

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)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сварки теплообменного узла кожухотрубчатого
конденсатора

Студент

И.А. Королёв

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

При производстве изопрена используются химические установки, основным элементом которых является кожухотрубчатый конденсатор, который может считаться одним из самых ответственных узлов. Стабильность работы кожухотрубчатого конденсатора и его исправное состояние в значительной мере определяет работоспособность всего аппарата и качество выходящего продукта. Затраты на поддержание стабильной работы конденсатора окупаются в скором времени и позволяют получать значительный экономический эффект за счёт снижения времени и количества простоев.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение качества и производительности при изготовлении теплообменного узла в соединении «труба – трубная доска».

В работе решались задачи обоснованного выбора способа соединения, промышленного оборудования, построения технологического процесса сборки и сварки, оценки экологической безопасности и экономической эффективности.

Производительность труда повышается на 144 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 50 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,69 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Представленные результаты предлагаются к использованию на предприятиях, выполняющих сборку и сварку теплообменного оборудования.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварочных технологий при изготовлении теплообменного узла кожухотрубчатых конденсаторов.	7
1.1 Описание конструкции изделия и особенности его эксплуатации.	7
1.2 Сведения о материале изделия	10
1.3 Описание базового варианта соединения.	13
1.4 Анализ альтернативных способов соединения труб с трубной доской.	15
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	18
2 Построение проектной технологии сварки теплообменного узла конденсатора.	19
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	19
2.2 Описание операций технологического процесса.	25
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	30
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	30
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	32
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	34
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	35
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	37
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	39
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной	

технологиям.	39
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	41
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	42
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	44
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	48
4.6 Показатели экономической эффективности.	50
Заключение	52
Список используемой литературы и используемых источников.	54

Введение

В настоящее время наблюдается рост потребности мирового производителя в химическом сырье. В частности, увеличивается потребление изопрена [1], [8], который является одним из основных экспортных товаров, производство которых налажено российскими химическими предприятиями. Устойчивое развитие российской промышленности, которое было обеспечено в последнее десятилетие, позволило выдвигать оптимистические прогнозы [24]. Появившиеся на мировом рынке новые синтетические каучуки требуют применения всё более возрастающих объёмов изопрена.

Предприятиями Российской Федерации налажен выпуск изопрена диоксановым методом (ООО «Тольяттикаучук») и прямого синтеза (ОАО «Ниэнекамскнефтехим») [19].

При производстве изопрена используются химические установки, основным элементом которых является кожухотрубчатый конденсатор, который может считаться одним из самых ответственных узлов. Стабильность работы кожухотрубчатого конденсатора и его исправное состояние в значительной мере определяет работоспособность всего аппарата и качество выходящего продукта. Затраты на поддержание стабильной работы конденсатора окупаются в скором времени и позволяют получать значительный экономический эффект за счёт снижения времени и количества простоев [3], [23].

Термодинамические изменения давления и температуры вызывают образование в теплообменном узле переменных напряжений высокого уровня, которые приводят к ускоренному износу соединения «труба-трубная доска» и заставляет повышать требования к качеству соединений в этом узле.

К сварным швам в месте соединения трубы с трубной доской предъявляются повышенные требования по дефектности, так как теплообменный узел отвечает за работоспособность всего аппарата.

Например, при заглушении 1 % дефектных трубок кпд установки может упасть на 18 % [23].

При изготовлении теплообменных узлов наиболее распространена нержавеющая сталь. При этом следует учесть, что большое количество трубок в теплообменном узле (которое может достигать нескольких тысяч) приводит к значительным затратам трудовых и материальных ресурсов при сварке. При этом, несмотря на применение современных достижений в области сварочных технологий, при сварке труб с трубной доской происходит образование значительного количества дефектов [5], [10], [21].

Приблизительно 26 % всех повреждений в химических аппаратах приходится на теплообменные узлы [22], что говорит о важности соблюдения технологии сварки и повышения стабильности качества. До 25 % повреждений теплообменного узла происходит по причине низкого качества выполнения сварных швов [10], [15]. При отказах, связанных с повреждениями в месте соединения «труба-трубная доска» приходится останавливать работу теплообменного аппарата и заглушать те трубы, которые являются причиной протечек. Это не только трудоёмкий процесс, но и существенно снижающий эксплуатационные характеристики всей установки. Поэтому на практике выполняют замену всего трубного пучка на полностью исправный, а дефектный пучок подвергают ремонту.

Цель работы – повышение качества и производительности при изготовлении теплообменного узла в соединении «труба – трубная доска».

Поставленную цель предполагается достигать за счёт обоснованного выбора способа сварки, позволяющего повысить производительность и качество сварочных работ, а также применения средств механизации и автоматизации сварочных работ. При этом основной упор следует делать на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [12], [16].

1 Современное состояние сварочных технологий при изготовлении теплообменного узла кожухотрубчатых конденсаторов

1.1 Описание конструкции изделия и особенности его эксплуатации

Функциональная схема установки представлена на рисунке 1. В состав установки входят:

- реактор (обозначен на схеме позицией 1);
- сепаратор (обозначен на схеме позицией 3);
- холодильник (обозначен на схеме позицией 6);
- холодильник-конденсатор (обозначен на схеме позицией 7);
- ёмкости-отстойники (обозначены на схеме позицией 8 и 10);
- смеситель (обозначен на схеме позицией 9);
- колонна отгонки изобутилена (обозначена на схеме позицией 11);
- колонна отгонки изопрена (обозначена на схеме позицией 12).

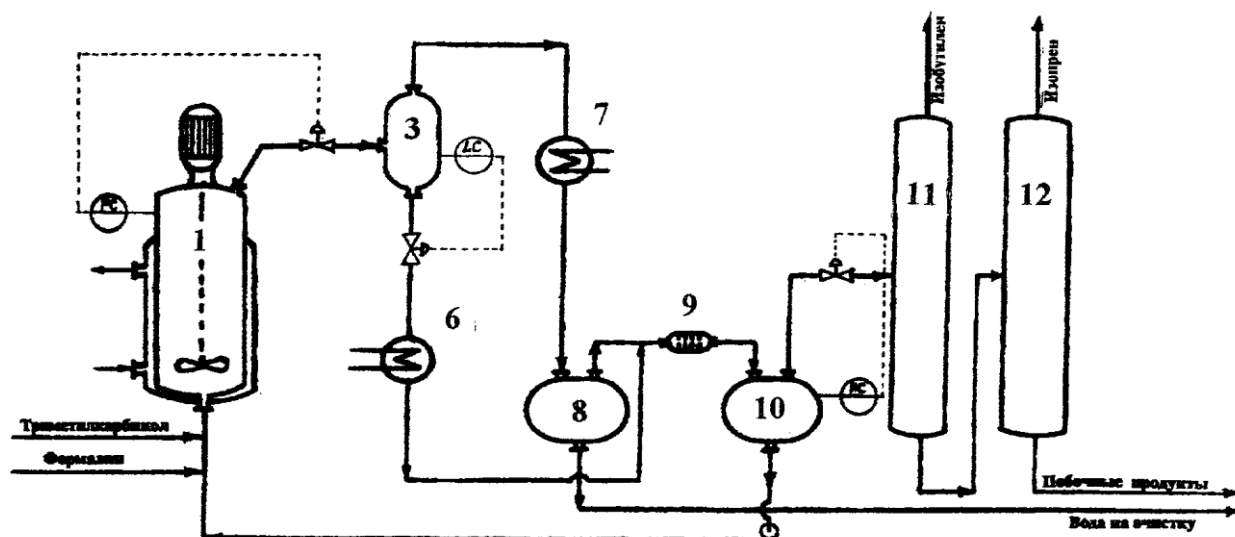


Рисунок 1 – Функциональная схема установки для синтеза изопрена

Холодильник-конденсатор, представленный на рисунке 2, работает по принципу кожухотрубчатого теплообменника. Назначение такого химического аппарата состоит в обеспечении теплового обмена между

жидкими или газообразными средами. Такие аппараты применяются в газовой, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и химической промышленности. Изготовление таких установок освоено российской промышленностью для зарубежных и внутрироссийских поставок.

Кожухотрубчатый теплообменник включает в себя пучки труб, которые герметично закреплены в трубной доске, также в состав теплообменника входят опоры, камеры, кожух и патрубки. Пространство внутри теплообменного аппарата разделено на несколько герметичных камер, при этом процесс теплового обмена может происходить в несколько ходов. На рисунке 3 представлен принцип работы кожухотрубчатого теплообменного аппарата.

Корпус аппарата выполнен в виде трубы, которая изготавливается с применением сварки из нескольких стальных листов. Толщина стенки зависит от давления рабочей среды и принимается не менее 4 мм. Для присоединения днищ и крышек к торцам корпуса приварены фланцы. К наружной поверхности корпуса привариваются опоры. Рассматриваемый конденсатор-холодильник имеет эффективную поверхность теплопередачи 49 м². Тип теплообменного аппарата – вертикальный с неподвижными решётками. Теплообменные трубки имеют диаметр 25 мм и толщину 2 мм. Длина трубок составляет 3 метра. Количество теплообменных трубок составляет 206 штук. Штуцер для подачи продукта в трубное пространство имеет диаметр 125 мм. Штуцеры для подачи в межтрубное пространство имеют диаметр 65 мм и 250 мм.

В состав теплообменного аппарата входят крышка верхняя 4, крышка нижняя 5, корпус 6, прокладка 7, распределительная камера 8, опорные элементы 3, наборы болтов 1 и гаек 2.

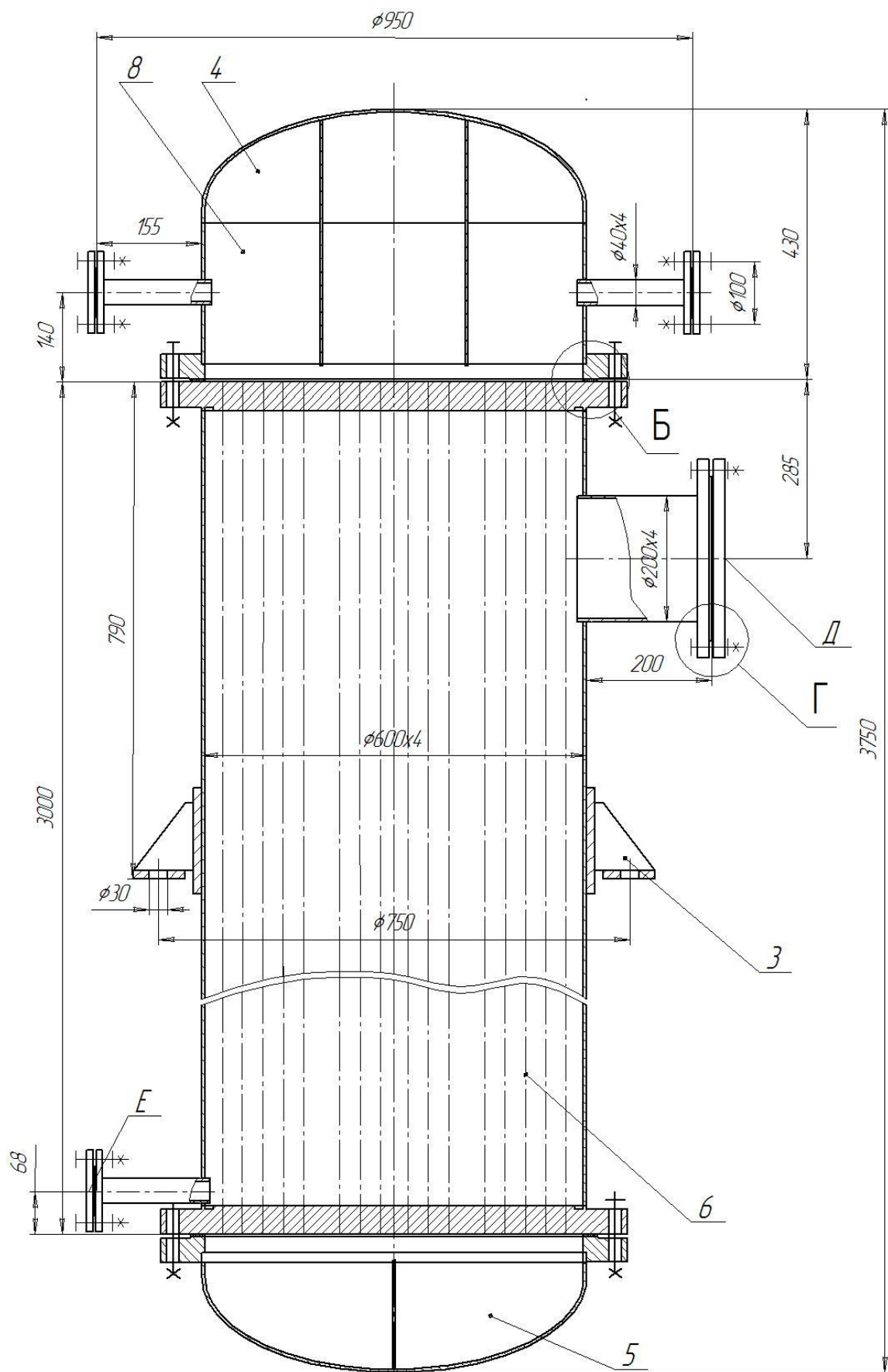


Рисунок 2 – Холодильник-конденсатор в сборе КНВ-600

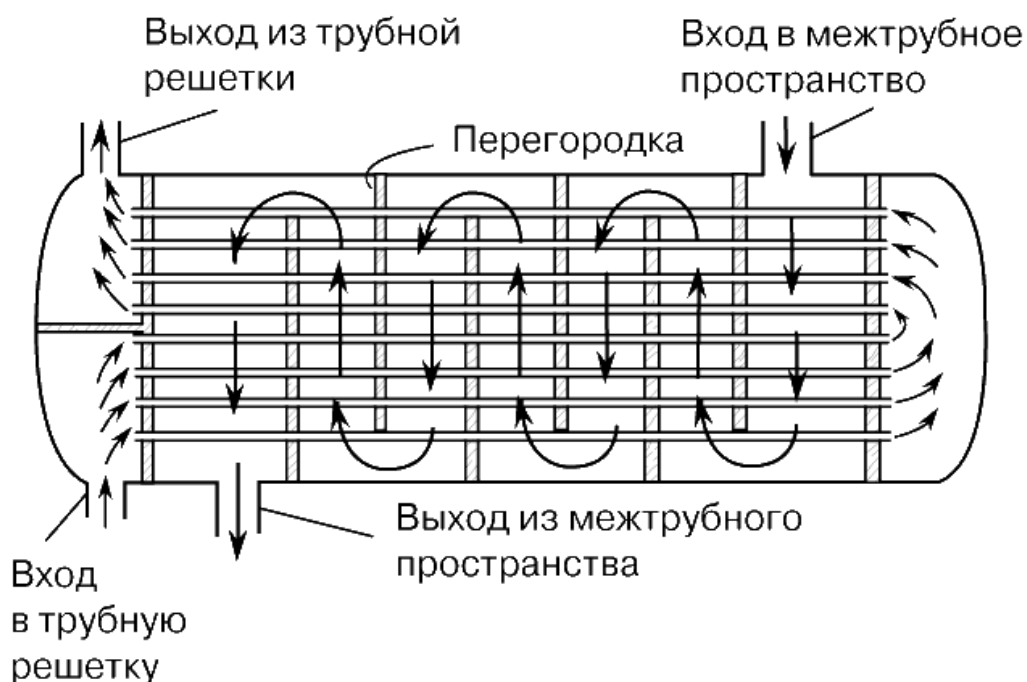


Рисунок 3 – Принцип работы теплообменного аппарата

Рассматриваемый теплообменный аппарат снабжён неподвижными трубными решетками. Для устранения напряжений, возникающих при удлинении теплообменных труб и кожуха применяются гибкие температурные компенсаторы.

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления элементов рассматриваемого теплообменного аппарата применяется сталь 12X18H10T, которая принадлежит классу коррозионностойких жаропрочных сталей. Рассматриваемая сталь нашла применение при изготовлении деталей химических аппаратов, работа которых происходит в условиях воздействия среды с повышенной агрессивностью и при повышенных температурах (печная арматура, муфели, теплообменники и т.д.). Эксплуатация изделий из стали 12X18H10T возможна при температурах от -196 до $+600$ °C и повышенных давлениях. Структура и технологические свойства стали 12X18H10T близки сталям 08X18H10T и 12X18H9T, которые могут рассматриваться как замена

рассматриваемой стали. В структуре стали 12X18H10T отсутствует ферритная фаза или содержание ферритной фазы незначительно, сталь относится к аустенитному классу. В таблице 1 представлено содержание химических элементов в стали 12X18H10T [27], [29].

Таблица 1 – Химический состав в % стали 12X18H10T

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
<0.12	<0.8	<2	9-11	<0.02	<0.035	17-19	<0.3	0,5 – 0,7	остальное

Содержание хрома в стали составляет 17...19 % и обеспечивает высокую коррозионную стойкость за счёт способности металла к пассивации. Содержание никеля в стали составляет 9...11 %, поэтому в структуре наблюдается преобладание аустенита, что обеспечивает благоприятное сочетание эксплуатационных свойств и высокой технологичности стали 12X18H10T. Содержание в стали углерода составляет порядка 0,12 %, что позволяет получить практически полную аустенитную структуру, так как углерод при содержании более 0,08 % обладает аустентообразующим действием.

Высокая совокупная концентрация никеля и хрома позволяет повысить стабильность аустенита. Но при этом следует учитывать, что содержащиеся в стали кремний, алюминий и титан могут способствовать образованию некоторого количества феррита.

При выполнении сварных соединений в конструкциях из стали 12X18H10T приходится преодолевать затруднения в виде образования горячих трещин, межкристаллитной коррозии и охрупчивания околошовной зоны.

Склонность к образованию горячих трещин при сварке объясняется высоким содержанием аустенита в металле сварного шва.

Межкристаллитная коррозия проявляет себя при длительной эксплуатации изделий из стали 12X18H10T и проявляется в виде «ножевой»

коррозии по линии сплавления сварного шва и межкристаллитной коррозии в металле околошовной зоны, который в процессе сварки подвергался нагреву до 450...650 °С.

Охрупчивание околошовной зоны проявляется в снижении пластических свойств основного металла в процессе длительной работы при повышенных температурах. При этом, если металл в процессе сварки нагревался до температур 350...550 °С, то охрупчивание происходит вследствие образования в нём феррита. Если в процессе сварки металл подвергался нагреву до температур 550...850 °С, то охрупчивание происходит вследствие стигматизации [29].

Для того, чтобы обеспечить уменьшение склонности к образованию горячих трещин при сварке стали 12Х18Н10Т, следует поддерживать минимальную длину дуги, а сварку вести без поперечных колебаний. Необходимо выполнять тщательное заплавление кратеров, которые запрещено выводить на основной металл. Кратерные трещины, образовавшиеся при обрыве дуги необходимо полностью зачищать перед возобновлением дуги. Необходимо оптимизировать конструкцию изделия, отдавая предпочтение стыковым соединениям перед тавровыми и нахлесточными соединениями.

Для того, чтобы побороть «ножевую» и межкристаллитную коррозию, необходимо принимать такую последовательность заварки швов, чтобы работающие в условиях коррозионной среды швы выполнялись в последнюю очередь. Также необходимо вести сварку на пониженном токе, применять принудительное охлаждение и повышенную скорость сварки. Сварку следует выполнять без колебаний электродами малого диаметра. Полирование поверхности сварного шва повышает стойкость по отношению к межкристаллитной коррозии [29].

1.3 Описание базового варианта соединения

Текущий ремонт теплообменного узла предусматривает поиск и заглушение трубок, которые в ходе контроля были признаны дефектными. Капитальный ремонт теплообменного узла предусматривает замену трубного пуска или части трубок, если в ходе проведения текущих ремонтов было заглушено более 15 % всех трубок. При выполнении замены заглушенной трубы проводят высверливание трубы из трубной доски и её экстракцию. На место извлечённой трубы помещают новую трубу согласно рисунка 4.

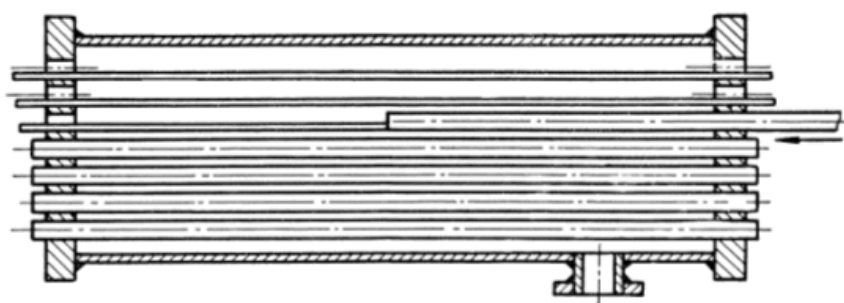
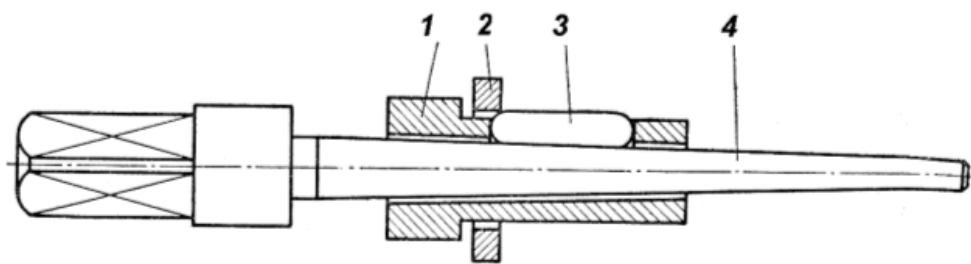


Рисунок 4 – Установка в пучок новой трубы с применением шомпола

Для того, чтобы закрепить трубу в трубном пучке, применяют развальцовку. При этом отжигают конец трубы, обрезают торец и очищают его, удаляя заусенцы и добиваясь металлического блеска. Зачистку конца трубы проводят на расстояние 2...2,5 толщины трубной решётки. Обрезку и зачистку концов труб выполняют с применением специального приспособления, установленного на токарном станке.

При заведении трубы в трубную доску зазор между трубой и трубной доской должен быть не более 0,8 мм. Для развальцовки конца трубы в трубной доске применяют специальный инструмент – вальцовку, которая представлена на рисунке 5. Элементами этого инструмента являются корпус обойма (обозначена на рисунке 5 позицией 1), ограничительная опорная шайба (обозначена на рисунке 5 позицией 2), конические ролики (обозначены на рисунке 5 позицией 3) и конус (обозначен на рисунке 5 позицией 4).



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

Рисунок 5 – Инструмент для развальцовки трубы

Для механизации процесса развальцовки труб в трубной решетке применяется специальная вальцовочная машина, которая представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Специальная вальцовочная машина с электрическим приводом

Преимуществами закрепления труб в трубной решетке при помощи развальцовки имеет ряд преимуществ. Во-первых, простота и малая стоимость процесса. Во-вторых, для выполнения развальцовки не требуется специальных знаний и умений от персонала. В-третьих, простота оборудования обеспечивает простоту его обслуживания.

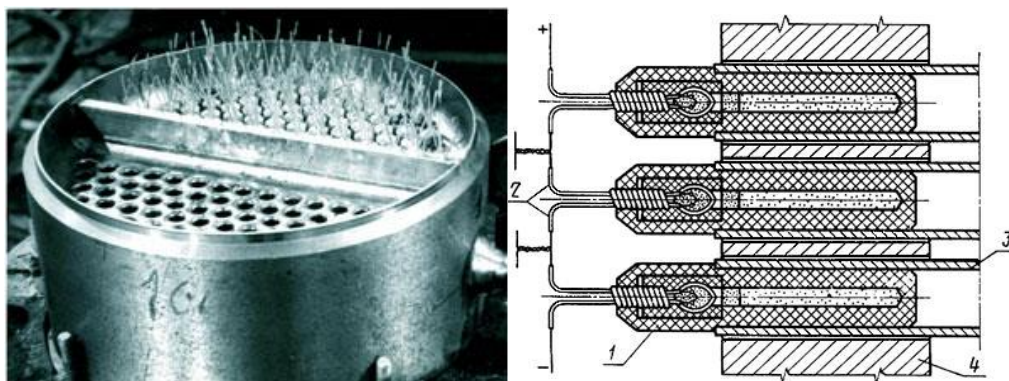
В качестве недостатков базового способа крепления труб в трубном пучке следует отметить, что получаемое соединение обладает малой по сравнению со сваркой прочностью. Также следует указать на недостаточную герметичность соединения, которая может отрицательно сказаться при дальнейшей эксплуатации теплообменного аппарата.

1.4 Анализ альтернативных способов соединения труб с трубной доской

Для закрепления труб в трубной доске помимо развальцовки могут быть применены и другие способы соединений. К ним относят сварку взрывом, контактную сварку, дуговую сварку с развальцовкой.

На рисунке 7 представлено закрепление труб в трубной доске при помощи сварки взрывом. При этом проведение такого процесса требует применение специального полигона или помещения.

В числе преимуществ сварки взрывом следует указать повышение эксплуатационного ресурса теплообменного аппарата, возможность получения соединения в широком спектре материалов, повышение производительности процесса при одновременном закреплении большого числа труб, малую себестоимость и отсутствие необходимости использования специализированного сварочного оборудования.



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

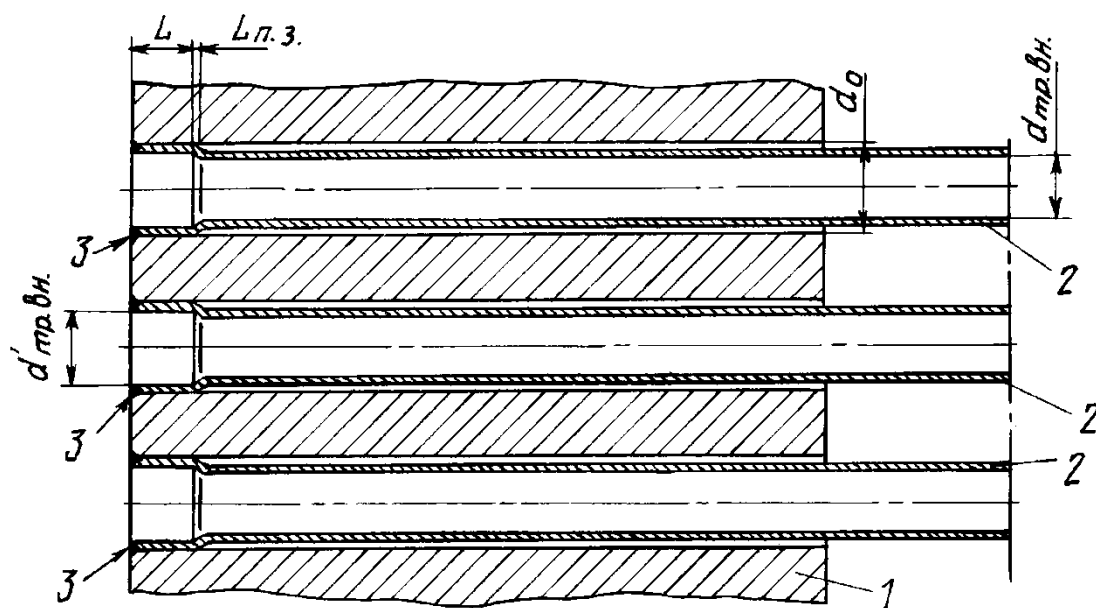
Рисунок 7 – Закрепление труб в трубной доске при помощи сварки взрывом

Несмотря на явные преимущества сварки взрывом при соединении труб с трубными досками этот способ не получает значительного распространения из-за существенных недостатков. Первым недостатком является необходимость согласования проведения работ с силовыми органами, что в настоящих реалиях становится крайне затруднительным и чреватым для всех исполнителей работ. Вторым недостатком является опасность проведения работ для окружающих, поэтому требуется проведение работ в специальных помещениях или на полигоне.

За счёт применения контактной сварки при изготовлении и ремонте теплообменников удаётся существенно повысить производительность работ и качество соединений по сравнению с развальцовкой и дуговой сваркой. Также применение контактной сварки не требует использования присадочного материала, как при дуговой сварке. Герметичность соединений, полученных при помощи контактной сварки, существенно выше, чем при использовании развальцовки.

Однако из-за недостатков контактная сварка мало применяется при изготовлении теплообменников. Первым недостатком является значительная нагрузка на заводскую электрическую сеть, которая приводит к необходимости существенных вложений на модернизацию заводской питающей сети. Вторым недостатком является сложность применяемого оборудования, которое имеет очень специфическую конструкцию и предъявляет серьёзные требования к рабочему персоналу. Третьим недостатком является недостаточная усталостная прочность соединений, которая может сыграть отрицательную роль при длительной эксплуатации теплообменного узла в условиях знакопеременных нагрузок.

Наилучшее качество и самый большой эксплуатационный ресурс имеют соединения, полученные комбинированным способом «развальцовка + сварка», который представлен на рисунке 8. При выполнении развальцовки до сварочных работ устраняется зазор между трубой и трубной доской. При выполнении развальцовки после сварки снижаются остаточные напряжения.



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

Рисунок 8 - Комбинированный способ сварки труб с трубной доской

Таким образом, комбинированный способ «развальцовка + сварка» позволяет существенно повысить качество соединений и эксплуатационные свойства. При этом необходимо считаться с недостатками комбинированного способа. Первым недостатком является пористость при выполнении сварного шва. Вторым недостатком следует указать сложность проведения контроля качества, внешний осмотр не выявляет пор и свищей, если она не выходят на поверхность сварного шва. В качестве третьего недостатка следует указать снижение усталостной прочности соединения из-за значительного тепловложения в зону сварного шва. В качестве пятого недостатка следует указать усложнение процесса по сравнению с другими способами соединения.

При условии, что удастся контролировать энерговыделение в сварное соединение, управлять металлургическими процессам в нем и стабилизировать пространственное положение сварочной дуги, можно проектную технологию строить на базе дуговой сварки. Это позволит значительно упростить процесс, повысить производительность и качество получаемых соединений.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения производительности и качества при ремонте и изготовлении теплообменных аппаратов. В частности, рассматривается процесс соединения трубы с трубной доской. При базовом процессе применяется машинная развальцовка. В качестве недостатков базового способа крепления труб в трубном пучке следует отметить, что получаемое соединение обладает малой по сравнению со сваркой прочностью. Также следует указать на недостаточную герметичность соединения, которая может отрицательно сказаться при дальнейшей эксплуатации теплообменного аппарата.

В ходе анализа состояния вопроса была выполнена оценка применимости альтернативных способов соединения «труба-трубная доска», которая позволила предложить для построения проектной технологии использовать дуговую сварку без развальцовки.

Поставленная цель будет достигнута при условии решения ряда задач.

Первая задача предусматривает выбор способа дуговой сварки при выполнении соединения «труба-трубная доска» и оборудования для его осуществления.

Вторая задача предусматривает составление проектной технологии. Необходимо составить перечень операций технологического процесса, назначить параметры режима, сформулировать требования к выполнению операций.

При выполнении оценочного раздела следует выполнить анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда. Также следует выполнить оценку экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели.

2 Построение проектной технологии сварки теплообменного узла конденсатора

2.1 Обоснование выбора способа сварки

На рисунке 9 представлена схема выполнения аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, которая широко распространена при сварке теплообменных узлов [9], [20], [22].

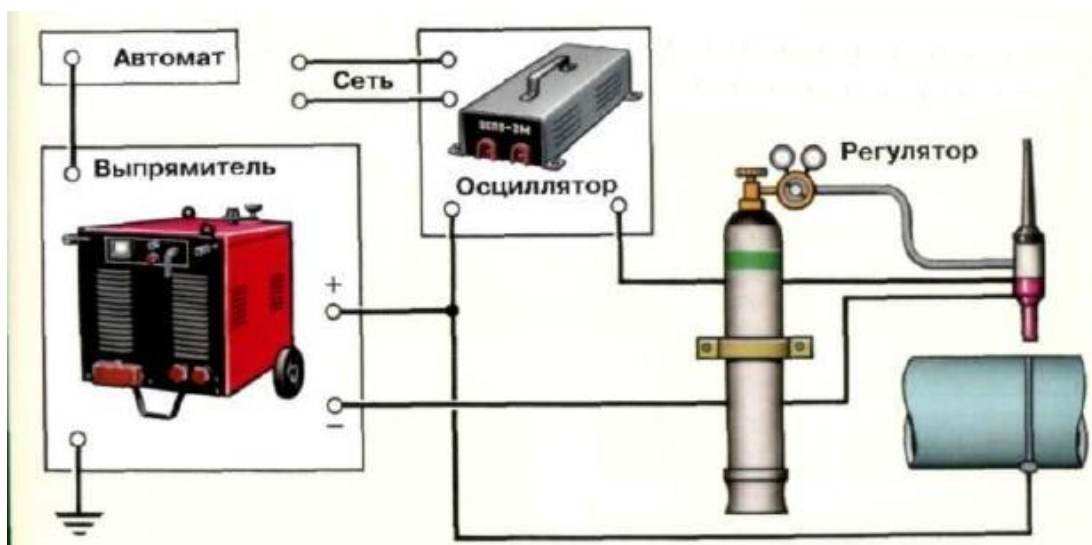


Рисунок 9 – Схема выполнения аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

В числе преимуществ необходимо отметить возможность получения качественной защиты места сварки от вредного воздействия окружающего воздуха. При сварке без зазора, как при выполнении соединения «труба-трубная доска» получается стабильное проплавление и качественная обратная сторона шва. Недостатками способа являются, во-первых, высокая стоимость защитного газа, в качестве которого используются аргон или гелий. Вторым недостатком является повышенные требования к квалификации сварщика, от подготовки которого существенно зависит качество сварного шва. Третьим недостатком является интенсивный износ сопла горелки и вольфрамового электрода при выполнении сварных соединений на форсированных режимах [25], [29].

Для выполнения аргонодуговой сварки неплавящимся электродом теплообменных узлов может быть применена сварочная головка РОС 12-60, которая представлена на рисунке 10-а. Конструкция головки позволяет выполнять сварку труб диаметром от 12 до 60 мм с трубной доской. Головка снабжена подающим механизмом проволоки, что позволяет выполнять сварку как без присадочной проволоки, так и с присадкой. За счёт оригинальной запатентованной конструкции центриатора обеспечивается высокая точность позиционирования электрода относительно свариваемой траектории. В таблице 2 приведены основные параметры технической характеристики головки РОС 12-60 [4].



Рисунок 10 – Сварочная головка РОС 12-60 (а) и TIGTRONIC RBK (б)

Таблица 2 – Характеристика головки РОС 12-60 для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом соединения «труба-трубная доска»

«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» [20]	0,2-4,5

Механизм головки позволяет надёжно фиксировать её относительно соединения «труба-трубная доска». Камерная насадка позволяет повысить эффективность газовой защиты зоны сварки, что может быть особенно полезно при выполнении соединений из титана. Специальная насадка позволяет выполнять сварку по внутреннему контуру трубы.

Для выполнения аргонодуговой сварки неплавящимся электродом может быть применена головка TIGTRONIC RBK-16, которая представлена на рисунке 10-б. Производителем оборудования является фирма Orbites, которая оснащает своё оборудование необходимыми сварочными источниками и контроллерами. Головка позволяет выполнять сварку труб диаметром от 10 до 80 мм с трубной доской. При этом подающий механизм и контроллер обеспечивают сварку как без присадки, так и с присадочной проволокой. При этом масса проволоки на катушке может составлять до 1 кг. Конструкция сварочной головки позволяет выполнять соединения в условиях ограниченного пространства.

Сварочный ток может быть увеличен до 200 А при диаметре неплавящегося электрода от 1 до 3,2 мм. Скорость сварки обеспечивается от 0,33 до 6 замкнутых швов в минуту.

Охлаждение наиболее нагруженных узлов головки выполняется с применением водяного охлаждения. Защитный газ и охлаждающая вода подаются в головку через специальное поворотное сочленение. Конструкция головки позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях, при этом наклон горелки регулируется в диапазоне от 30 до 90 градусов.

При выполнении соединения «труба-трубная доска» может применяться сварка в защитных газах плавящимся электродом, схема выполнения которой представлена на рисунке 11. Этот способ позволяет существенно повысить производительность сварки и снизить её себестоимость по сравнению с аргонодуговой варкой неплавящимся электродом. Исследования в области управления сварочными процессами позволили существенно стабилизировать пространственное положение сварочной дуги, обеспечить благоприятное протекание металлургических процессов и получить качество сварного шва, соизмеримое со сваркой неплавящимся электродом при значительном увеличении проплавления [17], [18].



Рисунок 11 – Схема выполнения сварки плавящимся электродом в защитных газах

На рисунке 12 представлена установка ОСА-ПА производства НПП «Технотрон», которая предназначена для выполнения соединения «труда-трубная доска» проволокой сплошного сечения. При этом в качестве защитного газа может быть использован как углекислый газ, так и аргон. В таблице 3 приведена характеристика установки.



Рисунок 12 - Установка ОСА-ПА

Таблица 3 – Характеристика установки ОСА-ПА для сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах соединения «труба-трубная доска»

«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	8
головки	5
блока управления	44
источника	
Диапазон рабочих температур, С	От - 40 до + 40
Масса, кг	29
Габаритные размеры, мм» [26]	505x225x435

Конструкция установки ОСА-ПА позволяет выполнять сварку соединения «труба-трубная доска» в различных пространственных положениях. При этом производительность способа сварки превышает производительность сварки неплавящимся электродом в четыре раза. По сравнению со сваркой неплавящимся электродом снижаются требования к точности сборки и подготовки кромок труб перед сваркой. Качество получаемых соединений соизмеримо с качеством соединений, полученных при помощи аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

Также для выполнения соединения «труба-трубная доска» с применением сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения может быть использована установка АС-307 производства НПФ «Навко-ТЕХ», которая представлена на рисунке 13.

В состав установки входит сварочная колонна, манипулятор изделия, сварочная головка с механизмом подачи проволоки и газа, система управления и источник питания. Конструкция колонны позволяет закреплять сварочную головку и перемещать её вертикально и горизонтально относительно изделия с высокой точностью.

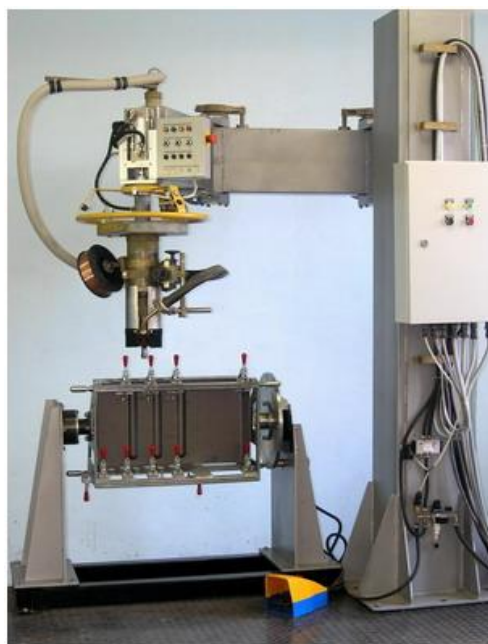


Рисунок 13 - Установка АС307 (НАВКО-ТЕХ)

Конструкция установки позволяет максимально снизить нагрузку на сварщика, получая соединения высокого качества за счёт одновременного позиционирования изделия и сварочной головки, что обеспечивает оптимальное положение при выполнении сварки.

На основании проведенного анализа способов сварки предлагается для построения проектной технологии выполнения соединения «труба-трубная доска» применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, которая реализуется при помощи установки ОСА-ПА производства НПП «Технотрон».

Применяемый в установке импульсный источник питания DC-400 и контроллер позволяют обеспечить импульсное управление, реализовать преимущества сварки в защитных газах и уменьшить её недостатки:

- происходит существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- при сварке в различных положениях повышается стабильность горения дуги и качество выполнения сварных швов;

- существенно повышается качество сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшается проплавляющая способность дуги;
- протекание металлургических процессов при кристаллизации сварного шва носит более благоприятный характер, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

2.2 Описание операций технологического процесса

Подготовку трубной доски предлагается выполнять с применением плазменной резки. Для этого предлагается использовать установку ПУРМ-140, которая представлена на рисунке 14. Резку выполняем при токе 100...140 А, напряжении 110...115 В. Требуемая точность реза обеспечивается при скорости реза 20...25 мм/с. После реза обеспечивается высокое качество кромок, волнистость края не превышает 2 мм. В противном случае необходимо обработать кромку с применением шлифовальной машинки. В случае обнаружения на кромке выхвата, его следует удалить при помощи ручной дуговой сварки и зачистить шлифовальной машинкой.



Рисунок 14 – Установка плазменной резки ПУРМ-140

Правку трудной доски предлагается выполнять на правильной ашине МЛЧ-1725, которая представлена на рисунке 15. Количество валков составляет 9 штук, скорость правки составляет 9 метров в минуту.



Рисунок 15 – Машина для правки трубных досок МЛЧ-1725

При наборе труб в секции выполняют установку маятниковых труб, которые обеспечивают точность последующей сборки всего трубного пучка. Для этого привлекается два оператора, первый оператор проталкивает трубу через отверстие в верхней доске, а второй оператор принимает трубу в отверстии в нижней доске. При установке труб необходимо учитывать, что они могут иметь остаточный прогиб, из-за которого затруднена подача труб в оба отверстия. Для этого применяется шомпол.

Установку труб выполняют заподлицо с трубной доской, допускается заглобление или выступ трубы за поверхность доски не более 0,5 мм. Далее выполняют обварку концов труб.

При установке маятниковых труб в трубные доски должна обеспечиваться параллельность досок. Отклонение от параллельности должно составлять не более 4 мм. Зазор между трубой и трубной доской должен быть не более 0,6 мм.

На рисунке 16 представлена сборка труб и трубных досок. Для сварки применяется установка ОСА-ПА производства НПП «Технотрон». Процесс сварки представлен на рисунке 17.



Рисунок 16 – Установка труб в трубных досках



Рисунок 17 – Сварка труб с трубной доской с использованием установки ОСА-ПА

При сварке устанавливаются и поддерживаются параметры режима:

- сила сварочного тока 120...130 А,
- напряжение дуги 20...21 В,
- скорость подачи проволоки 8 м/мин,
- расход газа 10...12 л/мин,
- диаметр проволоки 0,8 мм.

После выполнения сварки теплообменного узла следует проверить качество, основным параметром которого является герметичность соединения. Для проверки герметичности может быть применено несколько способов. Первым способом является проведение пневматических испытаний в нижнем положении швов, при этом давление воздуха составляет 1,3 атм. Вторым способом является проверка керосином, которое показано на рисунке 18.



Рисунок 18 – Проведение цветной дефектоскопии при контроле качества соединения «труба-трубная доска»

Наиболее универсальным и производительным следует признать испытание керосином. При этом выполняют установку секции под углом 15...20 градусов к горизонтали и поливают испытываемую поверхность керосином. При этом одну трубную доску устанавливают на подставку, обеспечивающую наклон труб к горизонтали, а проверяемую трубную доску кладут на противень, который служит для сбора стекающего керосина. У проверяемой трубной доски наружную поверхность покрывают меловым раствором, а о наличии дефектов судят по тёмным пятнам керосина.

Выводы по второму разделу

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Первая задача предусматривает выбор способа дуговой сварки при выполнении соединения «труда-трубная доска» и оборудования для его осуществления. На основании проведенного анализа способов сварки предложено для построения проектной технологии выполнения соединения «труба-трубная доска» применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, которая реализуется при помощи установки ОСА-ПА производства НПП «ТехноТрон».

Вторая задача предусматривает составление проектной технологии. Необходимо составить перечень операций технологического процесса, назначить параметры режима, сформулировать требования к выполнению операций. Составлена карта технологического процесса.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [11] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [2], [6].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [13], [14].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы решались вопросы, связанные с повышением эффективности сварки теплообменных узлов технологического оборудования химических производств. В частности, был рассмотрен вопрос построения проектной технологии сборки и сварки соединения «труба – трубная доска».

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. В качестве технологического оборудования предлагается применить разработки производственной фирмы «Технотрон».

При осуществлении проектной технологии сборки и сварки соединения типа «труба – трубная доска» при изготовлении теплообменных узлов предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом. Особенности выполнения операций и применяемого технологического оборудования представлены в таблице 4. Первой операцией является подготовка трубы трубных досок, для выполнения которой потребуется применение аппарата плазменной резки, шлифовальной машины и правильной машины. Второй операцией является установка маятниковых труб для выполнения которой потребуется комплект сварочного оборудования производства НПФ «Технотрон», комплект зажимов, направляющие прутки и теодолит. Третьей операцией является установка и сварка труб, для выполнения которой потребуется комплект сварочного оборудования производства НПФ

«Технотрон», комплект зажимов, направляющие прутки и теодолит. Четвёртой операцией является контроль качества, для выполнения которой потребуется комплект для проведения цветной дефектоскопии и установка для проведения пневматических испытаний.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Таблица 4 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
«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» [25]	дефектоскопист	- пульверизатор, - установка для пневмоиспытаний	- керосин, - меловой раствор - краска "Судан-III"

Представленные в таблице 4 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При проведении операций технологического процесса, который был разработан в ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, возникают профессиональные и производственные риски, источником которых являются опасные и вредные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 5 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 5, 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.

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены.

Таблица 5 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Источник возникновения производственного риска
1. Подготовка трубных досок и труб	- 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	- аппарат плазменной резки ПУРМ-140, - правильная машина МЛЧ-1725, - шлифмашинка
2. Установка и сварка "маятниковых труб"	- 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	- источник питания, - комплекс ОСА-ПА, - теодолит, - винтовые зажимы , - направляющий прут
3. Установка и сварка труб	- 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	- источник питания, - комплекс ОСА-ПА, - теодолит, - винтовые зажимы, - направляющий прут
4. Контроль качества сварки	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	- пульверизатор, - установка для пневмоиспытаний

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 5 данных. Дальнейшие работы в этом направлении предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков, представленная в таблице 5, позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 6 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

При выполнении операций предлагаемого проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 7.

На основании данных таблицы 7 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Вследствие наличия негативных факторов при возникновении пожара возможно появление вторичных хлопков, локального задымления, промышленные здания могут приобретать отрицательную устойчивость.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и

порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 7 представлены опасные факторы, который возникают при таком пожаре, а в таблице 8 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	аппарат плазменной резки, правильная машина, шлифмашинка, источник питания, комплекс ОСА-ПА
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	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.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Таблица 8 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
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, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. В таблице 9 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

Таблица 9 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
1. Подготовка трубных досок и труб	-	-	частицы упаковки, бытовой мусор
2. Установка и сварка "маятниковых труб"	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
3. Установка и сварка труб	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
4. Контроль качества сварки	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор

На основании анализа данных в таблице 9 могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 10 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [2]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [2]
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [2]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Выводы по экологическому разделу

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии сборки и сварки теплообменных узлов на аппаратах химической промышленности. На основании анализа исходных данных и известных решений по рассматриваемому вопросу для построения проектной технологии предложено использовать сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Для повышения эффективности сварочных процессов применяется импульсное управление сварочной дугой.

Повышение стабильности процесса сварки за счёт уменьшения разбрызгивания, пространственной стабильности сварочной дуги и переноса электродного металла позволяет существенно повысить качество и производительность сварочных работ. Кроме того, время, которое ранее затрачивалось на исправление сварочных дефектов, также экономится.

В настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить оценку затрат на выполнение операций технологического процесса в проектном варианте и операций технологического процесса в базовом варианте. На основании сравнения рассчитанных затрат необходимо рассчитать показатели экономической эффективности предлагаемых решений и сделать вывод о целесообразности внедрения результатов настоящей выпускной квалификационной работы в производство.

В таблице 11 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам 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
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	200 тыс.	400 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	24	50
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	200	200
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	P/m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [13]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=1$ рассчитываем годовой фонд времени:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 64,46 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 78$ часов и $t_{шт.проектн.} = 26,45 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 32$ часа.

Размер годовой программы Π_r рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054/78 = 26$ для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/32 = 54$ для проектного технологического процесса.

На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 100$ узлов в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 78 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 1,8$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 32 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,8$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=2$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_z = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_z = 1,8/2 = 0,9$ для базового варианта технологического процесса и $K_z = 0,8/1 = 0,8$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования K_z для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$, цены материалов C_m и нормы расходов материалов H_p по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M = (1280 + 2200) \cdot 1,05 + 20\% = 4390$ рублей для операций базового технологического процесса; $M = (1280 + 2200) \cdot 1,05 = 3650$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

$$З_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d . \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $З_{осн} = 78 \cdot 200 \cdot 1,88 = 29238$ рублей для базового варианта технологического процесса и $З_{осн} = 32 \cdot 200 \cdot 1,88 = 12032$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $З_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $З_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{доп} = 12 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $З_{доп} = 29238 \cdot 12 / 100 = 3509$ рублей для операций

базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 12032 \cdot 12 / 100 = 1444$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 29238 + 3509 = 32747$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 12032 + 1444 = 13476$ для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 32747 \cdot 34 / 100 = 11134$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 13476 \cdot 34 / 100 = 4582$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации $H_{\text{а}}$, которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_{\text{а}} = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_{\text{э}}$ и цена оборудования $\Pi_{\text{об}}$.

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 78 / 2054 / 100 = 1633$ рублей по базовому варианту технологии, $A_{об.} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 32 / 2054 / 100 = 1340$ рублей по проектному варианту технологии.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст.}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $\Pi_{э.}$:

$$P_{э} = M_{уст.} \cdot t_{маш} \cdot \Pi_{э.} / \text{КПД.} \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{э} = 24 \cdot 78 \cdot 3,2 / 0,7 = 8076$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{э} = 50 \cdot 32 \cdot 3,2 / 0,85 = 5685$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 1633 + 8076 = 9709$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 1340 + 5685 = 7025$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тех}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн.}$, фонда заработной платы ФЗП и затрат на оборудование $Z_{об.}$:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн.} + Z_{об.} \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 4390 + 32747 + 11134 + 9709 = 57980$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 3650 + 13476 + 4582 + 7025 = 28733$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{цех}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{тех}$, коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$ и основной заработной платы $Z_{осн.}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 57980 + 1,5 \cdot 29238 = 57980 + 43857 = 101837$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 28733 + 1,5 \cdot 12032 = 28733 + 18048 = 46781$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 101837 + 1,15 \cdot 29238 = 101837 + 33623 = 135460$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 46781 + 1,15 \cdot 12032 = 46781 + 13837 = 60618$ рублей. В таблице 12 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 12 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости при выполнении операций согласно базового технологического процесса и согласно проектного технологического процесса

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	<i>M</i>	4390	3650
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	32747	13476
3. Отчисления на соц. нужды	<i>O_{сн}</i>	11134	4582
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	9709	7025
5. Технологическая себестоимость	<i>C_{тех}</i>	57980	28733
6. Цеховые расходы	<i>P_{цех}</i>	43857	18048
7. Цеховая себестоимость	<i>C_{цех}</i>	101837	46781
8. Заводские расходы	<i>P_{зав}</i>	33623	13837
9. Заводская себестоимость» [13]	<i>C_{зав}</i>	135460	60618

Данные, представленные в таблице 12, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 200000 - (200000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 114000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{3. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 2 \cdot 114000 \cdot 0,9 = 205200$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{\text{тз}}=1,05$, цены оборудования $\Pi_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования K_3 :

$$K_{\text{об.пр.}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп.}} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об.пр.}} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,8 = 336000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{\text{мон}}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{\text{дем}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д.}} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 200000 \cdot 0,05 = 10000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт.}} \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 20000 + 10000 = 30000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 336000 + 30000 = 366000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ.пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ.б.}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 366000 - 205200 = 160800$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_{Γ} :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 205200/100 = 2052$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 366000/100 = 3660$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}} . \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (78-32) \cdot 100 \% / 78 = 59 \%$.

Повышение производительности Π_{Γ} рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\Gamma} = 100 \cdot 59 / (100 - 59) = 144 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается как

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} . \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (57980 - 28733) \cdot 100\% / 57980 = 50 \%$.

Размер условно-годовой экономии $\Pi_{\text{ож}}$ рассчитывается как

$$\Pi_{\text{ож}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (135460 - 60618) \cdot 50 = 3742100$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{ок}$ составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 160800 / 3742100 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_г$ рассчитывается как

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_г = 3742100 - 0,33 \cdot 160800 = 3689036$ руб.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 144 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 50 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,69 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Вышеизложенное позволяет судить о высокой эффективности настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности сварочных операций при сборке и сварке теплообменных узлов.

При базовом процессе применяется машинная развальцовка. В качестве недостатков базового способа крепления труб в трубном пучке следует отметить, что получаемое соединение обладает малой по сравнению со сваркой прочностью. Также следует указать на недостаточную герметичность соединения, которая может отрицательно сказаться при дальнейшей эксплуатации теплообменного аппарата.

В ходе анализа состояния вопроса была выполнена оценка применимости альтернативных способов соединения «труба-трубная доска», которая позволила предложить для построения проектной технологии использовать дуговую сварку без развальцовки.

На основании проведенного анализа способов сварки предложено для построения проектной технологии выполнения соединения «труба-трубная доска» применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, которая реализуется при помощи установки ОСА-ПА производства НПП «ТехноТрон».

Составлен перечень операций технологического процесса, назначены параметры режима, сформулированы требования к выполнению операций. Составлена карта технологического процесса.

Первой операцией является подготовка трубы трубных досок, для выполнения которой потребуется применение аппарата плазменной резки, шлифовальной машины и правильной машины. Второй операцией является установка маятниковых труб для выполнения которой потребуется комплект сварочного оборудования производства НПФ «ТехноТрон», комплект зажимов, направляющие прутки и теодолит. Третьей операцией является установка и сварка труб, для выполнения которой потребуется комплект

сварочного оборудования производства НПФ «Технотрон», комплект зажимов, направляющие прутки и теодолит. Четвёртой операцией является контроль качества, для выполнения которой потребуется комплект для проведения цветной дефектоскопии и установка для проведения пневматических испытаний.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 144 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 50 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,69 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Практическими результатами выпускной квалификационной работы являются проведённое обоснование выбора способа сварки, способ сварки с импульсным управлением сварочной дугой и технология сварки.

Представленные результаты предлагаются к использованию на предприятиях, выполняющих сборку и сварку теплообменного оборудования.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аксенов В. И. Производство синтетических каучуков российскими компаниями в 2019 году // Промышленное производство и использование эластомеров. 2020. № 1. С. 3–10.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Бродов Ю. М. О необходимости комплексного обоснования разработок по совершенствованию энергетических теплообменных аппаратов // Изв. Литовской АН. Энергетика. 1991. № 2. С. 34–45.
4. Бутенко Ю., Беликов А. Внедрение опыта компании «ЭСАБ» в дуговой сварке компонентов газовых турбин на предприятии «Зоря-Машпроект» // Сварщик. 2010. № 1. С. 16–19.
5. Гайнов А. А. Повышение надёжности и ресурса рабочих элементов судовых газотрубных котлов : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Н. Новгород : Волжская государственная академия транспорта, 2011.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Дубовецкий С. В., Можаяев С. В. Автоматические установки для дуговой сварки теплообменников // Сварщик. 2007. № 1. С. 20–21.
8. Дымкан А. С. Гильманов Х. Х., Федорцева Е. В. Глобальные тенденции в производстве натурального и изопренового каучуков // Экономика и управление. 2012. № 1. С. 46–52.
9. Жилин П. Л., Конищев Б. П., Латаев П. А. Оптимизация скорости аргонодуговой сварки цилиндрических деталей из нержавеющей стали 12X18H10ТИ // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. 2013. № 4. С. 183–188.
10. Зарипов, М.З. Модернизация технологии изготовления сварных аппаратов из стали 12X18H10Т с применением вибрационной обработки:

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2010.

11. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

12. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

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

14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

15. Лапин И. Е. Повышение технологических свойств дуги при сварке неплавящимся электродом в инертных газах : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет. 2004.

16. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.

17.. 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.

18. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнолопя, 2007. 192 с.

19. Платэ Е. В., Сливинский Е. В. Основы химии и технологии мономеров: учеб. пособие. М., Наука: МАИК «Наука/Интерпериодика». 2002. 696 с.

20. 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.

21. Раевский В. А. Разработка методики определения режима импульсной аргонодуговой сварки труб с трубными решетками из стали 12X18H10T : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. М.: МГТУ им. Баумана, 2007.

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

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

24. Сазыкин В. В. Если в России появятся деньги на разработку новых технологий, через 5 лет мир ахнет // Химический журнал. 2005. № 5 С. 24–27.

25. 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.

26. Серьёзное оборудование для серьёзной работы : каталог оборудования НПП «Технотрон». М. : Машиностроение, 2006. 17 с.

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

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

29. Survey on the application of pulsed currents with the TIG process // Welding World. 1980. № 3/4. P. 61–66.