

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология сварки теплообменного узла
холодильника-конденсатора

Студент

С.А. Казичев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.И. Плахотный

(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 2021

Аннотация

Одним из самых ответственных элементов теплообменного аппарата является узел соединения теплообменных трубок с трубной доской.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при изготовлении теплообменного узла холодильника – конденсатора.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- предложить способ дуговой сварки и оборудование для его осуществления, при котором обеспечивается стабильное качество и герметичность соединения «труба – трубная доска»;

- составить проектную технологию сварки с описанием технологических операций и параметров режима;

Анализ возможных способов соединения позволил обосновать выбор автоматической сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения для построения проектной технологии сварки. Была составлена проектная технология сварки теплообменника, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 3,7 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года.

Содержание

Введение	5
1 Анализ исходных данных и известных решений по вопросу сварки теплообменников	7
1.1 Описание конструкции теплообменника и условий его работы. . .	7
1.2 Сведения о материале теплообменного узла.	9
1.3 Описание технологического процесса ремонтной сварки трубного пучка.	11
1.4 Обзор альтернативных способов крепления трубы в трубном пучке теплообменника	13
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 Проектная технология сварки теплообменного узла холодильника-конденсатора	17
2.1 Способ и оборудование для сварки неплавящимся электродом. . .	17
2.2 Способ и оборудование для сварки плавящимся электродом в защитных газах	20
2.3 Описание операций проектного технологического процесса	24
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	30
3.1 Технологическая характеристика объекта	30
3.2 Идентификация профессиональных рисков	31
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	33
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	36
3.5 Обеспечение экологической безопасности	38
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.	40
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	40
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	42

4.3 Расчет штучного времени	43
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	45
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	50
4.6 Показатели экономической эффективности.	52
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников	56

Введение

Оборудование для химических производств использует сложнейшие системы трубопроводов и аппаратов, которые состоят из значительного количества элементов. Эта отрасль промышленности является главным потребителем современных достижений в области сварки. К сварным соединениям, эксплуатируемым на химических предприятиях, предъявляются самые высокие требования по качеству, надёжности и работоспособности. Существенное место среди ответственных аппаратов химической промышленности занимают теплообменники, которые нашли применение в технологических процессах газовой, химической, металлургической, нефтяной, пищевой промышленности. Теплообменные аппараты применяются в атомной энергетике и изготовлении конструкций оборонного и наступательного значения. Одним из самых ответственных элементов теплообменного аппарата является узел соединения теплообменных трубок с трубной доской [1].

Эксплуатация соединений труб в трубных досках проходит в тяжелейших условиях, характеризующихся высокой температурой и повышенным давлением. Кроме этого, на соединение действуют переменные значительные напряжения, возникающие по причине термодинамического изменения температуры и давления. В связи с этим к сварным соединениям труб с трубной доской предъявляются повышенные требования: эти швы должны быть плотными и прочными, иметь гарантированное проплавление. Например, если теплообменный узел имеет 1000 трубок, то 1 % браки при сварке делает необходимым заглушить 10 трубок. При этом КПД установки снижается на 18 % [13].

Изготовление теплообменников выполняют с применением различных конструкционных материалов, но наиболее распространены теплообменники из нержавеющей стали. Проектирование технологии изготовления и выбор параметров режима сварки теплообменников должны обеспечивать

получение сварных соединений «труба - трубная доска» с максимально высоким качеством при минимальных производственных затратах, потому что затраты на изготовление и ремонт теплообменного узла определяют расходы на эксплуатацию всего теплообменного аппарата. Несмотря на применение современных сварочных технологий при изготовлении соединения «труба – трубная доска» зачастую наблюдается образование дефектов в виде пор, неравномерного проплавления, кольцевых трещин. Особенно возрастает количество дефектов при приварке к трубной доске значительной толщины (20...60 мм) труб малого диаметра (3...5 мм) [1], [13], [20].

При выполнении теплообменного узла в основном применяется сварка плавлением, но могут быть применены развальцовка, контактная сварка и даже сварка взрывом. Большое количество ввариваемых элементов делает необходимым применение специализированного оборудования.

Согласно статистическим данным, на долю повреждений в теплообменных аппаратах приходится 26 % повреждений всего оборудования в химической промышленности [5]. При этом значительную часть составляют повреждения из-за потери герметичности сварных швов, на долю которых приходится 14...25 % всех повреждений [12], [14]. В этом случае требуется остановить работу аппарата, проанализировать причину нарушения герметичности и заглушить часть труб, через которые происходит утечка продукта. Проведение этих работ требует затрат значительного количества времени и трудовых ресурсов, работы проходят в тяжёлых условиях. В реальности при ремонте теплообменного аппарата происходит замена всего трубного пучка, что позволяет сохранить КПД теплообменного аппарата, а стоимость и трудоёмкость проведения ремонта не зависят от количества дефектных трубок [12], [13].

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при изготовлении теплообменного узла холодильника – конденсатора.

1 Анализ исходных данных и известных решений по вопросу сварки теплообменников

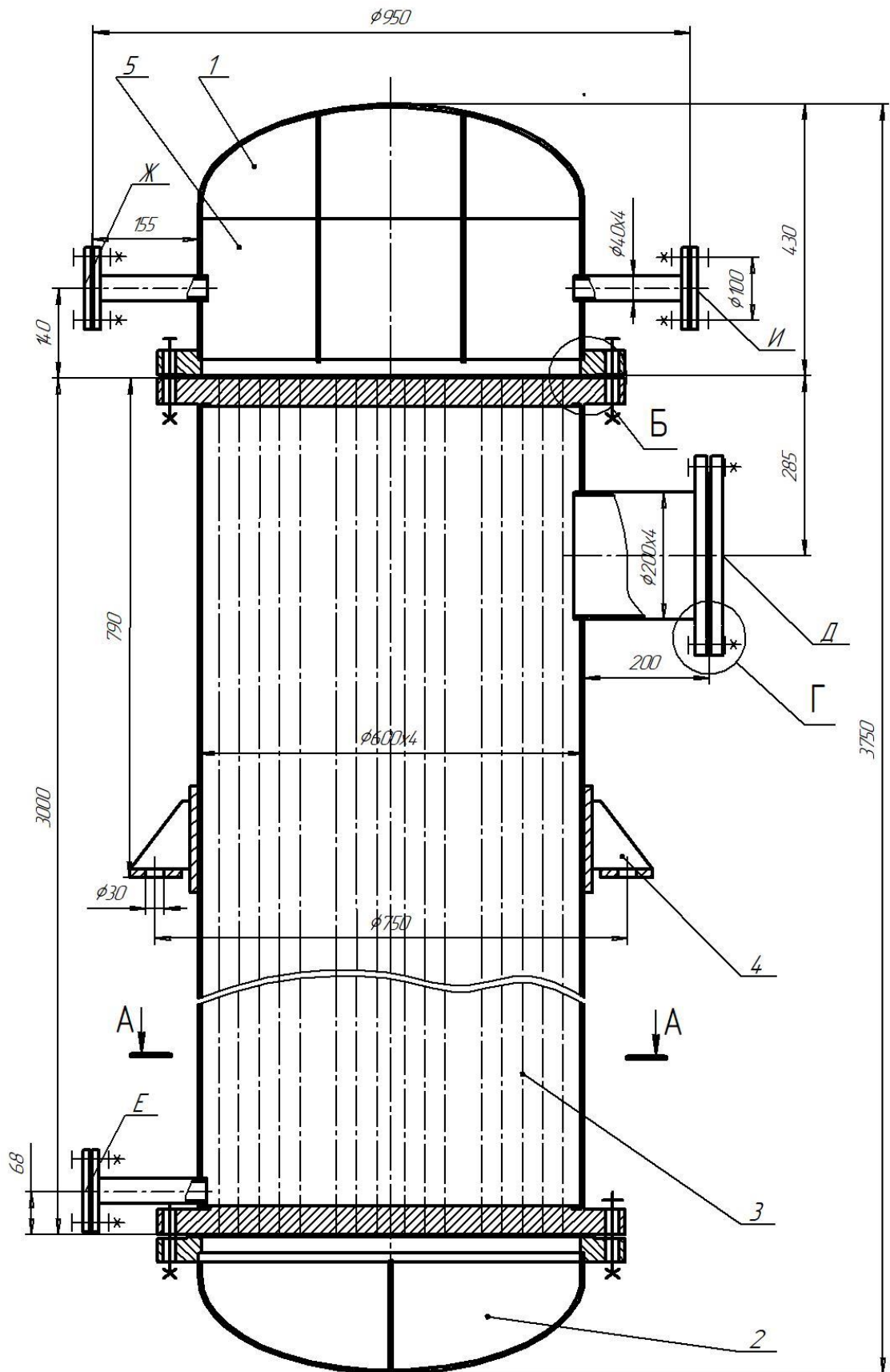
1.1 Описание конструкции теплообменника и условий его работы

Холодильник-конденсатор КНВ-600, представленный на рисунке 1, построен по принципу кожухотрубного теплообменника, в котором обеспечивается теплообмен жидких сред. Теплообменник включает в себя верхнюю и нижнюю крышки, камеры, патрубки, опоры, пучок труб, которые закреплены в трубной доске.

Корпус теплообменника представляет собой сварной цилиндр. Поверхность теплоотдачи составляет 49 квадратных метра. Теплообменные трубки имеют длину 3000 мм, диаметр 25 мм, толщину стенки 2 мм. Количество теплообменных трубок – 206 штук. На корпусе теплообменника имеется два штуцера. Штуцер для входа в трубное пространство имеет внутренний диаметр 125 мм. Штуцер для входа в межтрубное пространство имеет внутренний диаметр 65 мм и 250 мм.

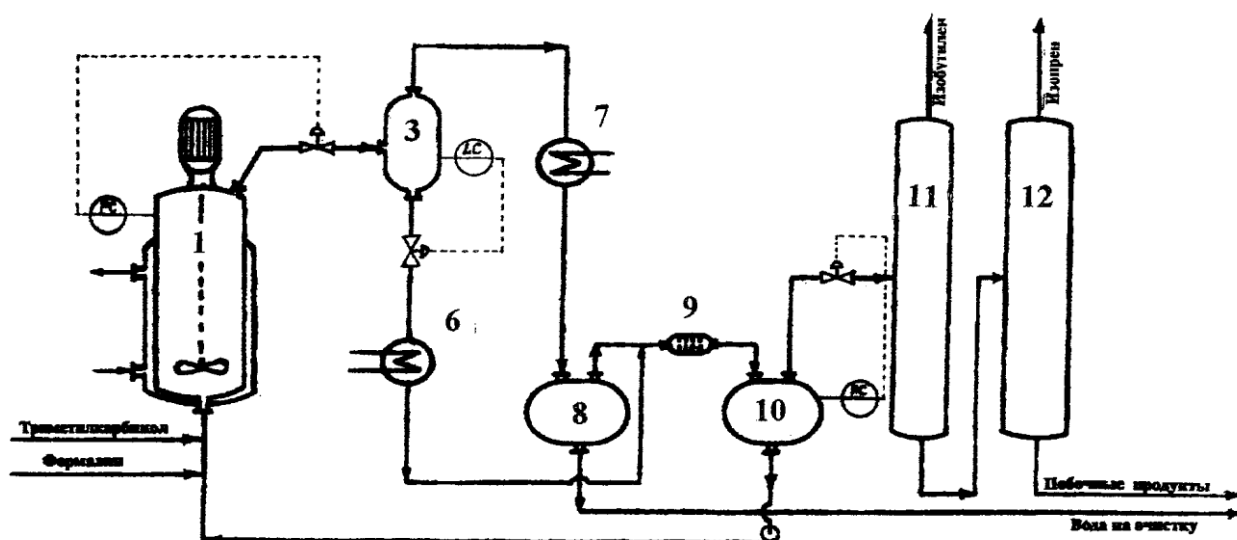
Теплообменник применяется для конденсации изобутилена в составе установки, представленной на рисунке 2, в которую входит: реактор (поз. 1), главный трубопровод (поз. 2), сепаратор (поз. 3), обратный трубопровод (поз. 4), автоклав (поз. 5), холодильник (поз. 6), холодильник-конденсатор (поз. 7), ёмкость-отстойник (поз. 8 и поз. 10), смеситель (поз. 9), колонна отгонки изобутилена (поз. 11), колонна отгонки изопрена (поз. 12).

Рассматриваемый теплообменник имеет неподвижную трубную решетку из 206 труб. Из-за различия температур реагирующих сред в теплообменнике возникает разница в температурного удлинении кожуха и труб. Возникающее при этом напряжение снимается при помощи температурного компенсатора типа КНВ.



1 – крышка верхняя; 2 – крышка нижняя; 3 – корпус; 4 – опора; 5 – камера распределительная; 6 - прокладка

Рисунок 1 – Холодильник-конденсатор в сборе КНВ-600



1 – реактор; 2 – главный трубопровод; 3 – сепаратор; 4 – обратный трубопровод; 5 – автоклав; 6 – холодильник; 7 – холодильник-конденсатор; 8, 10 – ёмкость-отстойник; 9 – смеситель; 11 – колонна отгонки изобутилена; 12 – колонна отгонки изопрена

Рисунок 2 – Установка производства изобутилена

1.2 Сведения о материале теплообменного узла

Элементы теплообменного узла изготавливаются из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Эта сталь предназначена для изготовления конструкций, которые будут работать в агрессивных средах и для пищевой промышленности. Содержание химических элементов в стали 12Х18Н10Т приведено в таблице 1, а механические свойства – в таблице 2.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 12Х18Н10Т [18]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
до 0,12	до 0,8	до 0,2	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,3	0,5-0,7

Таблица 2 – Механические свойства стали 12Х18Н10Т [18]

Сортамент	Размер, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
Лист	3,5-22	510	205	40	55

Характер легирования стали 12Х18Н10Т определяет особенности её сварки при выполнении ответственных конструкций [4], [17].

Эксплуатация сварной конструкции сопряжена с высоким риском развития межкристаллитной коррозии.

Металл сварного шва имеет чисто аустенитную структуру, что существенно повышает опасность возникновения горячих трещин при сварке стали 12X18H10T.

Длительная эксплуатация конструкций из стали 12X18H10T при повышенных температурах может вызывать их охрупчивание, которое будет проявляться в снижении пластических свойств сварного шва.

Сталь 12X18H10T имеет низкую теплопроводность и высокий коэффициент термического расширения, поэтому сварка конструкций из этой стали сопровождается короблением, величина которого превышает коробление при сварке углеродистых сталей.

Так как сварка конструкций из стали 12X18H10T сопровождается значительными остаточными деформациями, то делается необходимым выполнение прихваток, длина и количество которых больше, чем при сварке углеродистых сталей.

Поскольку ферритная структура приводит к снижению пластичности металла шва, при сварке стали 12X18H10T следует стремиться к получению аустенитной структуры.

При сварке стали 12X18H10T следует особо тщательно выбирать сварочные материалы: для ручной дуговой сварки – электроды НЖ-13, НИАТ-1 или ЭА-400/10У; для сварки под флюсом – проволока Св-04Х19Н11.

Перегрев в процессе термического цикла при сварке может усилить в последствии процессы межкристаллитной коррозии. Поэтому при сварке стали 12X18H10T следует правильно назначать и строго соблюдать параметры режима. При выполнении многопроходных слоёв следующий проход следует выполнять после остывания предыдущего валика. В противном случае происходит диффундирование углерода из основного металла к поверхности, его реакция с хромом и обеднение поверхности сварного шва хромом.

При сварке стали 12Х18Н10Т следует строго соблюдать технику сварки. Длинная дуга приводит к выгоранию легирующих элементов.

Таким образом, сварку конструкций из стали 12Х18Н10Т следует вести с минимальной длиной дуги, сварной шов накладывать узкими валиками, при этом необходимо обеспечивать остывание каждого валика перед сваркой следующего валика.

1.3 Описание технологического процесса ремонтной сварки трубного пучка

При выполнении текущего ремонта теплообменника происходит поиск дефектных трубок и их заглушение. При выполнении капитального ремонта, если заглушено более 15 % всех трубок теплообменника, выполняют либо замену всего трубного пучка либо замену только заглушенных труб. В процессе замены заглушённой трубы её высверливают из трубной доски и извлекают из трубного пучка. Далее на место извлечённой трубы устанавливают новую трубу, как показано на рисунке 3.

Крепление труб в трубной доске происходит посредством развальцовки. Сначала конец трубы отжигают и обрезают, после этого удаляют заусенцы на торце и поверхности труб, зачищая их до металлического блеска по длине до 2...2,5 толщины трубной решётки. Для выполнения обрезки и зачистки труб перед сваркой используют установленное на токарном станке специальное приспособление.

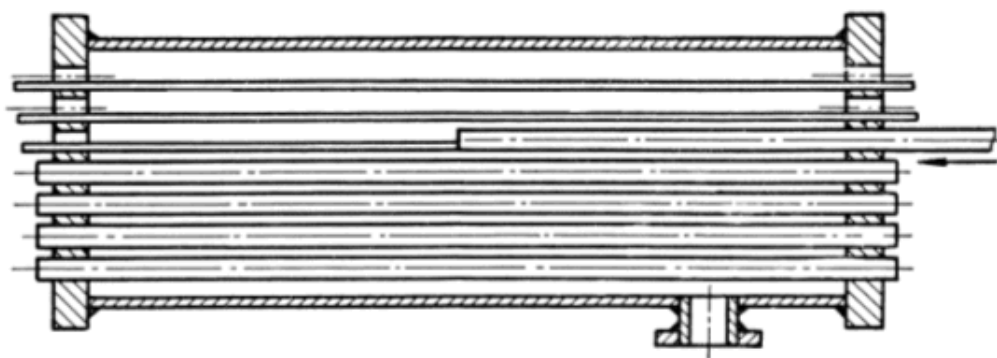
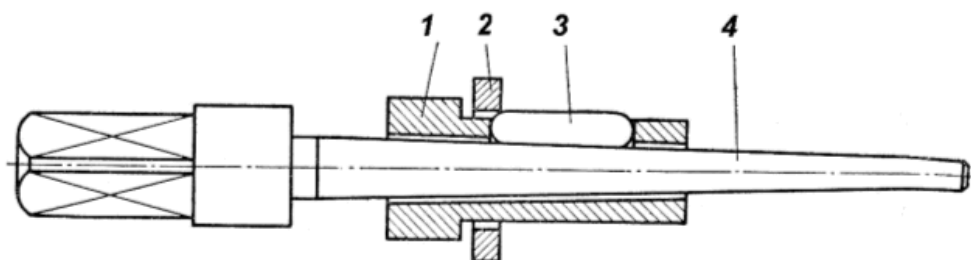


Рисунок 3 – Сборка трубок в теплообменнике с применением шомполов

При диаметре трубы до 25 мм допустимый зазор при установке в трубную решётку должен не превышать 0,8 мм. Развальцовку трубы выполняют с применением инструмента – вальцовки, представленной на рисунке 4, который включает в себя корпус-обойму (поз. 1) с ограничительной опорной шайбой (поз. 2), роликами конической формы (поз. 3) и конусом (поз. 4). Развальцовку труб в трубной решётке ведут с применением вальцовочной машины, представленной на рисунке 5.



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

Рисунок 4 – Схема развальцовки трубы в трубной решётке



Рисунок 5 – Электрическая вальцовочная машина

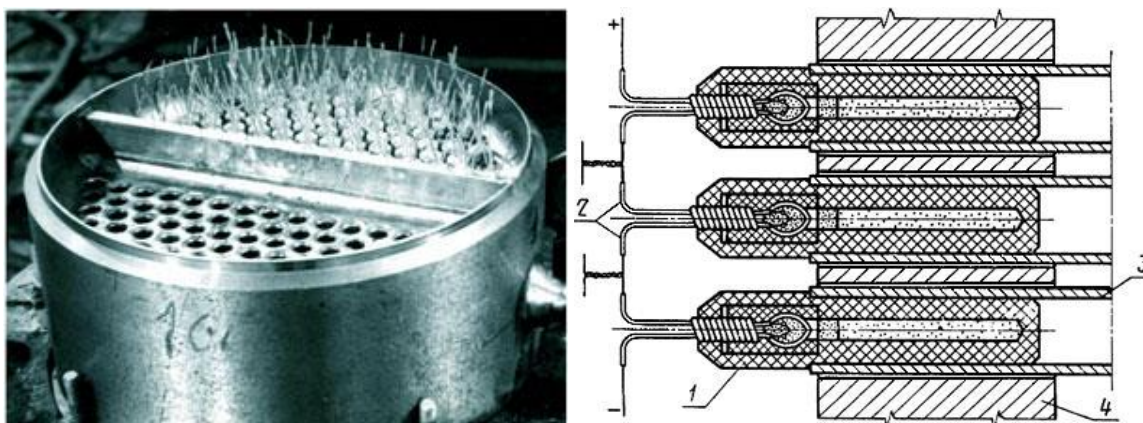
Применение развальцовки при креплении труб в теплообменнике имеет следующие преимущества: малая стоимость выполнения операции, не требуется высокой квалификации персонала, простота выполнения процесса и применяемого оборудования.

Несмотря на имеющиеся преимущества, процесс крепления труб в трубном пучке теплообменника при помощи вальцовки имеет ряд недостатков: получаемое соединение «труба – трубная доска» имеет малую прочность по сравнению со сваркой плавлением и другими способами сварки, получаемое соединение имеет меньшую герметичность по сравнению со сваркой плавлением и другими способами сварки.

1.4 Обзор альтернативных способов крепления трубы в трубном пучке теплообменника

Соединение трубы в трубном пучке может быть выполнено несколькими способами: сваркой взрывом, развальцовкой, контактной сваркой, дуговой сваркой + развальцовкой.

При соединении труб с трубной доской при помощи взрывчатых веществ, как показано на рисунке б, используют специально подготовленное помещение.



1 – электродетонатор; 2 – проводники патрона; 3 – труба; 4 – трубная решетка

Рисунок б – Установка специальных зарядов в решётке теплообменника перед соединением взрывом

Преимуществами сварки взрывом являются: во-первых, увеличение срока эксплуатации теплообменника; во-вторых, возможность соединения разнородных металлов; в-третьих, высокая производительность процесса – возможность приварки всех труб за раз; в-четвёртых, возможность соединения труб больших размеров; в-пятых, малая себестоимость процесса, не требуется специализированного сварочного оборудования.

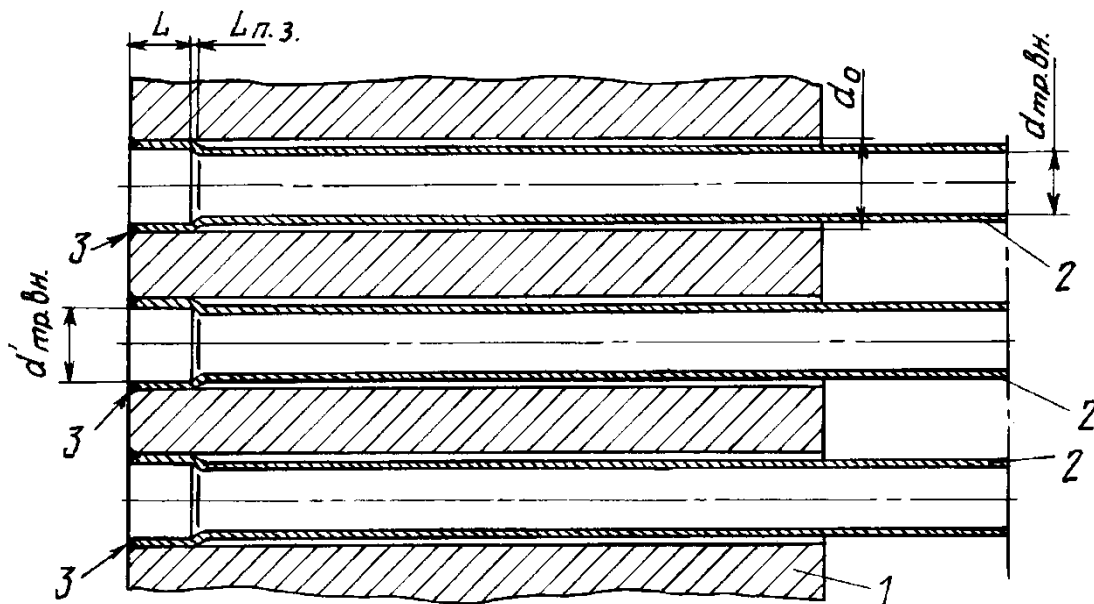
Однако рассматриваемый способ соединения обладает существенными недостатками, из-за которых применение сварки взрывом при изготовлении теплообменников ограничено: во-первых, необходимость согласования с силовыми структурами, что существенно усложняет и удорожает способ; во-вторых, процесс соединения при помощи взрыва очень опасен для окружающих; в-третьих, соединение конструкции следует выполнять на специальном полигоне или в специально оборудованном помещении.

Применение контактной сварки при изготовлении и ремонте теплообменных узлов позволяет: во-первых, существенно повысить качество и герметичность соединения по сравнению с развальцовкой; во-вторых, повышается производительность процесса соединения труб с трубными решетками по сравнению с развальцовкой; в-третьих, не требуется присадочного материала по сравнению с дуговой сваркой; в-четвёртых, высокая стабильность качества соединения по сравнению с развальцовкой.

Применение контактной сварки при изготовлении теплообменных узлов ограничивается из-за следующих её недостатков: значительная нагрузка на электрическую сеть при осуществлении способа, малая усталостная прочность получаемых соединений, сложность управления процессом в режиме реального времени, сложность применяемого оборудования – требуется специализированная контактная сварочная машина.

Самое высокое качество соединения получается при комбинированном способе сварки с развальцовкой, представленном на рисунке 7. В этом случае развальцовка, если она выполняется до сварки, позволяет устранить зазор

между трубой и трубной доской. Если развальцовку выполнять после сварки, происходит уплотнение металла сварного шва и снижение остаточных напряжений, что существенно повышает работоспособность соединения в условиях действия знакопеременных нагрузок.



1 – трубная доска; 2 – трубка теплообменника; 3 – сварной шов

Рисунок 7 - Комбинированный способ сварки труб с трубной доской

Имеющиеся недостатки комбинированного способа соединения ограничивают применение этого способа в промышленности. К первому недостатку следует отнести склонность соединений к образованию пор при сварке. Вторым недостатком является сложность контроля качества, при котором не обнаруживаются не выходящие на поверхность поры и свищи. Третьим недостатком является вероятность получения соединения с малой усталостной прочностью. Четвёртым недостатком является сложность самого процесса, обусловленная наличием как дуговой сварки, так и процесса вальцовки, что обуславливает наличие недостатков, присущих развальцовке.

На основании анализа существующих методов соединения труб в проектом варианте технологии предлагается использовать дуговую сварку без развальцовки, что позволит существенно упростить процесс и повысить его производительность.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе предлагаются мероприятия, позволяющие повысить эффективность сварочных работ при изготовлении теплообменного узла холодильника – конденсатора. При выполнении базовой технологии соединения при установке труб в трубную решетку предусматривается машинная развальцовка, которая имеет следующие недостатки: первый, получаемое соединение «труба – трубная доска» имеет малую прочность по сравнению со сваркой плавлением и другими способами сварки; второй, получаемое соединение имеет меньшую герметичность по сравнению со сваркой плавлением и другими способами сварки.

При анализе альтернативных способов крепления трубы в трубной доске были рассмотрены: сварка взрывом, развальцовка, контактная сварка, дуговая сварка + развальцовка. На основании анализа существующих методов соединения труб в проектом варианте технологии предлагается использовать дуговую сварку без развальцовки.

Для достижения поставленной цели следует решить ряд задач:

- предложить способ дуговой сварки и оборудование для его осуществления, при котором обеспечивается стабильное качество и герметичность соединения «труба – трубная доска»;

- составить проектную технологию сварки с описанием технологических операций и параметров режима;

Выполнение разделов оценочного блока предусматривает решение следующих задач:

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;

- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

2 Проектная технология сварки теплообменного узла холодильника-конденсатора

2.1 Способ и оборудование для сварки неплавящимся электродом

При сварке в аргоне неплавящимся электродом, схема которого представлена на рисунке 8, обеспечивается качественная защита расплавленного и перегретого металла от действия воздуха. Этот способ сварки обеспечивает качественное выполнение корневого слоя шва, позволяет использовать присадочную проволоку различного состава и сечения. В числе недостатков аргонодуговой сварки неплавящимся электродом следует отметить: дороговизну и защитного газа, необходимость обеспечения высокой квалификации персонала, сложность и дороговизну сварочного оборудования, интенсивный износ оборудования при использовании форсированных режимов сварки [15], [24].

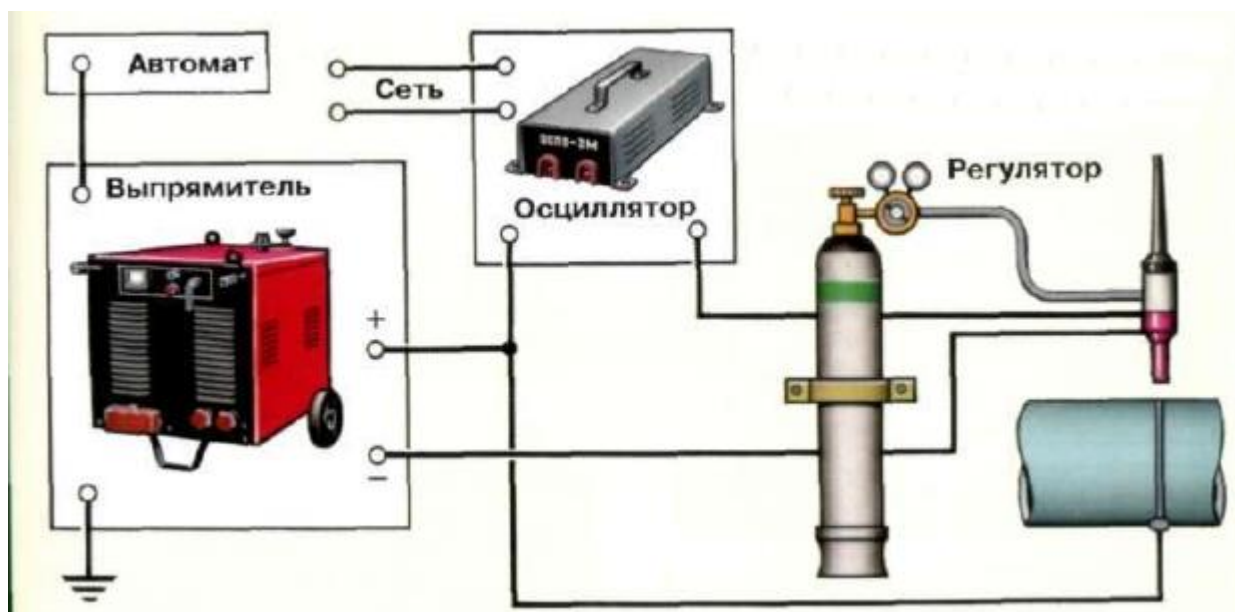


Рисунок 8 – Сварка неплавящимся электродом в защитном газе

Головка сварочная РОС 12-60, представленная на рисунке 9, «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» [3].
- Параметры головки РОС 12-60 представлены в таблице 3

Таблица 3 – 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 9 – Сварочная головка РОС 12-60 для сварки труб в трубную доску

Сварочная головка TIGTRONIC RBK-16, представленная на рисунке 10, «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 Orbites. 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» [19].



Рисунок 10 – Установка TIGTRONIC RBK

Головка TIGTRONIC RBK обладает следующими техническими характеристиками:

- ток сварки – 200 А,
- скорость вращения горелки – 0,33...6 об/мин
- скорость подачи проволоки – 0,15...1,5 м/мин;
- масса катушки с проволокой – 1 кг,
- диаметр ввариваемых труб – 10...78 мм,
- диаметр неплавящегося электрода – 1...3,2 мм [19].

Сварочная головка TIGTRONIC RBK обладает следующими особенностями:

- возможность сварки в вертикальном и горизонтальном положении;

- возможность регулирования угла наклона горелки, который при сварке труб диаметром до 26 мм составляет 30° , а при сварке труб диаметром до 70 мм – 90° ;

- для охлаждения наиболее нагреваемых элементов горелки применяется водяное охлаждение;

- подача охлаждающей воды и защитного газа происходит через специальное поворотное соединение.

2.2 Способ и оборудование для сварки плавящимся электродом в защитных газах

Механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, схема которой представлена на рисунке 11, получила широкое распространение при выполнении сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ сварки продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая отсутствует при сварке под флюсом и ограничена при ручной дуговой сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой порошковой проволокой и сваркой под флюсом.

Несмотря на явные преимущества, сварка в среде защитных газов имеет ряд недостатков. Первым недостатком является интенсивное разбрызгивание при переходе на формированные режимы сварки. Это не только увеличивает расход сварочных материалов, но снижает производительность и ухудшает качество сварки. Вторым недостатком

является опасность возникновения трещин из-за пониженной текучести расплавленного металла. Также следует отметить, что необходимость применения механизма подачи проволоки и газовых баллонов существенно снижает мобильность способа.

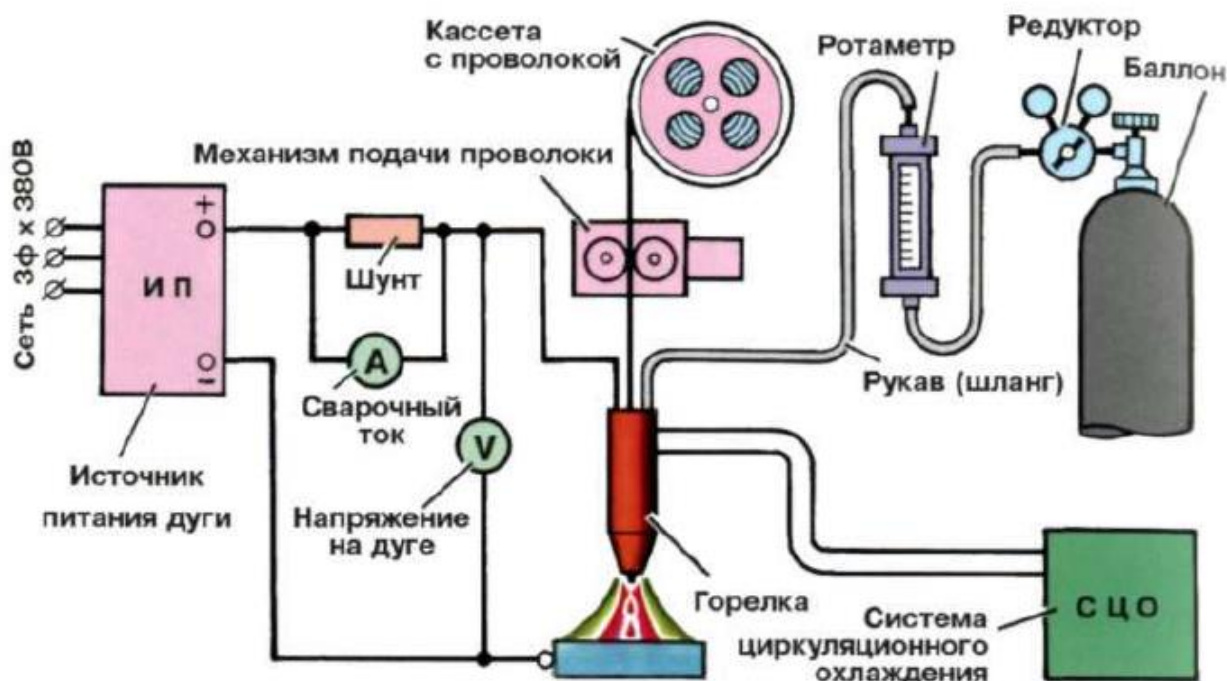


Рисунок 11 – Сварка плавящимся электродом в защитных газах

Значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов посвящено большое количество работ [10], [11], [19], [21], [22], [23]. Показано, что повышение качества и производительности сварки в защитных газах, расширение области её применения возможно при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну.

«Установка ОСА-ПА, представленная на рисунке 12, предназначена для автоматической сварки в средах активных и инертных газов труб в трубные доски при применении проволоки сплошного сечения.



Рисунок 12 - Установка ОСА-ПА (НПП «Технотрон»)

Таблица 4 – 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

Техническими особенностями установки ОСА-ПА являются» [16]:

- возможность сварки соединения «труда-трубная доска» в конструкциях различного назначения;
- высокая производительность сварки, которая приблизительно в 4 раза превышает производительность сварки неплавящимся электродом;
- снижение требований к точности при сборке труб по сравнению со сваркой неплавящимся электродом;

- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- высокое качество сварных соединений, соизмеримое со сваркой неплавящимся электродом.

Параметры установки ОСА-ПА представлены в таблице 4.

«Установка ОСА-ПА надёжна и проста в эксплуатации и обслуживании. Производитель даёт заводскую гарантию 1 год. Существует возможность поставки установки со свидетельством о первичной аттестации НАКС» [16].

Установка АС307 производства НПФ «НАВКО-ТЕХ», представленная на рисунке 13, «состоит из основания, колонны, шарнирного манипулятора, приспособления для сборки, механизма подъёма-опускания горелки, механизмов вращения горелки, механизма подачи проволоки с катушкой проволоки, корректора положения сварочной горелки и грелки, центриатора, пульта оператора и блока управления, а также сварочного источника питания» [6].

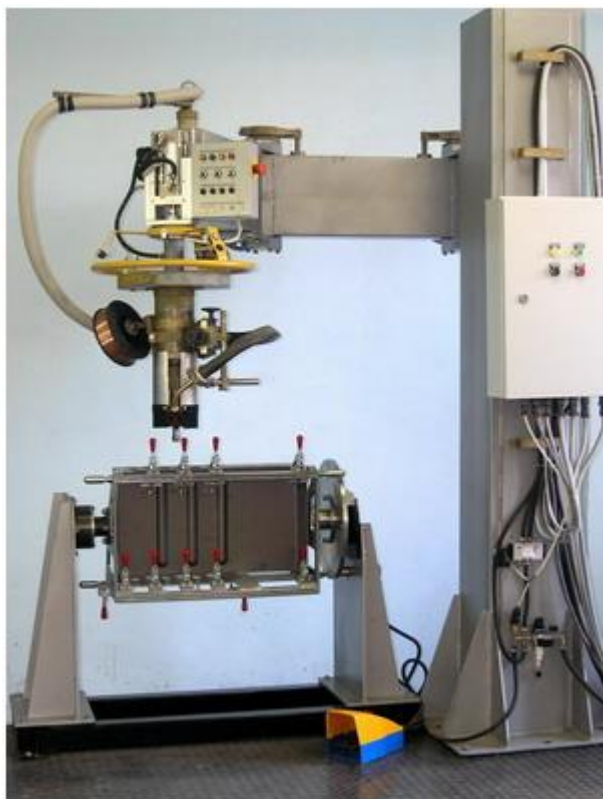


Рисунок 13 - Установка АС307 (НАВКО-ТЕХ)

Установка АС307 выгодно отличается от аналогов благодаря особенностям своей конструкции.

«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» [6].

Установка спроектирована таким образом, чтобы минимизировать усилия сварщика, затрачиваемые на маршевые перемещения сварочной головки.

Регулировка параметров режима сварки может быть осуществлена как дискретно, так и плавно.

Наличие быстродействующих прижимов позволяет существенно уменьшить время на выполнение вспомогательных операций, упрощается сборка и кантова изделия.

Программа управления установкой позволяет выполнять прихватку труб и последующую их обварку. В общем случае работа происходит по следующему алгоритму: позиционирование горелки относительно изделия, возбуждение сварочной дуги при неподвижной горелке, перемещение сварочной горелки с заданной скоростью, заварка кратера, возврат горелки в исходную точку с максимальной скоростью перемещения.

2.3 Описание операций проектного технологического процесса

Раскрой заготовок выполняется с применением плазменной резки, для чего предложено использовать представленный на рисунке 14 аппарат плазменной резки ПУРМ-140 отечественного производства. Принятые параметры режима плазменной резки: 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» [12].



Рисунок 14 – Аппарат плазменной резки ПУРМ-140

«При проведении операции правки трубных досок будем применять правильную машину МЛЧ 1725, представленную на рисунке 15. Данная установка предназначена для операции правки толстолистового 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» [12].

После операции установки «труб жесткости» и дальнейшей проверки каркаса секции по геометрическим размерам выполняется набор труб секции, как показано на рисунке 16.

«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» [12].



Рисунок 15 – Машина листопрямительная МЛЧ 1725



Рисунок 16 – Сборка труб и трубных досок

«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 заглублиение трубы не больше 0,5 мм» [12].

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

Основное предназначение установки, представленной на рисунке 17 – автоматическая сварка труб в трубные доски проволокой сплошного сечения в средах активных и инертных защитных газов.

«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:

- в нижнем положении швов при пневматическом давлении 130 кПа;
- опрессовкой воздухом при давлении 130 кПа;
- испытанием керосином» [12].

Контроль качества сварки соединения «труба-трубная доска» показан на рисунке 18.



Рисунок 17 – Сварка труб на установке ОСА-ПА



Рисунок 18 – Проведение цветной дефектоскопии при контроле качества сварки теплообменных узлов

«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 сигнальным индикаторам» [12].

Испытание керосином может быть признано самым универсальным методом контроля качества применительно к рассматриваемому изделию – соединению труб с трубными решётками. Как показывает практика керосиновых проб при контроле теплообменных узлов, если установить секцию под углом 15...20 градусов и обильно её полить керосином, достоверность результатов испытаний не уменьшится по сравнению с нижним положением теплообменного узла. Но при этом становится возможным обойтись без кантования секции, а условия для визуального осмотра узла значительно улучшаются.

Выводы по второму разделу

В ходе выполнения второго раздела выпускной квалификационной работы рассмотрены способы дуговой сварки труб в теплообменниках и оборудование для их осуществления.

На основании проведённого литературного исследования предложено для построения проектной технологии применить сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения с использованием установки ОСА-ПА производства НПП «ТехноТрон».

Составлена проектная технология, предусматривающая выполнение следующих операций:

- подготовка трубных досок и труб;
- установка и сварка "маятниковых труб";
- установка и сварка труб;
- контроль качества сварки.

После решения поставленных задач воспоследует оценочный блок, где будут проведены следующие работы:

- выполнить оценку предложенных в исполнительском разделе технологических решений на предмет отрицательного влияния на здоровье персонала и окружающую среду;
- выполнить оценку предложенных технологических решений с точки зрения получения потенциального экономического эффекта.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при выполнении соединения «труба-трубная доска» при производстве теплообменных агрегатов.

На основании проведённого литературного исследования предложено для построения проектной технологии применить сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения с использованием установки ОСА-ПА производства НПП «ТехноТрон».

Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям. Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, приведённых в таблице 5:

- подготовка трубных досок и труб;
- установка и сварка "маятниковых труб";
- установка и сварка труб;
- контроль качества сварки.

Таблица 5 – Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1. Подготовка трубных досок и труб	-слесарь-сборщик, - сварщик на автоматических машинах	- аппарат плазменной резки ПУРМ-140, - правильная машина МЛЧ-1725, - шлифмашинка	- вода техническая, - воздух сжатый
2. Установка и сварка "маятниковых труб"	-слесарь-сборщик, - сварщик на автоматических машинах	- источник питания, - комплекс ОСА-ПА, - теодолит, - винтовые зажимы , - направляющий пруток	- углекислый газ - сварочная проволока
3. Установка и сварка труб	сварщик на автоматических машинах	- источник питания, - комплекс ОСА-ПА, - теодолит, - винтовые зажимы, - направляющий пруток	- углекислый газ - сварочная проволока
4. Контроль качества сварки	дефектоскопист	- пульверизатор, - установка для пневмоиспытаний	- керосин, - меловой раствор - краска "Судан-III"

На основании анализа данных таблицы 5 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов, которые сопровождают каждую операцию технологического процесса.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, что отражено в таблице 6.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового

процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
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 	<ul style="list-style-type: none"> - аппарат плазменной резки ПУРМ-140, - правильная машина МЛЧ-1725, - 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 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания, - комплекс ОСА-ПА, - теодолит, - винтовые зажимы , - направляющий пруток
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; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания, - комплекс ОСА-ПА, - теодолит, - винтовые зажимы, - направляющий пруток
4. Контроль качества сварки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - пульверизатор, - установка для пневмоиспытаний

Таким образом, выделено семь негативных производственных факторов:

- 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.

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

На основании идентифицированных профессиональных рисков, возникающих при реализации проектной технологии, возможен последующий их анализ и выработка решений по их снижению до приемлемого уровня, приведённые в таблице 7.

Применяемыми стандартными приёмами являются: проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности, размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек, применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону, применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха, применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне, организация защитного заземления, периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи.

Таблица 7 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	- размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; - проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	- применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; - размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	- применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; - применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	- организация защитного заземления; - проведение периодического инструктажа по технике безопасности; - периодический контрольный замер изоляции; - периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	- проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности; - механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	- применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	- применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда

Таким образом, анализ данных таблицы 7 позволяет заключить, что устранение или снижение до приемлемого уровня профессиональных рисков возможно стандартными для производства приёмами.

Таким образом, реализация в производстве проектной технологии, операции которой подробно описаны в настоящей выпускной квалификационной работе, сопровождается опасными и вредными производственными факторами. Источниками этих опасных и вредных производственных факторов является применяемое технологическое оборудование и другие объекты производства. Эти источники были приведены и проанализированы выше при идентификации опасных и вредных производственных факторов.

На основании анализа профессиональных рисков, возникающих при воздействии описанных производственных факторов предложены стандартные мероприятия и средства защиты, которые позволяют полностью устранить влияние опасного фактора. Приведённые мероприятия и меры защиты позволили также снизить влияние вредных производственных факторов до приемлемого уровня.

Предложенные меры позволили исключить травматизм при реализации проектного технологического процесса и защитить работника от получения профессиональных заболеваний.

Однако осуществление проектной технологии предусматривает не только возникновение опасных и вредных факторов, влияющих на участников производственного процесса. Негативному воздействию подвергается окружающая среда. Таким образом, технологический процесс может представлять угрозу за счёт возникновения неблагоприятных экологических факторов (загрязнение воздуха, гидросферы и литосферы).

Кроме того, нормальное протекание технологического процесса может нарушаться при возникновении пожара, который становится ещё одним фактором отрицательного влияния на окружающую среду и участников производства (работающий персонал, производственные здания и оборудование).

Изучению вопроса экологической и пожарной безопасности посвящена вторая половина настоящего раздела выпускной квалификационной работы.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 8, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 9.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 10.

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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 полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, 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, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 9 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Таблица 10 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки (механизированная и автоматическая сварка)	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.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Таблица 11 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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
Сборка и сварка (механизованная и автоматическая сварка)	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 12 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя 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.

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 11 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 12.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки теплообменных аппаратов.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки с применением механизированной сварки в среде защитных газов позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности сварки теплообменных аппаратов. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной и автоматической сварки проволокой сплошного сечения в защитном газе.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: подготовка трубных досок и труб, установка и сварка "маятниковых труб", установка и сварка труб, контроль качества сварки.

.При выполнении базовой технологии сварки применяется вальцовка и сварка. В проектной технологии предложено применить механизированную и автоматическую сварку в защитном газе с импульсным управлением дугой, что повышает качество выполнения соединений и позволяет отказаться от вальцовки.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 13.

Таблица 13 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса:	$Ц_{об}$	Руб.	200 тыс.	400 тыс.
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	24	50
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_а$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	20	20
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

Представленные в таблице 13 исходные данные для выполнения расчётов по проектной и базовой технологиям позволяют в дальнейшем оценить технологическую себестоимость проектного и базового варианта, капитальные затраты по вариантам технологии и рассчитать показатели экономической эффективности.

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд

времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных согласно таблице 13: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{см} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{п} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{п} = 1$ час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7$ %:

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{э} = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат

времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{\text{маш}}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{\text{всп}}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{\text{обсл}}$; времени $t_{\text{отд}}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{\text{п-з}}$:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} + t_{\text{п-з}}. \quad (3)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{\text{шт.баз}} = 64,46 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 78 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 26,45 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 32 \text{ ч.}$$

Годовая программа Π_{Γ} выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ и согласно (3) штучного времени $t_{\text{шт}}$:

$$\Pi_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

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

$$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/32 = 54 \text{ узлов за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 100$ стыков в год.

При этом необходимое количество $n_{\text{расч}}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{\text{вн}}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{\text{вн}} = 1,03$):

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (5)$$

Требуемое количество оборудования $n_{\text{расч}}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{78 \cdot 50}{2054 \cdot 1,03} = 1,8, \quad n_{\text{РАСЧ.ПП}} = \frac{32 \cdot 50}{2054 \cdot 1,03} = 0,8.$$

Необходимое количество оборудования $n_{\text{пр}}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для проектного варианта технологии ($n_{\text{пр}} = 1$) и две единицы оборудования для базового варианта технологии ($n_{\text{баз}} = 2$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 1,8/2 = 0,9, \quad K_{3п} = 0,8/1 = 0,8.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При механизированной и автоматической сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитный газ и сварочная проволока.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = (1280 + 2200) \cdot 1,05 + 20\% = 4390 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = (1280 + 2200) \cdot 1,05 = 3650 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

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

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

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12\%$):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (9)$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 29238 \cdot 12 / 100 = 3509 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 12032 \cdot 12 / 100 = 1444 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 29238 + 3509 = 32747 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 12032 + 1444 = 13476 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сс}_{\text{баз.}}} = 32747 \cdot 34 / 100 = 11134 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сс}_{\text{проектн.}}} = 13476 \cdot 34 / 100 = 4582 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{\text{об}}$ на амортизацию и $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{эз}}. \quad (11)$$

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 78 / 2054 / 100 = 1633 \text{ руб.},$$

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

Расходы $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$ для предприятий, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и КПД оборудования:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{ээ баз}} = 24 \cdot 78 \cdot 3,2 / 0,7 = 8076 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 50 \cdot 32 \cdot 3,2 / 0,85 = 5685 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$З_{\text{об баз}} = 1633 + 8076 = 9709 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 1340 + 5685 = 7025 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $З_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 4390 + 32747 + 11134 + 9709 = 57980 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 3650 + 13476 + 4582 + 7025 = 28733 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 57980 + 1,5 \cdot 29238 = 57980 + 43857 = 101837 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 28733 + 1,5 \cdot 12032 = 28733 + 18048 = 46781 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость «по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 101837 + 1,15 \cdot 29238 = 101837 + 33623 = 135460 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 46781 + 1,15 \cdot 12032 = 46781 + 13837 = 60618 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 14.

Таблица 14 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	M	4390	3650
2. Фонд заработной платы	$\Phi ЗП$	32747	13476
3. Отчисления на соц. нужды	$O_{\text{сн}}$	11134	4582
4. Затраты на оборудование	$Z_{\text{об}}$	9709	7025
5. Технологическая себестоимость	$C_{\text{тех}}$	57980	28733
6. Цеховые расходы	$P_{\text{цех}}$	43857	18048
7. Цеховая себестоимость	$C_{\text{цех}}$	101837	46781
8. Заводские расходы	$P_{\text{зав}}$	33623	13837
9. Заводская себестоимость	$C_{\text{зав}}$	135460	60618

Данные таблицы позволяют судить об экономической эффективности проектной технологии» [8]. Таким образом, на основании данных таблицы 12

можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость сварки.

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $\Pi_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$\Pi_{\text{об.баз.}} = 200000 - (200000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 114000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{общ.баз.}} = 2 \cdot 114000 \cdot 0,9 = 205200 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$, вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих вложений $K_{\text{соп.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Капитальные вложения $K_{\text{об. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$, коэффициента транспортно-заготовительных

расходов $K_{ТЗ}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ по проектному варианту:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп}. \quad (20)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

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

Сопутствующие капитальные вложения $K_{соп.}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{дем}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{монт}$ проектного оборудования:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (21)$$

Расходы на демонтаж $K_{дем}$ и монтаж $K_{монт}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $Ц_{б}$ и $Ц_{пр}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{д}$ и $K_{м}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д}, \quad (22)$$

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (23)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{общ.пр.} = 336000 + 30000 = 366000 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{доп}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{общ.пр.}$ и $K_{общ.б.}$ для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} \quad (24)$$

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

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы Π_{Γ} :

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

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

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

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{\text{шт.б.}}$ и $t_{\text{шт.пр.}}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПр}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

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

Расчёт повышения производительности труда Π_{Γ} при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$:

$$\Pi_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

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

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{57980 - 28733}{57980} \cdot 100\% = 50\%$$

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot P_T \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (135460 - 60618) \cdot 50 = 3742100 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{ДОП}}}{\text{Э}_{\text{УГ}}} \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = 160800 / 3742100 = 0,3 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$, получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{уг} - E_H \cdot K_{доп} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_Г = 3742100 - 0,33 \cdot 160800 = 3689036 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной и автоматической сварки в защитном газе порошковой сплошного сечения с импульсным управлением дугой. Это позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 59 %, повышение производительности труда на 144 %, уменьшение технологической себестоимости на 50 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 3,742 млн. рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 3,689 млн. рублей.

Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при изготовлении теплообменного узла холодильника – конденсатора.

Анализ преимуществ и недостатков возможных способов сварки позволил обосновать выбор механизированной и автоматической сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах при построении проектной технологии сварки теплообменного узла.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: подготовка трубных досок и труб, установка и сварка "маятниковых труб", установка и сварка труб, контроль качества сварки.

На основании проведенного литературного исследования предложено для построения проектной технологии применить сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения с использованием установки ОСА-ПА производства НПП «ТехноТрон».

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 3,689 млн. рублей.

Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Полученные результаты предлагается внедрить при сварке теплообменных узлов химической аппаратуры.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Баклистов А. М., В.А. Горбенко В. А., Удыма П. Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок. М. : Энергоиздат, 1981. 336 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
3. Бутенко Ю., Беликов А. Внедрение опыта компании «ЭСАБ» в дуговой сварке компонентов газовых турбин на предприятии «Зоря-Машпроект» // Сварщик. 2010. № 1. С. 16–19.
4. Бородулин Г. М., Мошкевич Е. И. Нержавеющая сталь. М. : Металлургия, 1973. 320 с.
5. Бродов Ю. М. О необходимости комплексного обоснования разработок по совершенствованию энергетических теплообменных аппаратов // Изв. Литовской АН. Энергетика. 1991. № 2. С. 34–45.
6. Дубовецкий С. В., Можяев С. В. Автоматические установки для дуговой сварки теплообменников // Сварщик. 2007. № 1. С. 20–21.
7. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра : учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2014. 52 с.
8. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
9. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
10. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
11. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнолопя, 2007. 192 с.

12. 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. Том 1. С. 55–58.

13. Раевский В. А., Царьков А. В. Оптимизация режимов сварки трубных досок теплообменных аппаратов методами компьютерного моделирования // Сварочное производство. 2007. № 1. С.15–21.

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

15. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. М.: Машиностроение, 1978. Том 2 / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.

16. Серьезное оборудование для серьезной работы : каталог оборудования НПП «Технотрон». М. : Машиностроение, 2006. 17 с.

17. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : издательство ТГУ, 2007. 301 с.

18. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

19. Тукаев Р. Ф., Ибрагимов И. Г., Файрушин А. М., Сисанбаев А. В. Сравнительный анализ сварных швов в узле «труба – трубная решетка» кожухотрубчатого теплообменного аппарата из жаропрочной стали 15X5M полученных различными способами сварки // Нефтегазовое дело. 2013. № 5. С. 363–375.

20. Черноморов М. И. Полуавтомат для сварки труб с трубными досками малогабаритных теплообменников // Автоматическая сварка. 2001. № 10. С. 31–32.

21. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.
22. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.
23. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.
24. Survey on the application of pulsed currents with the TIG process // Welding World. 1980. № 3/4. P. 61–66.