шлифовальной машинке.

При выполнении операций раскроя, дальнейшей сварки и снятия фасок трубные доски и их кромки теряют геометрию, ввиду этого перед операцией сверления на многовалковых правильных вальцах обязательно произвести

операцию правки трубных досок. При этом не допускается волнистость трубных досок более 2 мм.



Рисунок 2.9 – Аппарат плазменной резки ПУРМ-140

При проведении операции правки трубных досок будем применять правильную машину МЛЧ 1725 (рис. 2.10). Данная установка предназначена для операции правки толстолистого металлопроката с величиной временного сопротивления до 500 МПа. Сопласуем режимы правки: скорость правки - 9 м/мин; количество валков – 9. Трубная доска по своей геометрии должна быть изготовлена с допуском 3...4 мм, разность диагоналей не должна превышать 5 мм.



Рисунок 2.10 – Машина листоправильная МЛЧ 1725

Установка и сварка маятниковых труб

После операции установки «труб жесткости» и дальнейшей проверки каркаса секции по геометрическим размерам выполняется набор труб секции.

Набор выполняется вручную бригадой, которая зачастую состоит из двух человек. В задачу первого входит проталкивание трубы через отверстие верхней трубной доски, а второго - встреча трубы в отверстии нижней трубной доски. Трубы на сборку зачастую имеют прогибы, и поэтому труба, которая проходит через отверстие верхней трубной доски, обычно не попадает в отверстие нижней трубной доски. Поэтому второй работник производит ее смещение в нужное отверстие с помощью металлического прутка диаметром 10 мм. Установка труб производится заподлицо с трубной доской. Допуск на выступ или заглобление конца трубы не более 1 мм. Далее происходит присоединение концов труб к трубной доске.

Для трубных досок не допускается непараллельность больше 4 мм. Между трубой и трубной доской при установке допускается зазор не более 0,6 мм. Отклонения выступа и заглобление трубы не больше 0,5 мм.



Рисунок 2.11 – Сборка труб и трубных досок

Сварка труб

Для сварки будем использовать установку ОСА-ПА (НПП «ТехноТрон»).

Основное предназначение установки (рис. 2.12) – автоматическая сварка труб в трубные доски проволокой сплошного сечения в средах активных и инертных защитных газов.



Рисунок 2.12 – Сварка труб на установке ОСА-ПА

Контроль качества

Герметичность соединения при сварке труб с трубными досками – основной параметр качества операции. Контроль плотности присоединения труб к трубным доскам для каждой отдельной секции, кроме внешнего осмотра, осуществляется:

1. В нижнем положении швов при пневматическом давлении 130 кПа.
2. Опрессовкой воздухом при давлении 130 кПа.
3. Испытанием керосином.

При проведении пневматических испытаний контроль за кранами и редукторами дистанционный. Для видимости в любое время работы и

настройки системы, на пульте управления помещаем электрифицированную световую схему установки, синхронизированную с системой управления установки. Это позволяет при включении или отключении редуктора или крана на схеме загораться соответствующим электрическим лампочкам.

Самым производительным и универсальным из представленных является испытание керосином. Результат опытов показывает, при установке секции под углом 15...20 градусов к и обильном поливе с применением керосина нагреваемых поверхностей, результаты испытаний будут такими же, как и при нижнем расположении сварных швов приварки труб к трубным доскам, однако при этом нет необходимости кантовать секции, и условие для внешнего осмотра будет наилучшим.



Рисунок 2.13 – Цветная дефектоскопия

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Составление технологической характеристики объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ завальцовки труб в трубную доску на механизированную сварку с защитных газов с 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 [19, 20, 21]. 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 рабочих и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок [22, 23].

Проектная технология сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) Подготовка трубных досок и труб;
- 2) Установка и сварка "маятниковых труб";
- 3) Установка и сварка труб;
- 4) Контроль качества сварки

Проблему улучшения санитарно-гигиенических характеристик в зоне сварки решают путем разработки и оборудования рабочего места сварщика местной вытяжной, комплектации сварочных головок и держателей для

механизированной сварки соплами специальной конструкции, позволяющими осуществлять отсос сварочного аэрозоля, или применения защитной маски с системой принудительной подачи очищенного воздуха. 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.

Сварочная дуга является источником не только интенсивного потока света в видимом диапазоне и инфракрасного излучения, но и невидимого ультрафиолетового излучения (УФИ) с длиной волны 200...400 нм. По длине волны УФИ подразделяется на три диапазона УФ-А (315...400 нм), УФ-В (280...315 нм) и УФ-С (200...280 нм). Наиболее жестким является УФ-С излучение, обладающее сильным вредным воздействием на органы зрения и кожные покровы человека. Заметим, что в спектре солнечного излучения на земной поверхности УФ-С лучи практически отсутствуют, интенсивно поглощаясь в основном в верхнем озоновом слое атмосферы.

Одним из отрицательных следствий электродугового процесса является образование и накопление в воздухе рабочей зоны сварочных аэрозолей и газов. Защита работающих и производственной среды от их воздействия осуществляется с помощью различных видов систем вентиляции, которые должны обеспечить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не выше предельно допустимой концентрации (ПДК). Для выбора необходимой вентиляции и повышения ее эффективности на рабочих местах сварщиков необходимы экспериментальные данные о содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны при различных видах вентиляции.

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	2	3	4
1. Подготовка трубных досок и труб	Слесарь-сборщик, сварщик на автоматических машинах	1. Аппарат плазменной резки ПУРМ-140 2. Молоток 3. Зубило 4. Правильная машина МЛЧ-1725 5. Линейка металлическая 6. Шлифмашинка	1. Воздух сжатый 2. Вода техническая
2. Установка и сварка "маятниковых труб"	Слесарь-сборщик, сварщик на автоматических машинах	1. Стеллаж 2. Винтовые зажимы 3. Теодолит 4. Рулетка 5. Источник питания [разработка ТГУ] 6. Комплекс ОСА-ПА 7. Шаблон сварщика	1. Углекислый газ 2. Проволока СВ-08ГС
3. Установка и сварка труб	Сварщик на автоматических машинах	1. Стеллаж 2. Винтовые зажимы 3. Источник питания [разработка ТГУ] 4. Комплекс ОСА-ПА 5. Шаблон сварщика 6. Прутки металлический диаметром 10 мм	1. Углекислый газ 2. Проволока СВ-08ГС
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1. Пульверизатор 2. Установка для пневмоиспытаний	1. Меловой раствор (350-400 г мела на 1 литр) 2. Керосин 3. Краска "Судан-III" (2,5-3 г на 1 литр керосина)

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	2	3
1. Подготовка трубных досок и труб	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Аппарат плазменной резки ПУРМ-140 2. Молоток 3. Зубило 4. Правильная машина МЛЧ-1725 5. Линейка металлическая 6. Шлифмашинка
2. Установка и сварка "маятниковых труб"	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - 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 уровня инфракрасной и УФ радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Стеллаж 2. Винтовые зажимы 3. Теодолит 4. Рулетка 5. Источник питания [разработка ТГУ] 6. Комплекс ОСА-ПА 7. Шаблон сварщика

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Установка и сварка труб	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - 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 уровня инфракрасной и УФ радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Стеллаж 2. Винтовые зажимы 3. Источник питания [разработка ТГУ] 4. Комплекс ОСА-ПА 5. Шаблон сварщика 6. Пруток металлический диаметром 10 мм
4. Контроль качества сварки	<ul style="list-style-type: none"> - 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 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Пульверизатор 2. Установка для пневмоиспытаний

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

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 3.3

2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие 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 инфракрасной и УФ радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

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	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка оповещения о факте возникновения пожара

Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка теплообменника	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	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 токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

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 теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	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

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

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. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Сбор исходных данных для проведения экономического обоснования

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных соединений при изготовлении теплообменников. При выполнении базовой технологии сварки предусматривается завальцовка и последующая заварка, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено применить автоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой и установки ОСА-ПА. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить на один теплообменник с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим на один теплообменник.

Проектная технология сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) Подготовка трубных досок и труб;
- 2) Установка и сварка "маятниковых труб";
- 3) Установка и сварка труб;
- 4) Контроль качества сварки

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.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
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 - Вальцовочный станок - Выпрямитель ВД-306 - Полуавтомат ПДГ-215 - Сварочная головка - Приставка для источника питания	Цоб	Руб.	15000 50000 15000 - - 80000	- 50000 - 18000 23000 91000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	24	24
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	0,85
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	$t_{\text{МАШ}}$	час	64,46	26,45

4.2 Расчёт 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:

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{II-3}, \quad (4.3)$$

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 $t_{МАШ}$;

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

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

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

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 64,46 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 78 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 26,45 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 32 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/78 = 52,66 \text{ изделий за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/32 = 128,38 \text{ изделий за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{\Gamma} = 50$ изделий за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

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

$П_{\Gamma}$ – принятое значение годовой программы;

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

$K_{\text{ВН}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{ДАН.А}} = \frac{78 \cdot 50}{4108 \cdot 1,03} = 0,92$$

$$n_{\text{ДАН} \times \text{.i Д}} = \frac{32 \cdot 50}{4108 \cdot 1,03} = 0,34$$

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:

$$K_{zб} = 0,92/1 = 0,92$$

$$K_{zп} = 0,34/1 = 0,34$$

4.4 Вычисление заводской себестоимости при сварке в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии

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

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

где C_m – стоимость сварочных материалов;

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

На электродную проволоку и защитный газ рассчитаем затраты исходя из разработанной технологии.

- Расход на защитный газ: 160 мин · 10 л/мин · 8 руб/л = 12800 рублей.
- Расход на электродную проволоку: 1,0 кг · 220 руб/кг = 220 рублей.
- Общий расход на материалы:

$$M_{\text{баз.}} = (12800 + 220) \cdot 1,05 + 20\% = 16405,20 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (12800 + 220) \cdot 1,05 = 13671,00 \text{ руб.}$$

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:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 78 \cdot 200 \cdot 1,88 = 29328 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 32 \cdot 200 \cdot 1,88 = 12032 \text{ руб.}$$

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:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 29328 \cdot 12/100 = 3519,4 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 12032 \cdot 12/100 = 1443,9 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 29328 + 3519,4 = 32847,4 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 12032 + 1443,9 = 13475,9 \text{ рублей.}$$

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

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

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

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$O_{\text{сбаз.}} = 32847,4 \cdot 26/100 = 8540,3$ руб.

$O_{\text{спроектн.}} = 13475,9 \cdot 26/100 = 3503,7$ руб.

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

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

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

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

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

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{i,a} \cdot a = \frac{80000 \cdot 21,5 \cdot 1600/60}{4108 \cdot 100} = 110 \text{ рублей}$$

$$\dot{A}_{i,a} \cdot i \cdot \delta = \frac{91000 \cdot 21,5 \cdot 1600/60}{4108 \cdot 100} = 127 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-э}} \cdot \delta = \frac{24 \cdot 160/60 \cdot 1,75}{0,7} = 160,00 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-э}np} = \frac{24 \cdot 160 / 60 \cdot 1,75}{0,7} = 160,00 \text{ рублей}$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 110 + 160 = 270 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 127 + 160 = 287 \text{ руб.}$$

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:

$$D_{I \text{ ЭА}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 78}{4108} = 759,5$$

$$D_{I \text{ ЭА}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 32}{4108} = 311,6$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

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

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

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

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{I \text{ ЭА}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 78}{4108 \cdot 100} = 57$$

$$\dot{A}_{\dot{Y} \dot{E} \dot{D}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 32}{4108 \cdot 100} = 23,4$$

$$Z_{\text{ПЛБаз.}} = 759,5 + 57 = 816,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ПЛПроектн.}} = 311,6 + 23,4 = 335 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + \text{Осс} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 16405,2 + 32847,4 + 8540,3 + 270 + 816,5 = 58879,4 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 13671,0 + 13475,9 + 3503,7 + 287 + 335,0 = 31272,6 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 58879,4 + 1,5 \cdot 29328 = 58879,4 + 43992 = 102871,4 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 31272,6 + 1,5 \cdot 12032 = 31272,6 + 18045 = 49317,6 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 102871,4 + 1,15 \cdot 29328 = 102871,4 + 33727,2 = 136598,6 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 49317,6 + 1,15 \cdot 12032 = 49317,6 + 13836,8 = 63154,4 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки

в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ	Услов ное обозн ачени е	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Сварочные материалы	М	16405,2	13671
2	Фонд заработной платы	ФЗП	32847,4	13475,9
3	Отчисления на социальные нужды	О _{сн}	8540,3	3503,7
4	Затраты на оборудование	Зоб	270	287
5	Расходы на площади	Зпл	816,5	335
	Себестоимость технологическая	Стех	58879,4	31272,6
6	Расходы цеховые	Рцех	43992	18045
	Себестоимость цеховая	Сцех	102871,4	49317,6
7	Расходы заводские	Рзав	33727,2	13836,8
	Себестоимость заводская	С _{зав}	136598,6	63154,4

4.6 Определение капитальных затрат в соответствии

с базовым и проектным вариантами технологии

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

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

где $K_{\text{З}}$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

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

n – принятое количество оборудования, рассчитанное ранее для выполнения производственной программы в соответствии с базовым вариантом технологии.

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.21)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – затраты на приобретение технологического оборудования (рублей)

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

$N_{\text{А}}$ – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

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

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

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 28400 \cdot 0,92 = 26128 \text{ рублей}$$

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

$$\text{К}_{\text{ОБЩПР}} = \text{К}_{\text{ОБПР}} + \text{К}_{\text{ПЛПР}} + \text{К}_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где $\text{К}_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$\text{К}_{\text{ПЛ}}$ – 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);

$\text{К}_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$\text{К}_{\text{ОБПроектн.}} = \text{Ц}_{\text{ОБПР}} \cdot \text{К}_{\text{Т-З}} \cdot \text{К}_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$\text{К}_{\text{ОБПроектн.}} = 91000 \cdot 1,05 \cdot 0,34 = 32487 \text{ руб.}$$

$$\text{К}_{\text{СОП}} = \text{К}_{\text{ДЕМ}} + \text{К}_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

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:

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

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

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:

$$K_{МОНТ} = 91000 \cdot 0,05 = 4550 \text{ руб.}$$

$$K_{СОП} = 4000 + 4550 = 8550 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩПроектн.} = 32487 + 8550 = 41037 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{ДОП} = 41037 - 26128 = 14909 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{удБаз.} = 41037/50 = 820,7 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 26128/50 = 522,6 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности

в соответствии с проектным вариантом технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{t_{\text{ШТБ}} - t_{\text{ШТПР}}}{t_{\text{ШТБ}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{78 - 32}{78} \cdot 100\% = 59\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШТ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШТ}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_T = \frac{100 \cdot 59}{100 - 59} = 144\%$$

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:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{ОГ}} = \frac{58879,4 - 31272,6}{58879,4} \cdot 100\% = 47\%$$

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

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot P_T \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (136598,6 - 63154,4) \cdot 5 = 3672210 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

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

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{OK} = \frac{14909}{367221} = 0,5$$

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:

$$\Delta_{г} = 3672210 - 0,33 \cdot 14909 = 3667290 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел выпускной квалификационной работы содержит 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 59 %, увеличение производительности труда на 144 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 47 %. Расчетная величина условно-годовой экономии составила 3,67 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 3,66 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,02 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества изготовления теплообменников за счёт увеличения эффективности сварочных операций при изготовлении соединения «труба-трубная доска».

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных соединений при изготовлении теплообменников. При выполнении базовой технологии сварки предусматривается завальцовка и последующая заварка, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено применить автоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой и установки ОСА-ПА. Применение предложенных технологических решений позволит получить 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.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 59 %, повышению производительности труда на 144 %, снижению технологической себестоимости на 47 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 3,66 млн. рублей.

На основании этого можно признать достижение поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бродов Ю.М. О необходимости комплексного обоснования разработок по совершенствованию энергетических теплообменных аппаратов // Изв. Литовской АН. Энергетика. 1991. - № 2. - С. 34-45.

2. Определение оптимальных сроков замены трубных пучков теплообменных аппаратов турбоустановок / Р.С. Резникова, Е.И. Бененсон, Ю.М. Бродов и др. // Теплоэнергетика. 1985. - №2. - С.37-40.

3. Раевский В.А. Методы соединения и оборудование для сварки трубных решеток модульных теплообменных аппаратов // Прогрессивные технологии, конструкции и системы в приборо- и машиностроении: Материалы региональной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005, т.1 – С.55-58.

4. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

5. Справочник по теплообменникам. В 2-х т.: Пер. С англ./Под редакцией Б.С.Петухова и В.К.Шикова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 560 с.; Т.2 352 с.

6. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. М.: Машиностроение, 1970. – 200 Машиностроение, 1986. – 303 с.

7. Сидорец, В.Н. Импульсно-дуговая сварка как основа современных технологий сварки плавящимся электродом / В.Н. Сидорец, А.М. Жерносеков, С.В. Рымар // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії . – 2016. – № 2 – С. 221–225.

8. Жерносеков, А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–52.

9. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский // М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
10. Патон Б. Е., Шейко П. П., Пашуля М. П. Автоматическое управление переносом металла при импульсно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. -1971. - № 9. - С. 1-3.
11. <http://www.esab.deltasvar.ru>
12. www.orbitec.com
13. <http://www.техноtron.рф>
14. <http://www.navko-teh.kiev.ua>
15. Патент РФ № 2220034 Способ дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка и источник питания для его осуществления
16. 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.
17. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
18. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
19. 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.
20. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000.– № 8. – С. 48–50.
21. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.

22. 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.

23. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.

24. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

25. 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.