

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 и оборудование для ремонта трубного пучка
теплообменника

Студент

Е.С. Цыганова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

(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

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

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были 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.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 3,7 млн. рублей.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы для ремонтной сварки трубных пучков теплообменных аппаратов.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния ремонта теплообменных аппаратов	7
1.1 Описание конструкции типового теплообменного аппарата	7
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	9
1.3 Описание операций базового варианта технологии ремонта трубного пучка	11
1.4 Обзор альтернативных способов соединения	14
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 Проектная технология сварки изделия	18
2.1 Обзор способов сварки и применяемого оборудования	18
2.1.1 Сварка неплавящимся электродом	18
2.1.2 Сварочная головка РОС 12-60 (ESAB)	19
2.1.3 Установка TIGTRONIC RBK (Orbitec)	20
2.1.4 Сварка плавящимся электродом в защитных газах	22
2.1.5 Установка ОСА-ПА (НПП «Технотрон»)	23
2.1.6 Установка АС307 (НАВКО-ТЕХ)	24
2.4 Описание операций проектного технологического процесса	27
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	31
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	34
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	35
3.5 Обеспечение экологической безопасности	

технологического объекта	37
3.6 Заключение по разделу	37
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	39
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов . .	39
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	41
4.3 Расчет штучного времени	42
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	46
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	52
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	57
Заключение по экономическому разделу	59
Заключение	60
Список используемой литературы	62

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 [1].

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) [1, 2, 3].

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 [4, 5, 6]. 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 [3? 6].

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

1 Анализ современного состояния ремонта теплообменных аппаратов

1.1 Описание конструкции типового теплообменного аппарата

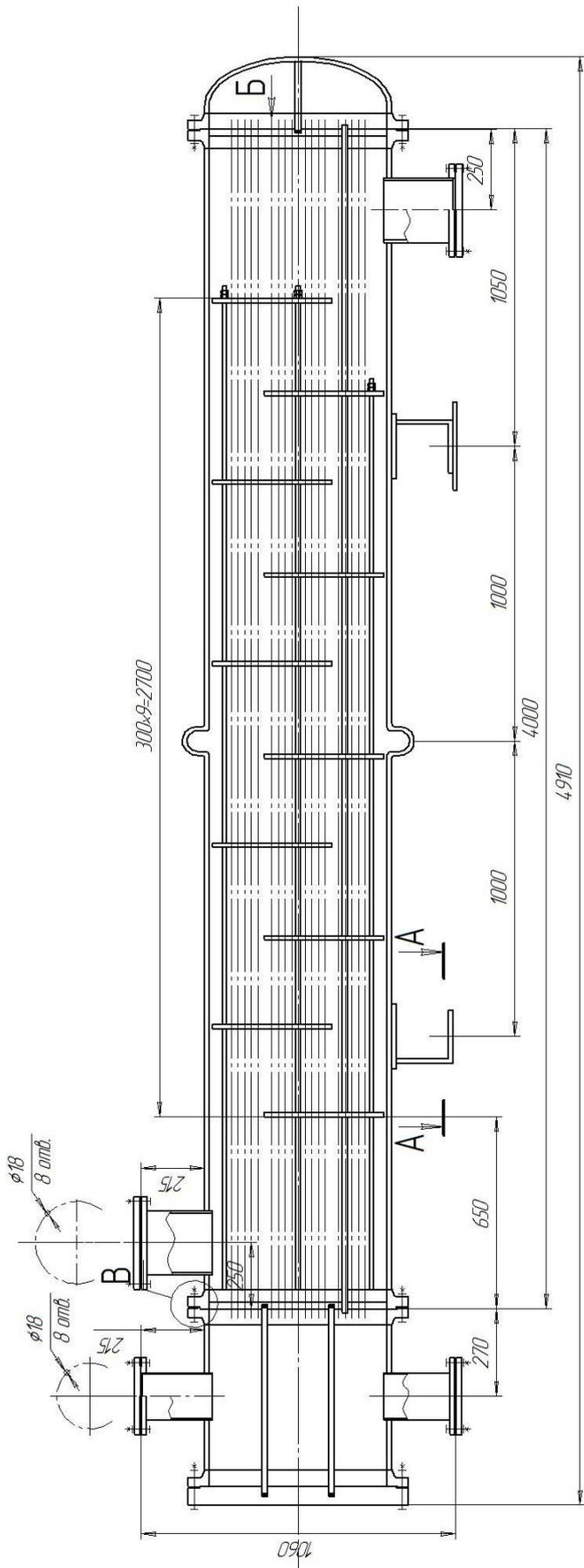
Теплообменник 1000 ТНГ (рис. 1.1, 1.2) изготавливается согласно ГОСТ 15119-79. Основное назначение заключается в организации теплообмена технологических сред (жидких и газообразных) при производстве основной продукции для химической, газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, и других отраслей промышленности. Поставки осуществляются как на российский рынок, так и за границу.



Рисунок 1.1 – Теплообменный аппарат 1000 ТНГ

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

Наименование параметров		Назначение параметров для аппаратов
Температура теплообмениваемых 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



B(1:2)

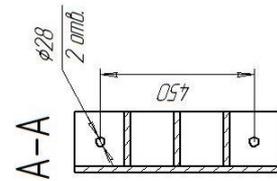
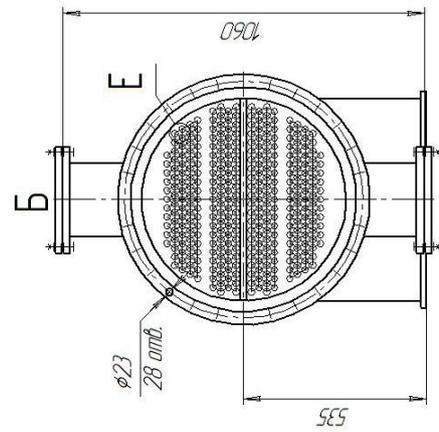
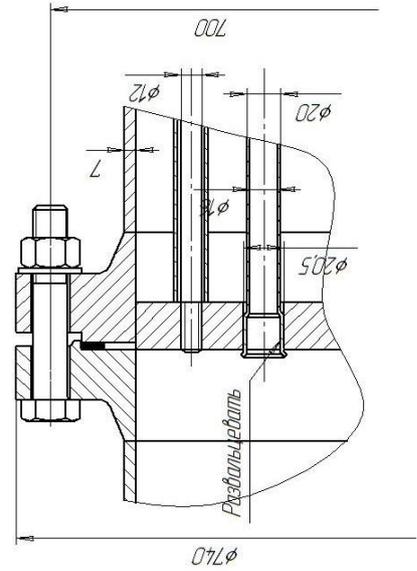


Рисунок 1.2 – Теплообменник 1000 ТНГ

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Элементы теплообменника (трубы и трубная решётка) изготавливается из стали AISI 304 (аналог 08X18H10). Эта сталь аустенитного класса используется в конструкциях, работающих в агрессивных средах и в пищевой промышленности.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали AISI 304

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Титан	Медь
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
до 0,8	до 0,8	до 0,2	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,5	до 0,3

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C материала сталь AISI 304

Сортамент	Размер, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ кДж / м ²
Лист	2-5	510	205	45	55	-

Сварка конструкций из стали AISI 304 имеет свои особенности, обусловленные многокомпонентностью легирования:

- в процессе эксплуатации конструкций из стали AISI 304 существует высокая опасность появления межкристаллитной коррозии металла сварного шва и "ножевой" коррозии у линии сплавления;
- при сварке конструкций из стали AISI 304 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 AISI 304 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 AISI 304 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.

Низкое содержание углерода в стали AISI 304 снижает устойчивость к питтинговой и межкристаллитной коррозии под действием окружающей среды [7]. Появление ферритной и мартенситной фаз, дополнительно к аустениту, вызывает опасность межкристаллитной коррозии или коррозионного растрескивания под напряжением [8].

Соединение изделий из стали AISI 304 могут выполняться с применением ручной дуговой сварки, механизированной сварки в защитных газах, автоматической сварки под флюсом и газозащитной сварки. Ручную дуговую сварку стали AISI 304 следует выполнять с применением электродов НИАТ-1, ЭА-400/10У и НЖ-13. Автоматическую сварку под флюсом стали для AISI 304 следует выполнять с применением проволоки Св-04Х19Н11 или Св-06Х19Н10МЗТ, в качестве флюса следует использовать флюсы АН-26, АНФ-14 или АНФ-6.

К межкристаллитной коррозии может привести перегрев. Причиной перегрева могут быть такие отклонения от параметров технологического режима сварки как высокая сила сварочного тока, низкая скорость сварки. Также необходимо при многопроходной сварке дожидаться остывания наложенного валика и затем выполнять следующий валик. Высокая температура ускоряет процессы диффузии, атомы углерода диффундируют из глубины кристалла в приповерхностную область, там соединяются с атомами хрома в карбиды и поверхностный слой обедняется хромом.

Также уменьшается количество хрома при большой длине дуги. При увеличении длины дуги ухудшается защита сварочной ванны, выгорают такие элементы как хром, титан.

При длительном действии высокой температуры атомы углерода вследствие интенсивных диффузионных процессов перемещаются к поверхности, соединяясь с атомами хрома, образуют карбиды, в результате поверхностный слой зерна аустенита обедняется хромом. Некоторые исследователи считают, что данный механизм также является инициатором межкристаллитной коррозии [9].

1.3 Описание операций базового варианта технологии ремонта трубного пучка

В процессе работы теплообменника и его текущем ремонте выполняется поиск и заглушение дефектных трубок. При капитальном ремонте трубного пучка теплообменника все ранее заглушённые трубки заменяются, если их суммарное количество превышает 15 % от всех трубок в трубном пучке. После высверливания трубу извлекают из трубного пучка, на её место устанавливают новую трубу. При выполнении сборки трубчаток в горизонтальном виде (рис. 1.3) для центровки отверстий в решетке трубы в первую очередь устанавливается до 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.

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.

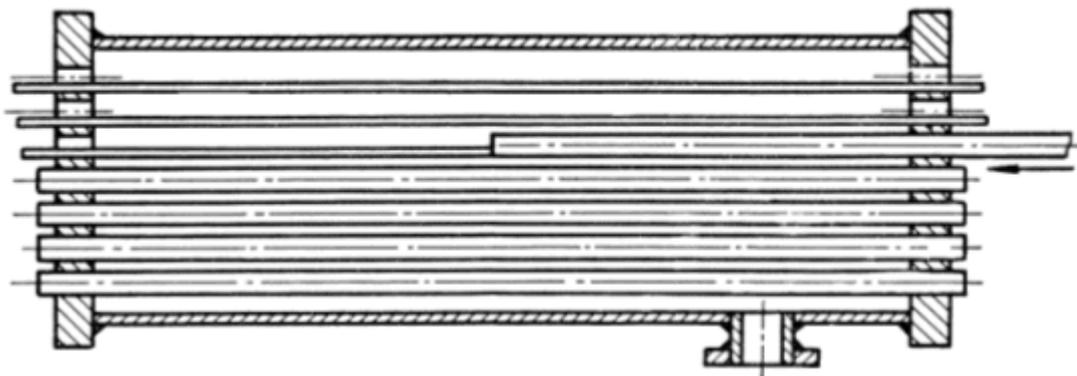
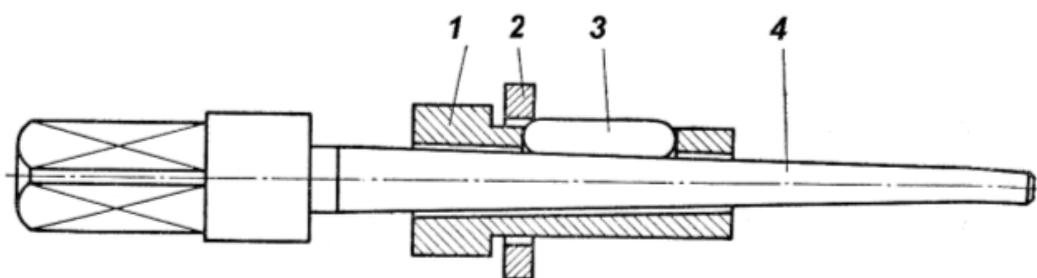


Рисунок 1.3 – Сборка трубок в теплообменнике с применением шомполов

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. 1.4). 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.

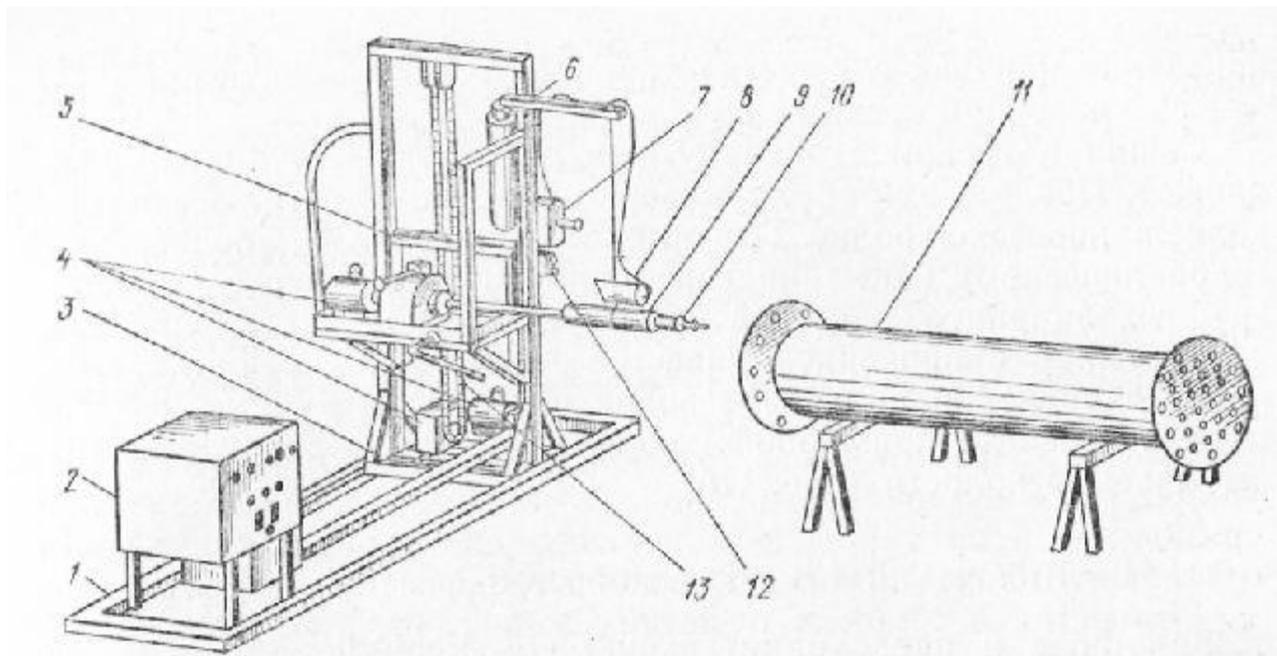


1 – корпус-обойма; 2 – упорная шайба; 3 – конические ролики; 4 – конус

Рисунок 1.4 – Схема вальцовки

Главное требование к развальцовке – необходимость обеспечения развальцовки оптимальной степени.

Для развальцовки труб применяется вальцовочная машина (рис. 1.5)



1 — рама машины; 2 — шкаф управления; 3 — горизонтально перемещаемая тележка; 4 — мотор-редукторы вертикального, горизонтального перемещения и привода развальцовки; 5 — вертикально расположенная рама; 6 — уравнивающий груз; 7 — пульт-координатор вертикального и горизонтального перемещений; 8 — выносной пульт управления; 9 — телескопический вал в неподвижном защитном кожухе; 10 — головка крепления инструмента с шарнирным соединением с валом и замком крепления; 11 — кожухотрубный теплообменник; 12 — кнопочная станция управления приводом развальцовки; 13 — рычаг поперечного перемещения

Рисунок 1.5 – Крепление труб в трубной решётке при помощи вальцовочной машины

Преимуществами соединения трубы и трубной доски методом развальцовки заключается:

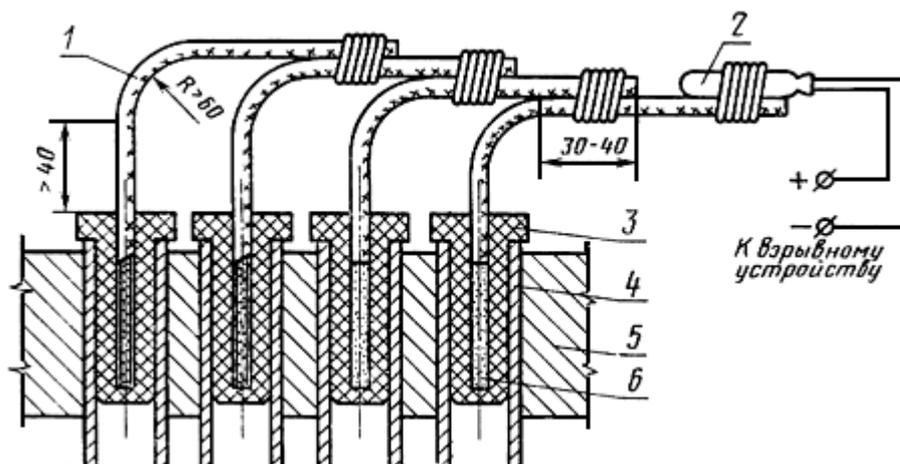
- 1) Процесс простой;
- 2) Себестоимость операции низкая;
- 3) Высокая квалификация работника не требуется.

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

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. 1.6).



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

Рисунок 1.6 – 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).

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

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.

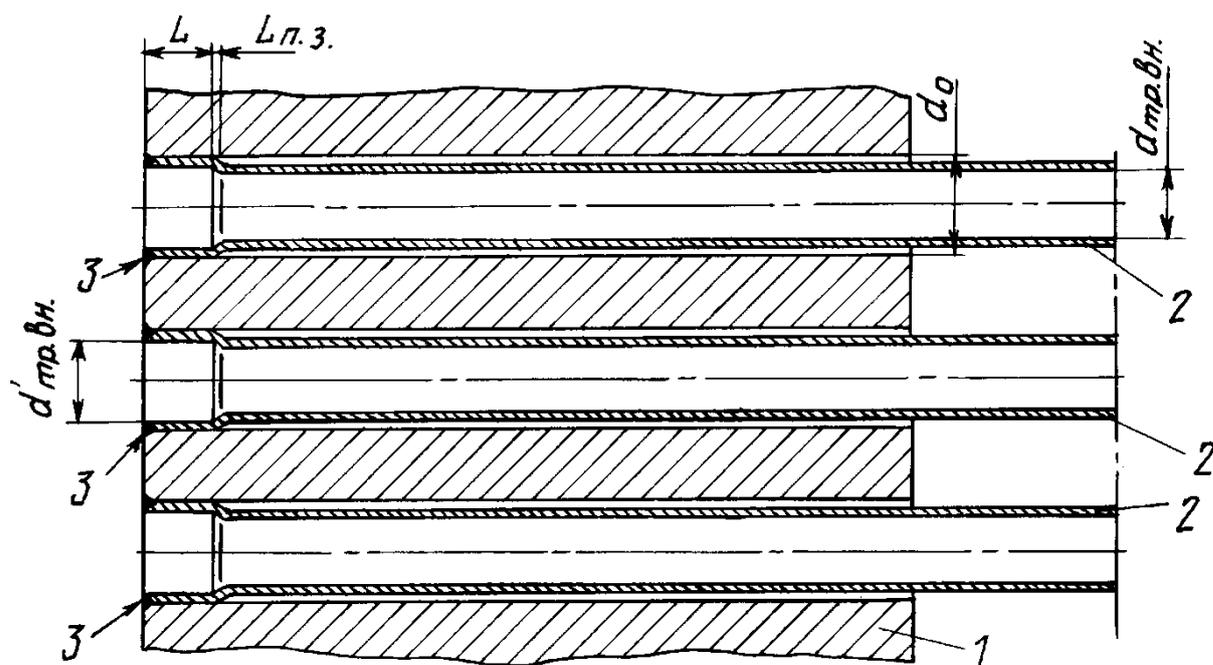


Рисунок 1.7 - Комбинированный способ сварки труб с трубной доской

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 выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение качества и производительности при ремонте 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: 1) развальцовки; 2) сварки взрывом; 3) контактной сварка; 4) 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 Проектная технология сварки изделия

2.1 Обзор способов сварки и применяемого оборудования

2.1.1 Сварка неплавящимся электродом

Основным преимуществом аргодуговой 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).

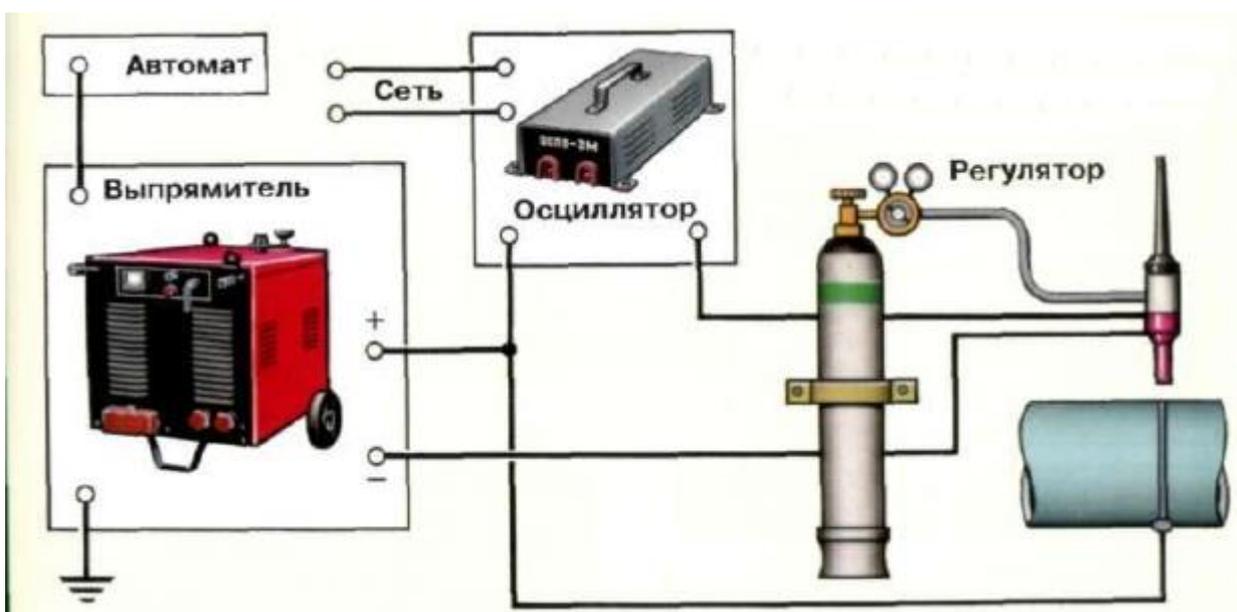


Рисунок 2.1 – Сварка неплавящимся электродом в защитном газе

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.

2.1.2 Сварочная головка ПОС 12-60 (ESAB)

Головка сварочная ПОС 12-60 [11] 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

2.1.3 Установка TIGTRONIC RBK (Orbitec)

Сварочная головка TIGTRONIC RBK-16 [12] 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

2.1.4 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.

2.1.5 Установка ОСА-ПА (НПП «ТехноТрон»)

Рассматриваемое оборудование [13] 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»)

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.

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

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.

2.1.6 Установка АС307 (НАВКО-ТЕХ)

Установка [14] состоит из основания, колонны, шарнирного манипулятора, приспособления для сборки, механизма подъема-опускания горелки, механизмов ращения 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

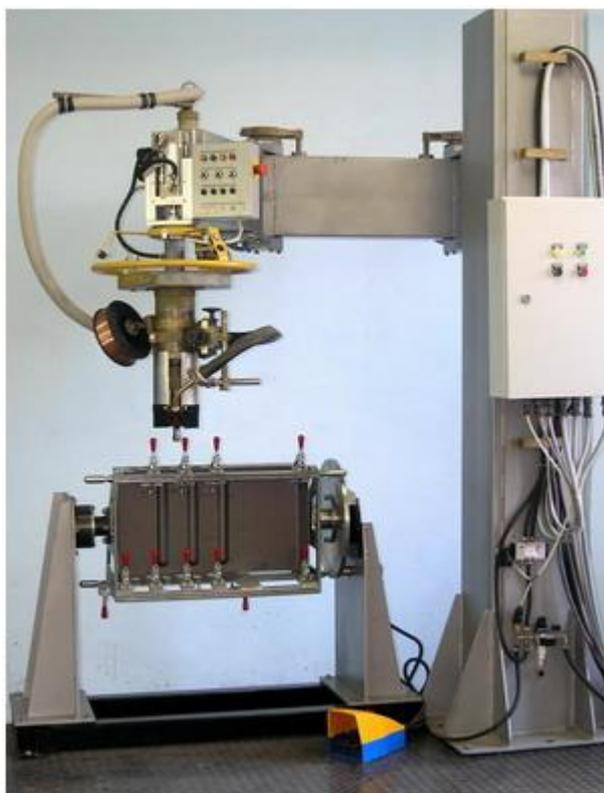


Рисунок 2.6 - Установка АС307 (НАВКО-ТЕХ)

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 Описание операций проектного технологического процесса

Для операции плазменного раскроя воспользуемся отечественной установкой – аппаратом для плазменной резки ПУРМ-140 (рис. 2.7). 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 2.7 – Аппарат плазменной резки ПУРМ-140

При проведении операции правки трубных досок будем применять правильную машину МЛЧ 1725 (рис. 2.8). Данная установка предназначена для операции правки толстолистого металлопроката с величиной временного сопротивления до 500 МПа. Согласуем 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 2.8 – Машина листопрямильная МЛЧ 1725

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 загибание трубы не больше 0,5 мм.



Рисунок 2.9 – Сборка труб и трубных досок

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

Основное предназначение установки (рис. 2.10) – автоматическая сварка труб в трубные доски проволокой сплошного сечения в средах активных и инертных защитных газов.



Рисунок 2.10 – Сварка труб на установке ОСА-ПА

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 2.11 – Цветная дефектоскопия

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонтной сварки трубных пучков теплообменников.

На основании проведенного анализа возможных способов сварки принято решение о замене механизированной вальцовки на автоматическую сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения.

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

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 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

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
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. Пруток 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 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация 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 трубных досок и труб	<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; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; 	<ol 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 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; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стеллаж 2. Винтовые зажимы 3. Теодолит 4. Рулетка 5. Источник питания 6. Комплекс ОСА-ПА 7. Шаблон сварщика
3. Установка и сварка труб	<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; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений 	<ol 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

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Контроль качества сварки	- 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	1. Пульверизатор 2. Установка для пневмоиспытаний

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	Информирующие об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информационные плакаты и надписи.	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

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

Таблица 3.4 – 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 сборка и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный автомат, машинка шлифовальная	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 – Ведомость технических средств

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

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

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Ремонтная сварка трубного пучка теплообменника	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
Ремонтная сварка трубного пучка теплообменника	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, 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 центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих

предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

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

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

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонтной сварки трубных пучков теплообменников. В соответствии с базовой технологией сборки и сварка выполняется с применением механизированной вальцовки и последующей сварки.

На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение об использовании в проектом варианте автоматической сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения. За счёт замены способа сварки и использования импульсного управления сварочной дугой предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества выполнения работ.

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		V	V
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1

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
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	24	50

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса: Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования - Вальцовочный станок - Выпрямитель ВД-306 - Полуавтомат ПДГ-215 - Сварочная головка - Приставка для источника питания	Цоб	Руб.	200000	400000
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 наплавочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

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

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

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

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

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

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

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

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

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

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

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

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

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

(4.3)

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

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

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

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

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

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

$t_{\text{п-з}}$ – 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:

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

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

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

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

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 одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии;

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

$$P_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/78 = 26 \text{ изделий за год;}$$

$$P_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/32 = 54 \text{ изделий за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $P_{\Gamma}=50$ теплообменников в год.

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

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

где ПГ – 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;

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

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

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

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{78 \cdot 50}{2054 \cdot 1,03} = 1,8$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{32 \cdot 50}{2054 \cdot 1,03} = 0,8$$

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 две единицы технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

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

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

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

$$K_{зб} = 1,8/2 = 0,9,$$

$$K_{зп} = 0,8/1 = 0,8.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При дуговой сварке используются сварочные материалы. Проектная технология сварки предусматривает применение автоматической сварки плавящимся электродом в защитном газе, для которой расходными материалами будут защитный газ и сварочная проволока. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

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

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

После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

- Расход на защитный газ: $160 \text{ мин} \cdot 10 \text{ л/мин} \cdot 8 \text{ руб/л} = 12800 \text{ рублей}$.

- Расход на электродную проволоку: $1,0 \text{ кг} \cdot 220 \text{ руб/кг} = 220 \text{ рублей}$.

- Общий расход на материалы:

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

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

Объем 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:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 78 \cdot 200 \cdot 1,88 = 29238 \text{ руб.}$$

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

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:

$$\begin{aligned} Z_{\text{доп.базов.}} &= 29238 \cdot 12 / 100 = 3509 \text{ рублей;} \\ Z_{\text{доп.проектн.}} &= 12032 \cdot 12 / 100 = 1444 \text{ рублей;} \\ \text{ФЗП}_{\text{базов.}} &= 29238 + 3509 = 32747 \text{ рублей;} \\ \text{ФЗП}_{\text{проектн.}} &= 12032 + 1444 = 13476 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} O_{\text{сб.баз.}} &= 32747 \cdot 34 / 100 = 11134 \text{ руб.}, \\ O_{\text{сб.проектн.}} &= 13476 \cdot 34 / 100 = 4582 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Объём $Z_{\text{об}}$ 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:

$$A_{об} \cdot б = \frac{200000 \cdot 21,5 \cdot 78}{2054 \cdot 100} = 1633 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{400000 \cdot 21,5 \cdot 32}{2054 \cdot 100} = 1340 \text{ рублей}$$

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:

$$P_{э-эб} = \frac{24 \cdot 78 \cdot 3,02}{0,7} = 8076 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{50 \cdot 32 \cdot 3,02}{0,85} = 5685 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 1633 + 8076 = 9709 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 1340 + 5685 = 7025 \text{ рублей}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, значения которых были округлены до целых, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 16405 + 32747 + 11134 + 9709 = 69995 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 13671 + 13476 + 4582 + 7025 = 38754 \text{ руб.}$$

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

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

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:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 69995 + 1,5 \cdot 29238 = 69995 + 436857 = 113852 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 38754 + 1,5 \cdot 12032 = 38754 + 18048 = 56802 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$C_{ЗАВБаз.} = 113852 + 1,15 \cdot 29238 = 113852 + 33623 = 147475 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 56802 + 1,15 \cdot 12032 = 56802 + 13837 = 70639 \text{ руб.}$$

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	16405	13671
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	32747	13476
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	11134	4582
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	9709	7025
5. Величина технологической себестоимости	Стех	69995	38754
6. Объём цеховых расходов	Рцех	43857	18048
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	113852	56802
8. Объём заводских расходов	Рзав	33623	13837
9. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	147475	70639

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

$$K_{ОБЩБ} = K_{ОББ} = n \cdot Ц_{ОББ} \cdot K_{ЗБ}, \quad (4.17)$$

где $K_{з}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

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

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

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – 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:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 200000 - (2000000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 114000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 2 \cdot 114000 \cdot 0,9 = 205200 \text{ рублей}$$

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

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОППР}}, \quad (4.19)$$

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:

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

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

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,8 = 336000 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 200000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{СОП}} = 10000 + 20000 = 30000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 336000 + 30000 = 366000 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{\text{ДОП}} = 366000 - 205200 = 160800 \text{ руб.}$$

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_{Γ} – принятое значение годовой программы.

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

$$K_{\text{УДБаз.}} = 205200/50 = 4104 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 366000/50 = 7320 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{69995 - 38754}{69995} \cdot 100\% = 45\%$$

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

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (147475 - 70639) \cdot 50 = 3841800 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\mathcal{E}_{\text{уГ}}} \quad (4.30)$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{160800}{3841800} = 0,3$$

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_{Γ} в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Эг} = \text{Эуг} - \text{Ен} \cdot \text{Кдоп} \quad (4.31)$$

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

$$\text{Эг} = 3841800 - 0,33 \cdot 160800 = 3788736 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

В проектном варианте технологии предложено заменить автоматическую сварку под флюсом на автоматическую сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит существенно повысить производительность и качество выполнения сварочных работ при строительстве шаровых резервуаров.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоёмкость на 59 %, увеличивается производительность труда на 144 %, уменьшается технологическая себестоимость на 45 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 3,8 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 3,7 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,3 года.

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

Заключение

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение качества и производительности при ремонте 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: 1) развальцовки; 2) сварки взрывом; 3) контактной сварка; 4) 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.

Были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы:

- 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.

Решая первую задачу, в качестве способа сварки была предложена автоматическая сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения.

Решая вторую задачу, были рассмотрены образцы оборудования для автоматической сварки теплообменных аппаратов, на основании обзора было принято решение использовать установку ОСА-ПА производства НПП «Технотрон».

Решая третью задачу, составлена технология ремонтной сварки трубных пучков теплообменников.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 3,7 млн. рублей.

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

Полученные результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы для ремонтной сварки трубных пучков теплообменных аппаратов.

Список используемой литературы

1. Баклистов, А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок / А.М. Баклистов, В.А. Горбенко, П.Г. Удыма. – М.: Энергоиздат, 1981. – 336 с.
2. Черноморов, М.И. Полуавтомат для сварки труб с трубными досками малогабаритных теплообменников / М.И. Черноморов. – Автоматическая сварка. – 2001. – № 10. – С. 31–32.
3. Раевский В.А., Царьков А.В. Оптимизация режимов сварки трубных досок теплообменных аппаратов методами компьютерного моделирования // Сварочное производство. – 2007. – №1. – С.15-21.
4. Бродов Ю.М. О необходимости комплексного обоснования разработок по совершенствованию энергетических теплообменных аппаратов // Изв. Литовской АН. Энергетика. 1991. - № 2. - С. 34-45.
5. 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.
6. 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.
7. Земзин, В.Н. Термическая обработка и свойства сварных соединений / В.Н. Земзин, Р.З. Шрон Р.З. – Л.: Машиностроение, 1978. – 367 с.
8. Бородулин, Г.М. Нержавеющая сталь / Г.М. Бородулин, Е.И. Мошкевич. – М.: Металлургия, 1973. – 320 с.
9. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.

10. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. М.: Машиностроение, 1970. – 200 Машиностроение, 1986. – 303 с.
11. Бутенко, Ю. Внедрение опыта компании «ЭСАБ» в дуговой сварке компонентов газовых турбин на предприятии «Зоря-Машпроект» / Ю. Бутенко, А. Беликов. – 2010. – № 1. – С. 16–19.
12. Тукаев, Р.Ф. Сравнительный анализ сварных швов в узле «труба – трубная решетка» кожухотрубчатого теплообменного аппарата из жаропрочной стали 15Х5М полученных различными способами сварки / Р.Ф. Тукаев, И.Г. Ибрагимов, А.М. Файрушин, А.В. Сисанбаев // Нефтегазовое дело. – 2013. – №5. – С. 363–375.
13. Серьезное оборудование для серьезной работы: каталог оборудования НПП «Технотрон». – Москва, 2006. – 17 с.
14. Дубовецкий, С.В. Автоматические установки для дуговой сварки теплообменников / С.В. Дубовецкий, С.В. Можаяев // Сварщик. – 2007. – № 1. – С. 20–21.
15. 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.
16. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
17. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
18. 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.
19. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000. – № 8. – С. 48–50.

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

21. 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.