

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 Технологический процесс и оборудование для сборки и сварки
кольца жесткости вертикального резервуара

Студент

М.П. Пугачев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и улучшение условий труда на операции сварки кольца жесткости вертикального резервуара. Для достижения поставленной цели работы были решены следующие задачи: - выбран способ сварки взамен применяемого; для выбранного способа сварки подобраны технологические режимы, сварочные материалы; разработан технологический процесс, основанный на предлагаемом способе сварки; проработана защита производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов; обоснованы предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

Пояснительная записка содержит 57 стр., 11 рисунков, 15 таблиц.

Проанализированы условия эксплуатации изделия, особенности свариваемости материала. Проведен анализ базового технологического процесса, выявлены недостатки базовой технологии – низкая степень автоматизации. Разработан технологический процесс автоматической сварки изделия. Подобрано оборудование и спроектирована сборочная оснастка. Для защиты персонала участка от вредных факторов при операциях сварки предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Ожидаемый экономический эффект составит 63872 рубля.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	5
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	5
1.2 Оценка свариваемости материала конструкции	8
1.3 Базовая технология изготовления кольца жесткости вертикального резервуара	12
1.4 Задачи работы.....	16
2 Разработка технологического процесса	18
2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого.....	18
2.2 Выбор сварочных материалов	23
2.4 Выбор и обоснование методов контроля.....	25
2.5 Выбор и обоснование сварочного оборудования	27
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	29
3.1 Технологическая характеристика объекта	29
3.2 Систематизация профессиональных рисков	30
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке ..	34
3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта ...	36
4 Расчет экономических параметров предлагаемой технологии	38
4.1 Вводная информация для расчета	38
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	40
4.3 Расчёт штучного времени.....	41
4.4 Определение заводской себестоимости применяемого и предлагаемого вариантов.....	43
4.5 Определение капитальных затрат	48
4.6 Показатели экономической эффективности.....	51
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников.....	55

Введение

Вертикальные резервуары нашли широкое применение в промышленности. Их используют для хранения нефти, керосина и прочих жидкостей, являющихся результатами переработки нефтепродуктов. При изготовлении резервуара широко применяются технологии дуговой сварки. Преимущественное распространение нашли резервуары изготавливаемые индустриальными методами. На предприятии изготовителе изготавливают днище резервуара в виде полотнищ, корпус резервуара и рулонировать. На монтажной площадке рулоны разворачивают и в монтажных условиях выполняются только вертикальные швы стенки и швы днища.

Однако некоторые узлы резервуара, такие как кольца жесткости, выполняются ручной дуговой сваркой штучными электродами. Для данного технологического процесса характерным является низкая производительность, вредные и небезопасные условия труда сварщика. Качество сварного соединения целиком и полностью зависит от квалификации сварщика.

Наибольшей экономической эффективности можно добиться, используя современные разработки в области материаловедения, технологии сварочных процессов, интеграции средств компьютерного моделирования при проведении предварительных расчетов для нахождения оптимального режима проведения техпроцесса и автоматизации производства.

Среди современных технологий сварочных процессов можно выделить технологии автоматического получения сварных соединений. Данные процессы отказываются от сварки штучными электродами и переходят к подаче в зону горения дуги проволоки. При этом может быть обеспечена газовая защита сварочной ванны и с применением флюса.

Таким образом, цель настоящей работы – повышение производительности и улучшение условий труда на операции сварки кольца жесткости вертикального резервуара.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

В вертикальных цилиндрических резервуарах хранят нефть, керосин и прочие жидкости, являющиеся результатами переработки нефтепродуктов, рисунок 1.



Рисунок 1 - Вертикальный резервуар

Объем вертикальных цилиндрических резервуаров может достигать 120000 м³. Диаметр резервуара может достигать 40 метров, высота 20 метров. На резервуары для нормальной эксплуатации устанавливается такое оборудование как дыхательные клапана; аварийные клапана; лестницы, системы пожаротушения. Полностью оборудование показано на рисунке 2.

Как сварная металлоконструкция вертикальный резервуар характеризуется требованием герметичности сварных соединений. Поэтому при изготовлении вертикальных резервуаров предусмотрены такие методы

контроля как капиллярный и пузырьковый. Пузырьковый метод контроля применяется при изготовлении днища резервуара. Схема метода отображена на рисунке 3. Вакуум-камера снабжена прозрачной стенкой. Через сквозной дефект в днище воздух проникает в камеру, вспенивая шампунь.

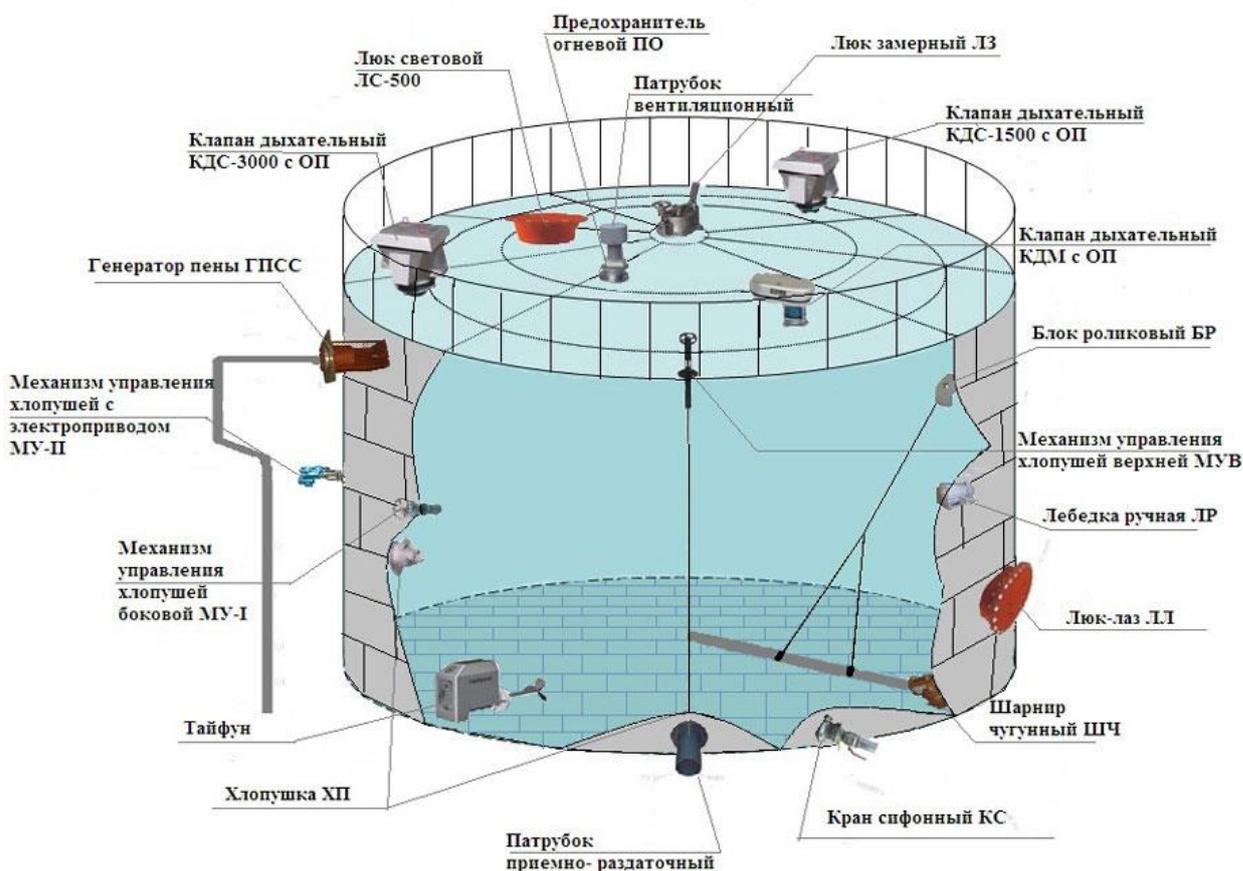


Рисунок 2 – Дополнительное оборудование вертикального резервуара

В зависимости от местоположения резервуара для его изготовления применяют различные стали. Для корпусов и днищ цилиндрических резервуаров емкостью менее 700 м³ нашла применение сталь марки ВСт.3кп. Для корпусов и днищ резервуаров, чья емкость составляет от 700 до 5000 м³ нашла применение сталь марки ВСт.3кп.

При этом следует учитывать температуру эксплуатации резервуара. Если температура эксплуатации не менее -20°C, у стали должна быть гарантированная ударная вязкость до температуры -20°C. Если подобного

рода резервуары эксплуатируются при температурах до -40°C , применяют спокойную сталь МСт.3. У стали должна быть гарантированная ударная вязкость до температуры -40°C .

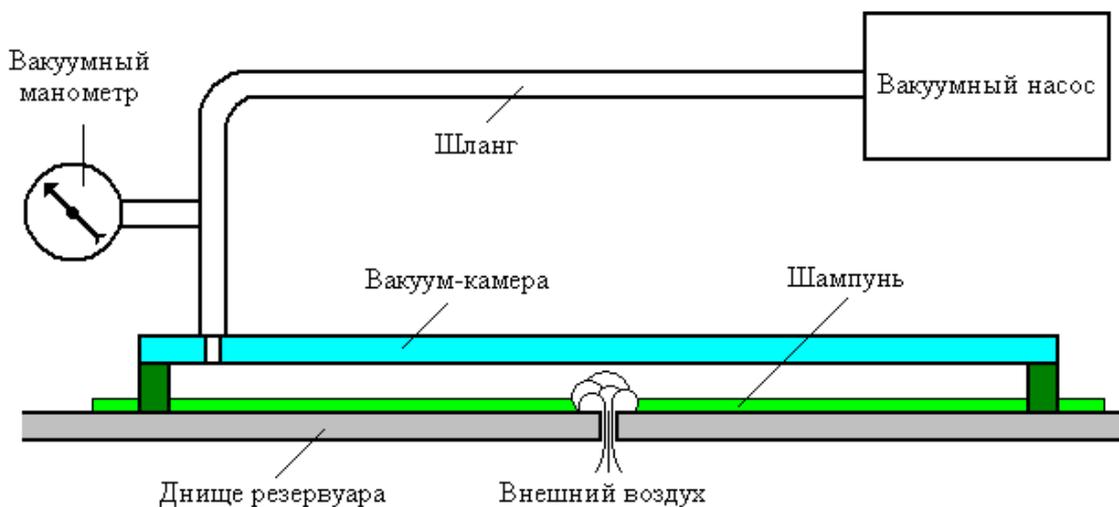


Рисунок 3 – Схема метода контроля герметичности дна вертикального резервуара.

Рассматриваемый резервуар обладает объемом 15000 м^3 . Поэтому для его изготовления используется сталь 09Г2С.

Содержание химических элементов в стали 09Г2С отражено в таблице

1. Механические характеристики стали отражены в таблице 2

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С, %.

Марка материала	углерод	кремний	марганец	хром	медь	никель	фосфор	сера
	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
Сталь 09Г2С	До 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С

Марка материала	$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{\text{т}}$	δ_5	ψ	a_n , Дж/см ² при температуре	
	МПа		%		-20	-60
Сталь 09Г2С	490	343	20	55	160	39

1.2 Оценка свариваемости материала конструкции

Оценить возможность соединения материалов сваркой можно определив такой показатель как свариваемость данных материалов. Согласно определению в ГОСТ 29273–92, свариваемость является комплексной характеристикой. На свариваемость оказывает влияние выбранный способ сварки, химический состав материала, эксплуатационные требования к изделию, тип сварной конструкции. Данный подход к определению свариваемости реализован и в зарубежных стандартах, например ИСО 581–80. Таким образом, материал, который невозможно соединить сваркой одним способом, успешно соединяется другим. Если получить работоспособное соединение в данных условиях эксплуатации одним способом невозможно, применив другой способ можно получить соединение, успешно эксплуатируемое в данных условиях. Положение сварного соединения на металлоконструкции может быть таким, что одним способом сварки его требуемые эксплуатационные характеристики не могут быть достигнуты, но другим способом сварки получаем вполне работоспособное в данных условиях изделие.

Рассмотрим все это детально. Например, диффузионной сваркой в вакууме можно соединять самые фантастические сочетания материалов. Однако данный способ требует дорогостоящего оборудования, высокой культуры производства и применим для получения уникальных изделий. Сварка плавлением нашла большее распространение в промышленности по причине мобильности оборудования, возможности соединения элементов крупногабаритных конструкций. По химическому составу материала следует отметить, что в настоящее время практически все конструкционные материалы успешно соединяются широко распространенной сваркой плавлением. Данной технологией можно соединить алюминий и его сплавы, стали, медь, никель. Однако при сварке плавлением значительное влияние на свариваемость оказывает химический состав соединяемых материалов. В

нашем случае необходимо оценить свариваемость стали 09Г2С. Для оценки влияния химического состава стали на ее свариваемость применяют расчетные зависимости по определению эквивалента углерода, в частности из ГОСТ 19281-89. Приведенная в данном ГОСТ формула по определению эквивалента углерода выглядит так:

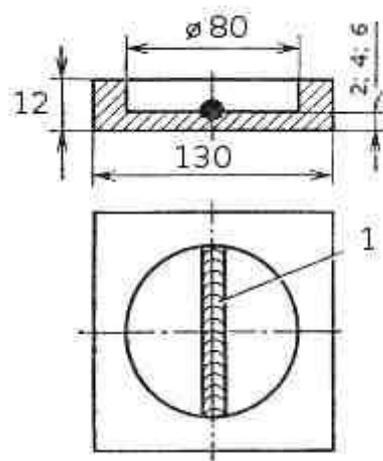
$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

После того, как по данной формуле определено численное значение $C_{\text{Э}}$ его анализируют, сопоставляя с фиксированными показателями. Если полученное расчетное значение не превышает значение фиксированного показателя 0,25, то указанная сталь обладает хорошей свариваемостью. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,25... 0,35 то данная сталь обладает удовлетворительной свариваемостью. Требуется введение в технологический процесс получения изделия дополнительных операций, таких как предварительные подогрев или термообработка после сварки. Возможно решение проблемы свариваемости специальными технологическими приемами, сварка короткой дугой, например. Если полученное расчетное значение находится в пределах 0,35...0,45 сталь характеризуется ограниченной свариваемостью. Здесь сварку необходимо вести в узком диапазоне режимов, обязателен подогрев до сварки и после сварки необходима термообработка соединения. И если расчетное значение получено свыше 0,45 сталь плохо сваривается. Даже вводя в технологический процесс перечисленные здесь технологические приемы, получаем в итоговом сварном соединении трещины, закалочные структуры.

Однако указанная формула не учитывает всего многообразия действующих на сварную конструкцию факторов в процессе эксплуатации и в процессе получения конструкции. Поэтому для точной оценки

свариваемости применяют различного рода технологические пробы. Сварщикам во всем мире известно около 300 различных проб.

Согласно пробе Кировского завода на дно образца выполненного в виде стакана наплавляют валик, рисунок 4. В процессе наплавки со дна стакана, противоположной месту сварки стороны, выполняют охлаждение водой или воздухом. Если при охлаждении водой трещины не образуются, свариваемость материала хорошая, если при охлаждении струей воздуха трещины не образуются, то свариваемость удовлетворительная. Возможен подогрев образца перед наплавкой валика. Если при подогреве до 100-150°C трещины не образовались, свариваемость ограниченная, и если при подогреве до 350-650°C трещины не образовались свариваемость плохая.



1 – Наплавленный валик

Рисунок 4 – Проба Кировского завода

Согласно тонколистовой пробе МГТУ Баумана определяют вероятность возникновения горячих трещин. Проба состоит из пластин разной ширины, рисунок 5. С одной стороны пластины соединяют прихватками. Затем выполняют наплавку валика. Направление наплавки в сторону расширения пластин.

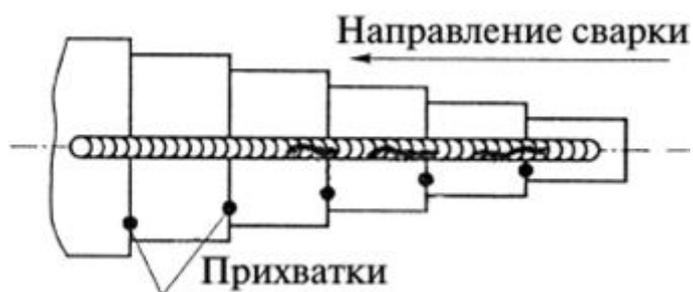
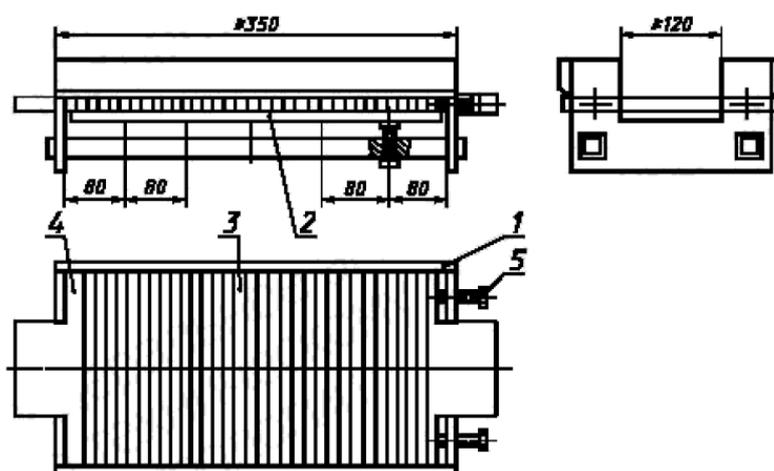


Рисунок 5 – Проба МГТУ Баумана

Горячие трещины образуются в местах пересечения сварным швом мест стыка пластин. При оценке стойкости металла к возникновению трещин принимают ширину пластины, чем меньше ширина пластины, тем больше стойкость к возникновению трещин.

Например, валиковая проба, подробно описана в ГОСТ 13585-68. Возможны два варианта наплавки валиков. Наплавка валиков на составную пластину, рисунок 6, и наплавка валиков на сплошную пластину. Образцы с наплавленным швом на составную пластину испытывают на ударный изгиб.



1 – фиксирующая планка; 2 - прижимная планка; 3 – брусочки; 4 – технологическая планка; 5 – болт для зажима.

Рисунок 6 – Кондуктор для сборки под сварку составных пластин

Данная проба позволяет в зависимости от величины погонной энергии сварки определить для сталей режимы сварки, обеспечивающие получение качественного соединения.

Из образцов с наплавленным швом на сплошную пластину вырезают механическим методом образцы шириной 20 мм и испытывают на статический изгиб. Также выполняют измерения твердости поперек шва.

Однако большинство из проб при оценке свариваемости оперируют вероятностью образования холодных и горячих трещин.

1.3 Базовая технология изготовления кольца жесткости вертикального резервуара

При изготовлении кольца жесткости должны выдерживаться определенные технические условия. Техническими условиями называют требования, предъявляемые к конструкции при ее изготовлении.

Существуют общие и дополнительные технические условия. В общих условиях указывается:

- требования к материалу будущей конструкции;
- допуски отклонений размеров согласно чертежу;
- допуски отклонения формы, вследствие деформации после сварки;
- способы контроля заготовок;
- виды сварочных материалов.

Дополнительные условия указываются на чертежах.

Весь металлопрокат, поступающий на завод, должен сопровождаться сертификатом, в котором указывается:

- завод изготовитель;
- марка ГОСТ материала;
- механические свойства;
- химический состав;

- номер партии.

При отсутствии сертификата, металл в производство не допускается, до его проверки в заводской лаборатории.

Поверхность проката не должна иметь наружных дефектов, в противном случае они подлежат удалению с последующей заваркой и зачисткой. Прокат может храниться в стеллажах штабелях, как в открытых, так и в закрытых складах.

Металлопрокат перед запуском в производство должен быть очищен от ржавчины, окалины и других загрязнений

Неплоскостность листа более 2 мм, в зазоре между его поверхностью и линейкой метровой длины, не допускается.

Перед запуском в производство весь листовой металлопрокат должен быть выправлен. Стрела прогиба $f \leq (1/1000) \geq 10$ мм

Каждая единица металлопроката должна иметь маркировку. Место маркировки определяется из удобства положения и подсчета количества штук на складе.

Завоз материалов для вертикального резервуара осуществляется автомобильным транспортом к месту расположения резервуара. Разметка и погрузка заготовок осуществляется монтажниками (одним или двумя) из числа бригады, которой необходимы эти заготовки.

Геометрия нарезанных заготовок должна соответствовать требованиям рабочей документации. Мелкие партии заготовок нарезаются с применением механизированного инструмента отрезным диском или ацетиленокислородной резкой. Крупные партии заготовок в основном из листового проката нарезаются ацетилено-кислородной резкой, данный резак расположен на территории резервуарного парка

В технических условиях на заготовку указываются требования к соблюдению размеров в пределах допусков указанных на чертежах. Требования по длине и глубине зарезов и выхватов, они не должны превышать 10 % от общей длины кромок при глубине зареза 1,5 - 20 мм.

Кислородную резку можно вести как ручным способом, так и механизированными способами. Механическую резку производят на гильотинных ножницах, различных прессах.

Конструктивные элементы разделки кромок под сварку должны соответствовать требованиям ГОСТов: ГОСТ 8713-79, 5264-80, 14771-76, 15878-79.

Заусенцы и грат на заготовках должны быть удалены любым доступным способом.

Требования к геометрии изделия.

Допускается смещение кромок в стыковых сварных соединениях не более 10% от номинальной толщины проката плюс 1 мм, но не более 3 мм. В продольных швах совместный увод кромок в пределах 10% толщины листа плюс 3 мм, но не более 5 мм. Допускаются местные вмятины и выпучены глубиной не более 5 мм на одном метре длины, не более 2 штук на каждую сторону проката.

Сборка должна вестись в строгом соответствии с разработанным технологическим процессом. Собираемые детали должны соответствовать требованиям чертежа. Сборка может проводиться как на слесарных стендах, так и на специальных приспособлениях. Особое внимание необходимо уделять сварочным зазорам, которые не должны иметь непостоянную величину.

Зона сварки подлежит тщательной зачистки, на ширину 20-30 мм от будущего сварного шва.

Прихватку необходимо выполнять только в местах сварки, теми же сварочными материалами, что и основной шов. Размеры прихваток оговариваются в технологической документации, где также указывается их расположение. Все прихватки должны быть очищены от шлака и брызг.

Необходимо следить за исправностью мерительного и вспомогательного инструмента используемого при сборке.

Требования к выполнению сварочных работ.

К выполнению сварочных работ допускаются специально обученные и аттестованные на этот вид работ сварщики. Используемые сварочные материалы должны соответствовать требованиям ГОСТа.

Соблюдение технологического процесса должно контролировать ОТК.

Применяемые сварочные материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ и иметь сертификат.

Электроды толстопокрытые металлические должны поставляться в сопровождении сертификата, при этом химический состав и механические свойства наплавленного металла должны соответствовать, в случае сварки малоуглеродистых сплавов ГОСТ 9467-75. Электроды должны поставляться в пачках их влагонепроницаемого материала с ярлыком. Покрытие должно быть ровным, гладким, без непромешанных комков, вздутий, трещин. Перед запуском в производство электроды должны пройти технические испытания.

Сварочная проволока по ГОСТ 2246-70 поставляется в бухтах с водонепроницаемым покрытием. Храниться бухты должны в сухом, отапливаемом месте (помещении). Каждая бухта должна сопровождаться биркой, в которой указываются все основные данные на сварочную проволоку.

Требования к сварочным материалам.

При базовом технологическом процессе сварке кольца жесткости вертикального резервуара применяются сварочные материалы, предусмотренные технологическим процессом, т.е. электроды. Электроды должны храниться в закрытом складском помещении.

Контроль качества изделия.

Контроль качества изделия проводится на всех этапах технологического процесса. При изготовлении проверяется: габаритные размеры заготовок; качество подготовки кромок; сборочные зазоры; размеры сварных швов и качество их зачистки; отсутствие в сварных швах недопустимых дефектов.

Основные требования к контролю качества должны соответствовать ГОСТу 3242-79.

Контроль сварных швов должен производиться:

-внешним осмотром и измерениями по ГОСТ 3252-79 - 100%;

-ультразвуковой дефектоскопией по ГОСТ 75782-86 - 100%.

По базовому технологическому процессу сборка кольца жесткости выполняется с помощью технологических скоб и подставок, уголков, клиньев, уголков и стяжек следующим образом:

- на вертикальную стенку резервуара устанавливается сектор кольца жесткости;

- помощью технологических скоб и подставок, уголков, клиньев, уголков и стяжек выставляется в проектное положение;

- выполняется прихватка р.д.с. электродами типа Э – 42 А марки УОНИ 13/45;

- после контроля выполняется сварка электродами типа Э – 42 А марки УОНИ 13/45;

- по окончании сварки удаляется шлак и производится окончательный контроль.

Данный технологический процесс является трудоемким, качество сварки зависит от квалификации сварщика.

В выпускной квалификационной работе предлагается сварку кольца жесткости заменить способ сварки, на обеспечивающий повышение качества сварного узла, увеличение производительности и улучшение условий труда.

1.4 Задачи работы

Проведенный анализ условий эксплуатации изделия, базового технологического процесса, возможных способов его сварки показал, что достижения цели бакалаврской работы необходима замена применяемой технологии наложения сварных швов.

Базовая технология, применяемая на предприятии, предусматривает применение ручной дуговой сварки. Базовая технология имеет следующие недостатки:

- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

- недостаточная стабильность качества сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;

- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;

- увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

Из вышеизложенного следует, чтобы достичь сформулированной в разделе Введение цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать способ сварки взамен применяемого;
- для выбранного способа сварки подобрать технологические режимы, сварочные материалы;
- разработать технологический процесс, основанный на предлагаемом способе сварки;
- проработать защиту производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов;
- обосновать предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

2 Разработка технологического процесса

2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого

Применяемый на предприятии способ сварки сопровождается недостатками. В частности у применяемого способа низкая производительность. Причиной этого являются затраты времени на прерывание процесса сварки и замену израсходованного электрода на новый. Другим негативным моментом, сопровождающим процесс РДСПЭ является расположение токоподвода на противоположном месту горения дуги конце электрода, рисунок 7. Проходя по всей длине электродного стержня сварочный ток разогревает его. Из-за нагрева меняются свойства покрытия электрода. Поэтому значительно увеличивать сварочный ток нельзя.

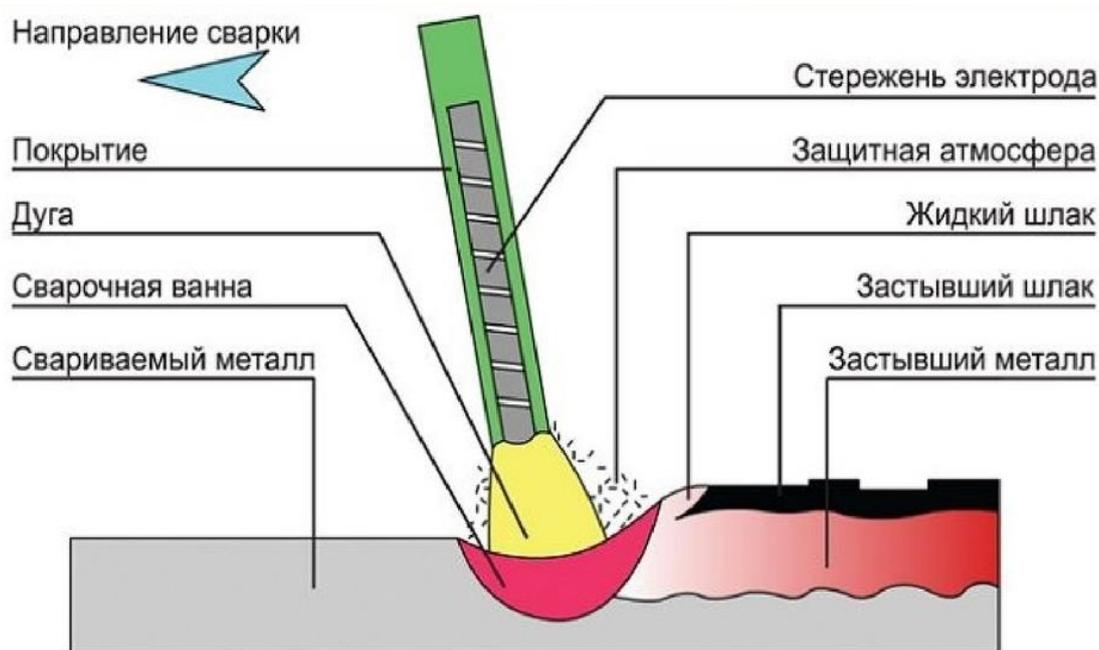


Рисунок 7 - Схема реализации способа РДСПЭ

К недостаткам данного способа относится низкая производительность. Однако есть и ряд положительных моментов. В покрытие электродов возможно введение легирующих компонентов, позволяющих в требуемом

направлении менять свойства наплавленного металла. Стоимость оборудования для РСДПЭ сравнительно невелика. Так сварочный трансформатор обеспечивающий максимальную величину сварочного тока 200 А стоит 8000 рублей. Стоимость трансформатора рассчитанного на сварочный ток 250 А составляет 16000 рублей. Рассмотрены самые дешевые варианты. В настоящее время для реализации способа РСДПЭ применяют инверторные источники. Стоимость данного оборудования ненамного дороже, однако данное оборудование снабжено такими полезными для сварщика функциями как увеличение сварочного тока в момент угасания сварочной дуги или прилипания электрода. Уверенно зажигать сварочную дугу позволяет функция Hot Start. Такая функция как PWS позволяет нажатием кнопки поменять полярность сварочного источника. Конечно, применение перечисленных функций увеличивает производительность процесса сварки в целом, но она остается низкой.

Рассмотрим возможные для применения для данного изделия способы сварки. Предпочтительным вариантом является сварка плавлением. Из возможных вариантов данного способа рассмотрим, в первую очередь, ацетилено-кислородную сварку. Схема реализации данного способа представлена на рисунке 8.

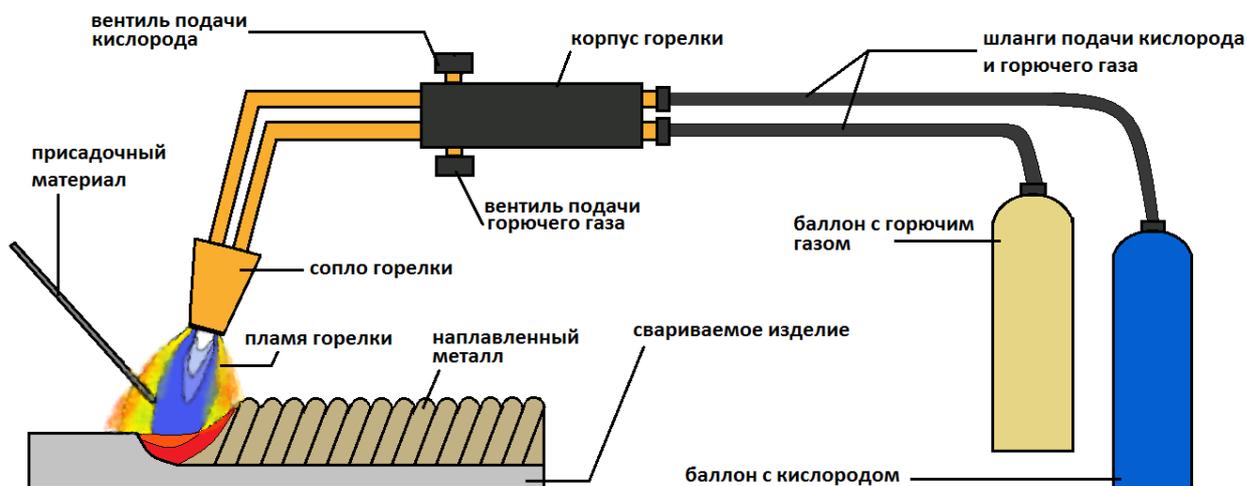


Рисунок 8 – Схема реализации способа ацетилено-кислородной сварки

Положительными моментами для данного способа являются простое и дешевое оборудование. Так стоимость газовой горелки находится в пределах 2 – 4 тысяч рублей. Другим положительным моментом для данного способа является легкость, при необходимости, предварительного подогрева свариваемого изделия. Кроме того, само по себе газовое пламя может обеспечить другие полезные функции.

Однако для данного способа есть ряд отрицательных моментов. Газовое пламя является рассредоточенным источником нагрева, что снижает производительность процесса. Длительное пребывание металла в зоне высоких температур отрицательно сказывается на его механических характеристиках, способствует росту зерна.

Устранить затраты времени на замену электрода можно применив длинный электрод при подаче его в зону горения сварочной механизированным способом, рисунок 9.

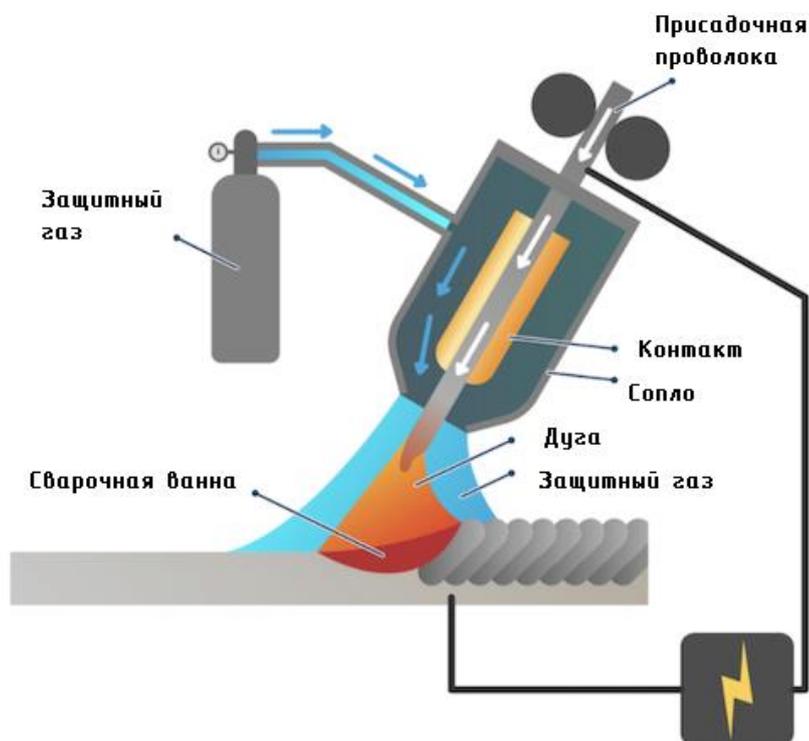


Рисунок 9 – Схема механизированной сварки

Для защиты зоны горения дуги может быть применен углекислый газ, аргон или газовые смеси. К плюсам такого способа сварки можно отнести помимо исключения прерывания процесса сварки для замены электрода токоподвод приближен к зоне горения дуги. При этом можно увеличить силу сварочного тока, так как ток проходит к месту горения дуги на участке небольшой длины. Применение газовых смесей исключает из технологического процесса операции удаления шлака. Однако есть и минусы. Обмазка электрода содержит необходимые для управления свойствами наплавленного металла компоненты. Слой закристаллизовавшегося шлака замедляет процессы охлаждения металла шва и околошовной зоны. Меньше вероятность образования закалочных структур.

Поэтому применяют технологический процесс сварки порошковой проволокой. Обмазка электрода окружена металлической оболочкой. Такое техническое решение позволяет обойтись без баллонов с газом, при использовании самозащитной проволоки, в наполнитель проволоки можно вводить легирующие и иные компоненты. Сварной шов закрыт сверху слоем шлака.

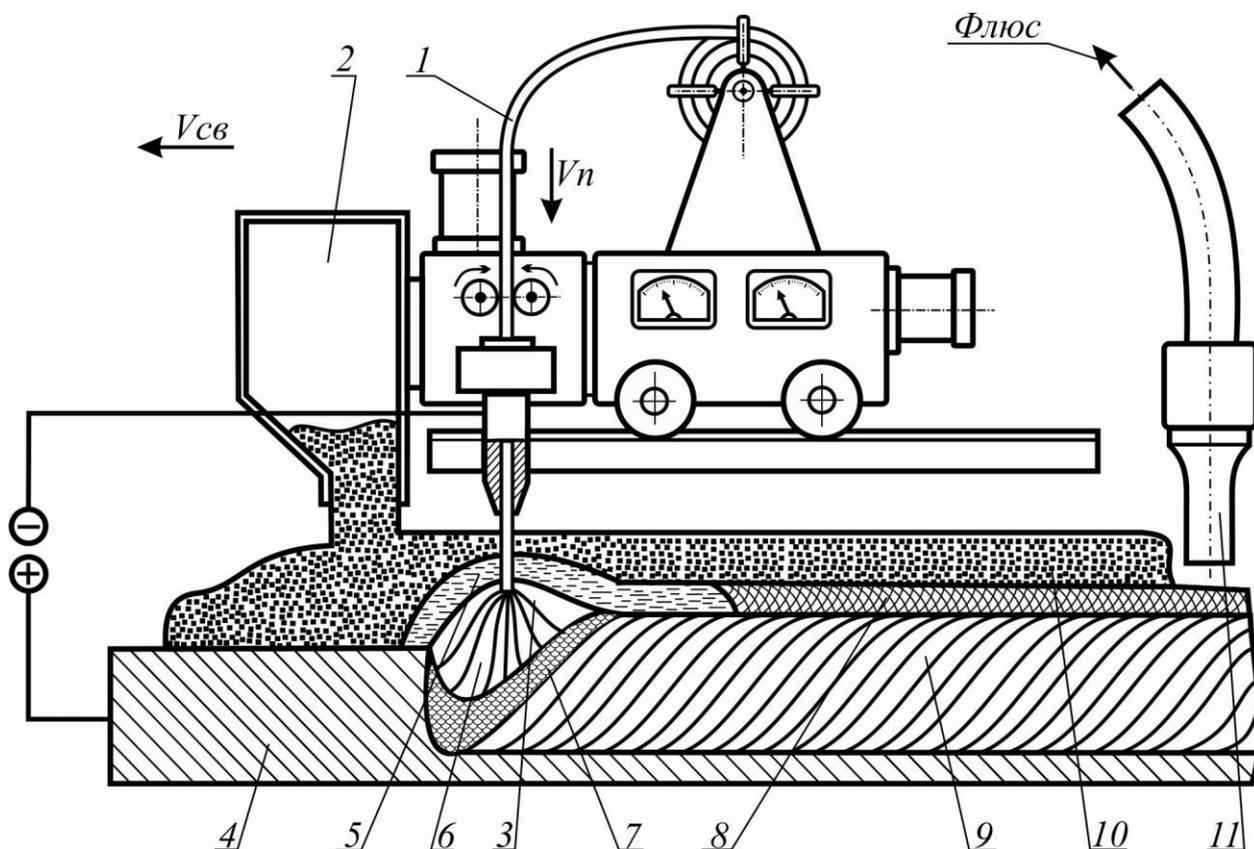
Однако у данного технического решения есть и минусы. Тонкая оболочка требует аккуратного обращения при намотке проволоки из общей бухты на катушки. Кроме того, стоимость. Данная присадочная проволока отличается высокой стоимостью.

Метод сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов позволяет соединять сваркой легированные стали, цветные металлы, активные металлы. Применяется из инертных газов для защиты сварочной ванны гелий и аргон. Сварщику не составляет труда поддерживать длину дуги, электрод не плавится. За счет всех этих технических решений получается шов высокого качества.

Есть у данного способа сварки и отрицательные стороны, если сварка выполняется на открытом воздухе внезапные порывы ветра приведут к

нарушению газовой защиты. При сварке активных металлов и сплавов требуется тщательная подготовка свариваемых поверхностей.

Сварка под слоем флюса, как правило, выполняется автоматически, рисунок 10.



- 1 – Присадочная проволока, 2 – бункер с флюсом; 3 – газовый пузырь;
4 – свариваемое изделие; 5 – жидкий шлак; 6 – дуга; 7 – расплавленный металл; 8 – корка шлака; 9 – наплавленный металл;
10 – не расплавившийся флюс; 11 – флюсоотсос

Рисунок 10 – Схема метода сварки под флюсом

Для данного способа характерным является большая сила сварочного тока, позволяющая успешно сваривать металлы больших толщин. Величина силы сварочного тока достигает 1000 А и более. Это обеспечивает высокую производительность метода. Высокая сила сварочного тока обеспечивается за

счет того, что дуга горит в газовом пузыре под слоем флюса. При этом отсутствует разбрызгивание металла, потери тепла за счет излучения. Еще к плюсам данного процесса следует отнести то, что слой флюса на поверхности замедляет охлаждение сварочной ванны и сварочного шва. За счет замедленного охлаждения растворенные в жидком металле газы успевают выделиться. Вследствие этого явления пористость сварного шва минимальна.

Из всех рассматриваемых способов сварки выбираем автоматическую сварку в под слоем флюса, так как данная сварная конструкция имеет швы сравнительно большой протяженности, а расположить их в требуемом пространственном положении можно путем создания специализированной сборочной оснастки.

2.2 Выбор сварочных материалов

Исходными данными для выбора сварочных материалов является:

- основной материал основной конструкции;
- условия работы конструкции;
- применяемый способ сварки.

К сварочным материалам относятся: электроды, сварочная проволока: порошковая и сплошного сечения, стальная лента, вольфрамовые, медные, угольные, графитовые электроды. К вспомогательным сварочным материалам относятся: флюсы и защитные газы.

Для выбора сварочных материалов необходимо учитывать химический состав соединяемого металла кольца жесткости. Вообще стремятся к тому, чтобы химический состав присадочного материала был идентичен соединяемому. Это необходимо для обеспечения равнопрочности шва. Также выбор сварочного материала обусловлен выбранным способом сварки. Это объясняется специфическими особенностями каждого способа сварки.

Химический состав проволоки, в %, приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав проволоки

Марка проволоки	C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
	Не более						
СВ-08А	< 0,1	< 0,3	0,35-0,6	0,25	0,12	0,03	0,03

Для выбранного способа сварки дуговая, под слоем флюса, параметрами режима являются:

- диаметр сварочной проволоки;
- сила сварочного тока;
- напряжение дуги;
- скорость подачи электродной проволоки;
- скорость сварки, м/ч
- расход защитного газа.

В данной бакалаврской работе применяем метод определения параметров режима сварки используя опытные данные. Параметры режима приведены в таблице 4.

Расход сварочной проволоки рассчитаем по формуле (2).

$$M_{свС17} = L_{шва} K_{св} C17 \quad (2)$$

$$M_{св} C17 = 2,3 \cdot 0,95 = 2,2 \text{ кг}$$

Таблица 4 – Параметры режима сварки

Диаметр проволоки, мм	4
Количество слоев	2
Сила тока, А	1000
Напряжение на дуге, В	25-28
Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	180-300
Скорость сварки, м/ч	15-30

Характерным моментом для способа сварки под флюсом является большая сила тока.

2.4 Выбор и обоснование методов контроля

Для контроля сварной конструкции кольцо жесткости вертикального резервуара применяется визуальный и ультразвуковой метод контроля. Визуальный метод контроля предшествует любым другим методом контроля. Сущность этого способа контроля заключается во внешнем осмотре сварных швов и измерении основных параметров. Визуально-измерительный контроль направлен на обнаружение видимых дефектов сварного шва. Облицовочный слой должен плавно переходить на основной металл и иметь усиление 1...3 мм. Наплывы и подрезы глубиной более 0,5 мм не допускаются. Также на поверхности облицовочного слоя шва не должно быть кратеров, трещин, свищей и выходящих на поверхность пор

Визуально-измерительный контроль является дешевой и простой операцией и выполняется на всех стадиях технологического процесса. Для визуально-измерительного контроля применяется комплект в состав которого входят: лупа просмотровая с подсветкой 3,5 х, лупы просмотровые 4х и 7х, лупа измерительная ЛИЗ-10х, универсальный шаблон сварщика УШС-3, наборы щупов и радиусных шаблонов, маркер по металлу, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером, фонарик, линейка металлическая Л-300 (300 мм), футляр для хранения, рулетка, угольник металлический.

Внешним осмотром и обмерами сварных швов выявляются следующие дефекты: подрезы, наплывы, прожоги, незаваренные кратеры, свищи, непровары, поры, окисные включения.

Кроме финишного контроля сварных швов на участке осуществляется систематический пооперационный контроль

Пооперационный контроль состоит из:

- проверки соответствия качества металла и электродов техническим условиям;
- проверки приспособлений для сборки, заключающейся в определении горизонтальности, чистоты поверхности и базовых размеров;
- проверки качества сборки путем внешнего осмотра и замерами;
- проверки качества и технологии сварки, заключающейся в поддержании состояния сварочной аппаратуры и оборудования, режимов сварки, порядок наложения швов на уровне требований, обеспечивающих получение качественных сварных соединений.

Механические свойства сварных швов контролируются путем испытания контрольных образцов:

- на растяжение и загиб при $t=20^{\circ}\text{C}$
- на ударную вязкость при $t=40^{\circ}\text{C}$ $a_k \geq 2 \text{ кгс м /см}^2$

Все сварные швы подвергаются ультразвуковой дефектоскопии. Этим методом выявляются трещины, непровары, поры и шлаковые включения, устанавливаются размеры и место нахождения всех дефектов, а также определяются минимальные расстояния между дефектами и число дефектов на определенной длине шва.

Ультразвуковой метод контроля используется для контроля сварных швов толщиной 10-15 мм и более. Практика применения ультразвукового контроля подтвердила его высокую чувствительность и возможность выявления трещин и узких непроваров, неопределяемых просвечиванием.

Достоинством этого метода является также возможность получения данных о качестве швов непосредственно в процессе контроля и безопасность для обслуживающего персонала.

Выявленные дефекты вырубаются или выплавляются на длину дефекта плюс 10 мм с каждой стороны при условии сохранности основного металла, затем зачищаются. Заварка дефектных участков может производиться любым способом, обеспечивающим требуемое качество сварного шва.

Исправленные сварные швы должны быть повторно проконтролированы 100% ультразвуковой дефектоскопией.

Результаты механических испытаний образцов, вырезанных их контрольных пластин и результаты ультразвуковой дефектоскопии, заносятся в паспорт резервуара.

2.5 Выбор и обоснование сварочного оборудования

По мере расширения области применения сварки и распространение её на получение изделий из тонких металлов, лёгких сплавов, низкоуглеродистых сталей и т.д. были усовершенствованы методы сварки плавящимся электродом и разработан метод сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (аргон, гелий). Были разработаны различные системы автоматического регулирования и управления сварочным процессом. Широко велись работы по внедрению механизации и автоматизации сварочных процессов. Разработка новых технологий процессов в расчёте на высокую степень механизации и автоматизации работ с начальной стадией внедрения – это одна из основных тенденций развития сварочной техники.

При выборе сварочного оборудования необходимо ориентироваться на:

- применяемый способ сварки;
- режимы сварки согласно технологии;
- экономические показатели процесса;
- технические возможности предприятия;
- годовую программу выпуска изделий;
- достижения сварной науки и техники;
- максимальную производительность сварных работ.

В бакалаврской работе выбран способ автоматической сварки под слоем флюса, со следующими параметрами режима сварки:

- диаметр электродной проволоки $d_{э.п.} = 4$ мм;

- сила сварочного тока 1000А.

Для выполнения процесса сварки требуется сварочное оборудование, которое обеспечивает выбранные режимы сварки, проведенный анализ позволяет выбрать сварочный трактор ТС-17С, рисунок 11.



Рисунок 11 – Сварочный трактор ТС-17С

Питание от трехфазной сети, сила сварочного тока до 1000А. Вес аппарата 48 кг. Аппарат способен работать со сварочной проволокой диаметром от 3 до 5 мм.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Любым производственным процессам сопутствуют опасные и вредные производственные факторы. Задача раздела безопасность и экологичность бакалаврской работы опасные и вредные производственные факторы выявить и нейтрализовать.

Для изготовления рассматриваемого изделия применяется в настоящее время на предприятии вариант технологии сварки основанный на дуговой сварке штучными электродами. Предложен вариант дуговой сварки в газовой смеси. Он обладает следующими преимуществами. Производительность выше за счет того, что нет необходимости прерывать цикл сварки для замены израсходованного электрода. Кроме того, при сварке электрический ток идет не по всей длине присадочного стержня а по т.н. вылету. Это позволяет значительно увеличить силу сварочного тока.

Предлагаемая к внедрению на предприятии технология сборки и сварки состоит из таких операций как: операции, контроля заготовок и сварочных материалов, принимает участие в данной технологической операции дефектоскопист; подготовка заготовок к сварке, занимается данной технологической операцией слесарь-сборщик; соединение деталей при помощи прихваток, выполняемых посредством механизированной сварки, выполняет данные технологические манипуляции электросварщик; выполнение посредством механизированной сварных соединений, задействован при выполнении данных технологические манипуляции электросварщик; завершающая операция – контроль, задействован в ней дефектоскопист. Сведения по технологии сведены в таблицу 5.

Таблица 5 - Технологический паспорт технического объекта

Наименование операции предлагаемого технологического варианта	Должность исполнителя	Оборудование необходимое для реализации предлагаемого технологического варианта	Вспомогательные материалы и вещества необходимые для предлагаемого технологического варианта
1) контроль заготовок и сварочных материалов	Дефектоскопист	Измерительный инструмент.	Рукавицы
2) подготовка заготовок к сварке	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая, ветошь.	Рукавицы, ацетон
3) соединение деталей при помощи прихваток	Электросварщик	Сварочный аппарат для механизированной сварки	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) выполнение сварных соединений	Электросварщик	Сварочный аппарат для механизированной сварки	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
5) операция проверки качества готового узла	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля	Рукавицы, вода техническая

3.2 Систематизация профессиональных рисков

Рассмотрение операций технологического процесса в направлении поиска опасных и вредных факторов позволит систематизировать факторы для дальнейшего анализа, таблица 6. Травмы на производстве и профессиональные заболевания появляются по причине действия на организм работников опасных и вредных факторов. Если после непродолжительного действия появляются повреждения организма, это травма. Для появления профессионального заболевания требуется действие вредного фактора в течение продолжительного времени, месяцы, годы. В любом случае после систематизации профессиональных рисков потребуются разработка перечня мероприятий, технических и организационных, по нейтрализации воздействия рисков на человеческий организм [24].

Таблица 6 – Систематизация профессиональных рисков

Наименование операции	Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала	Производственные объекты, являющиеся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) контроль заготовок и сварочных материалов	<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"> - инструменты
2) подготовка заготовок к сварке	<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 	<ul style="list-style-type: none"> - ножницы гильотинные; - аппарат плазменной резки
3) соединение деталей при помощи прихваток	<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; 	<ul style="list-style-type: none"> - оснастка сборочная универсальная; - струбицы; - угольник; - линейка; - сварочный аппарат; - зачистная машинка; - сварочная дуга;
4) выполнение сварных соединений	<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 высокой температурой производственных объектов способных вызвать ожоги - инфракрасное излучение; 	<ul style="list-style-type: none"> - сварочный трактор ТС-17С; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия

Продолжение таблицы 6

1	2	3
5) операция проверки качества готового узла	- 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	

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для уменьшения воздействия на организм работающих на производстве опасных и вредных факторов применяется комплекс организационных и технических мероприятий.

В первую очередь следует по приему на работу и периодически разъяснять причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. Все это организационные мероприятия. К техническим мероприятиям следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места. Также для нейтрализации могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относятся специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски, перчатки, специальная обувь, средства индивидуальной защиты, таблица 7.

Таблица 7 – Используемые с целью снижения влияния отрицательных производственных условий средства и методики

Выявленный опасный или вредный фактор, угрожающий жизни и здоровью производственного персонала	Организационные и технические средства нейтрализующие выявленные опасные и вредные факторы.	Средства нейтрализующие опасный или вредный фактор при размещении непосредственно на работнике.
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	1) на видных местах вывешиваются плакаты и информационные стенды по правилам поведения в той или иной ситуации; 2) вводные и периодические инструктажи по технике безопасности	Спецодежда, перчатки.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) ограждения и барьеры; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек 3) установка предохранительных устройств	Спецодежда, перчатки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) местные вытяжные устройства; 2) устройства общеобменной вентиляции; 3) организация общецеховой системы вентиляции, обеспечивающей, в целом, удаление и поступление воздуха извне	Защитные маски
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи.	1) организация защитного заземления; 2) периодические инструктажи по технике электробезопасности; 3) измерения сопротивления изоляции проводников; 4) измерения сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда, перчатки
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности; 2) удаление производственного персонала из места действия данного опасного фактора за счет механизации и автоматизации процесса	Спецодежда, перчатки
6) инфракрасное излучение	1) экранирование опасной зоны; 2) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону; 3) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение	1) экранирование опасной зоны; 2) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону 3) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение	1) на видных местах вывешиваются плакаты и информационные стенды; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора 3) ограждения и барьеры препятствующие проникновению персонала в опасную зону.	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке

По определению пожар – это неконтролируемый процесс горения. Причиной пожара может быть нарушение технологического регламента, неисправность производственного оборудования, несоблюдение сотрудниками правил пожарной безопасности. Соответственно и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности направлены на борьбу с перечисленными причинами. Если рассматривать производственный участок изготовления рассматриваемого изделия то возможный пожар можно классифицировать как «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Для того, чтобы разработать предложения по предотвращению пожара необходимо проанализировать его опасные факторы, таблица 8.

Таблица 8 – Распознавание классов и опасных условий пожара

Участок	Установленное на участке оборудование	«Классификация по виду горящего вещества» [23]	«Наименование основных опасных факторов пожара» [23]	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка рассматриваемого изделия	Сварочный трактор ТС-17С машинка шлифовальная	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) [23]	«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» [23].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [23].

На основании выполненного анализа, мы можем разработать перечень технических и организационных мероприятий, нейтрализующих причины возникновения пожара, таблица 9.

Таблица 9 – Перечень мер по обеспечению пожарной безопасности

Средства, применяемые в начале возгорания	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства, обеспечивающие эвакуацию персонала	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости для применения на производственном участке	Нет необходимости для применения на производственном участке	Пожарный кран	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения, телефон в помещении начальника участка

Для обеспечения защиты участка на высоком уровне также необходимы мероприятия организационного характера, их краткий перечень отражен в таблице 10.

Таблица 10 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки кольца жесткости автоматической сваркой под слоем флюса	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры по тематике борьбы с пожарами» [23].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [23].

3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта

Опасные и вредные факторы сварочного участка помимо действия на производственный персонал оказывают негативное действие на окружающую среду, таблица 11. В таблице 12 перечислены средства борьбы.

Таблица 11 – Систематизация факторов негативно влияющих на окружающую среду

Наименование технологического процесса	Перечень операций, технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
автоматическая сварка под слоем флюса.	«контроль заготовок и сварочных материалов, подготовка заготовок к сварке, сборка, операция прихватки, операция сварки стыка, контрольные операции» [23]	«Выделяемые в процессе горения пламени аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [14]	«Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки» [14].	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [14].

Таблица 12 – Борьба с факторами негативно влияющими на окружающую среду

Наименование мер борьбы	Сварка
Борьба с факторами негативно влияющими на атмосферу.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [6].
Борьба с факторами негативно влияющими на гидросферу	Контроль утечек воды технической при проведении контроля герметичности.
Борьба с факторами негативно влияющими 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» [6].

В рамках решения 4 задачи бакалаврской работы выявлены факторы, оказывающее негативное влияние на производственный персонал и

окружающую среду. Для успешной борьбы с выявленными факторами предложены уже применяющиеся методики, включающие в себя организационные и технические мероприятия. К числу организационных следует отнести периодические разъяснения причины возникновения опасных и вредных факторов и методы борьбы с ними, во время проведения вводных и ежеквартальных инструктажей. Кроме того, различного рода плакаты, вывешенные на видных местах напоминают работникам каждый день о борьбе с опасными и вредными факторами и причинах их возникновения. К числу технических мероприятий следует отнести различного рода барьеры, устанавливаемые вокруг опасного места, предохранительные устройства, срабатывающие при пересечении работником опасного места. Также для нейтрализации факторов, оказывающих негативное влияние, могут быть применены индивидуальные средства защиты, к которым относится специальная одежда, выполненная для нейтрализации опасного или вредного фактора, различного рода маски, перчатки, специальную обувь.

4 Расчет экономических параметров предлагаемой технологии

4.1 Вводная информация для расчета

Для решения пятой задачи бакалаврской работы необходимо рассчитать экономические параметры разработанной технологии сварки. На основании анализа передовых достижений сварочной науки и возможных вариантов сварки рассматриваемого изделия предложен способ автоматической сварки под слоем флюса. Для реализации предлагаемых технических решений на сварочный участок требуется установка нового оборудования. Также в работе спроектирована специализированная оснастка для сборки рассматриваемого изделия. По этим позициям необходимо будет рассчитать капитальные затраты. Затраты должны быть компенсированы за счет увеличения производительности и качества. Причем, время в течение которого должны быть компенсированы капитальные затраты ограничено. В целом, по машиностроению нормативный срок окупаемости капитальных вложений принят 3 года.

Применяемый в настоящее время на предприятии вариант технологии сварки основан на дуговой сварке штучными электродами. Сварка по предлагаемому варианту автоматическая под слоем флюса обладает следующими преимуществами. Производительность выше за счет того, что нет нужды прерывать цикл сварки для замены израсходованного электрода. Кроме того, при сварке электрический ток идет не по всей длине присадочного стержня а по т.н. вылету. Это позволяет значительно увеличить силу сварочного тока, до 1000 А..

Экономические расчёты требуют таких сведений как величины коэффициентов различных принятых в промышленности, размер почасовой тарифной ставки, стоимость электрической энергии, и т.д. Все эти данные для применяемого технологического варианта и предлагаемого систематизируем в таблице 13.

Таблица 13 – Вводная информация для выполнения расчетов

Наименование показателя	Обозначение показателя в формуле	В чем измеряются финансовые показатели	Численные значения финансовых показателей	
			Применяемый вариант	Предлагаемый вариант
1	2	3	4	5
Коэффициент, позволяющий при расчетах определить заводские расходы	$K_{зав}$	-	1,15	1,15
Коэффициент, позволяющий при расчетах определить цеховые расходы	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Требуемый разряд рабочих	P_p	-	V	IV
Оплата рабочему за один час отработанного времени	$Cч$	Р/час	200	175
Режим сменности	$K_{см}$	-	1	1
Коэффициент, позволяющий рассчитать доплаты к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на дополнительную заработную плату	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент, позволяющий рассчитать выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Коэффициент, позволяющий рассчитать транспортно-заготовительные расходы	$K_{т-з}$	%	5	5
Цена приобретения применяемого и предлагаемого оборудования	$Цоб$	Руб.	150000	340000
Значения мощности применяемого и предлагаемого оборудования	$M_{уст}$	кВт	5	8
Коэффициент, позволяющий рассчитать отчисления на социальные потребности	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент, позволяющий рассчитать амортизацию оборудования	$На$	%	21,5	21,5
Коэффициент, позволяющий рассчитать затраты на монтаж предлагаемого оборудования и демонтаж применяемого оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для промышленных предприятий	$Цэ-э$	Р/ кВт	3,02	3,02
Значения коэффициента полезного действия предлагаемого оборудования применяемого оборудования	КПД	-	0,7	0,85
Площадь занимаемая предлагаемым и применяемым оборудованием	S	м ²	11	11

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Затраты на эксплуатацию производственных площадей для предприятия	$S_{\text{эксп}}$	(P/м ²)/год	2000	2000
Принятые значения цены производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/м ²	30000	30000
Коэффициент, позволяющий рассчитать норму амортизации производственных площадей под предлагаемое оборудование и применяемое оборудование	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
Коэффициент, позволяющий рассчитать необходимость в дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Общее время работы оборудования и рабочих составляет годовой фонд времени. Для предлагаемого варианта технологии и применяемого на предприятии данный экономический показатель одинаков.

Для определения данного экономического показателя понадобится общее количество рабочих дней в году $D_p = 277$ дней, продолжительность одной смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, общее количество дней в преддверии праздников $D_{\text{п}} = 7$ дней, в эти дни продолжительность смены по принятому законодательству меньше на $T_{\text{п}} = 1$ час, режим работы предприятия односменный, следовательно количество смен $K_{\text{см}} = 1$. По приведенной зависимости выполняем расчетное определение годового фонда времени:

$$F_{\text{н}} = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}} . \quad (3)$$

Расчёты согласно (3) показывают значение 2209 часов:

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

Время работы оборудования необходимо уменьшить на величину обусловленную потерями рабочего времени, коэффициент $B = 7\%$:

$$F_э = F_н(1-B/100). \quad (4)$$

Расчёты согласно (4) показывают значение 2054 часа:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время $t_{шт}$ можно найти сложив затраты времени машинного $t_{маш}$; вспомогательного $t_{всп}$; времени обслуживания оборудования $t_{обсл}$; времени на личный отдых $t_{отд}$ и подготовительно-заключительного времени

$$t_{п-з} \cdot t_{шт} = t_{п-з} + t_о + t_в + t_{отд} + t_{обсл} + t_{п-з} \quad (5)$$

Для определения машинного времени расчетным способом понадобятся численные значения скорости сварки и суммарная протяженность сварного соединения. Скорость сварки для применяемого на предприятии технологического процесса составляет $V_{св} = 20-25$ см/мин, для предлагаемого $V_{св} = 50-55$ см/мин.

Протяженность сварных швов неизменна для применяемого и предлагаемого варианта и составляет $L = 2000$ миллиметров.

Для определения машинного времени воспользуемся зависимостью:

$$t_{маш} = \frac{\Sigma L}{V_{СВ}} \quad (6)$$

Машинное время, рассчитанное для применяемого и предлагаемого варианта, составит:

$$t_{машб} = 200/20 = 10 \text{ мин} = 0,16 \text{ час}$$

$$t_{машпр} = 200/50 = 4 \text{ мин} = 0,06 \text{ час}$$

Штучное время, рассчитанное для применяемого на предприятии и предлагаемого варианта систематизируем в таблице 14:

Таблица 14 – Штучное время, мин.

Вариант	$t_{\text{маш}}$	$t_{\text{всп}}$ 15%	$t_{\text{обсл}}$ 10%	$t_{\text{отл}}$ 5%	$t_{\text{п-з}}$ 1%	$t_{\text{шт}}$
Применяемый	10	1,5	1	0,5	0,01	13,01
Предлагаемый	4	0,6	0,4	0,2	0,004	5,2

Согласно заданию на выпускную квалификационную работу годовая программа составляет $\Pi_{\Gamma}=500$ изделий в год.

Для определения нужного количества технологического оборудования $n_{\text{расч}}$, нам необходимо знание коэффициента выполнения нормы, для применяемого и предлагаемого варианта технологии он одинаков, $K_{\text{вн}} = 1,03$, и эффективного фонда работы оборудования. Расчеты выполняются согласно формуле:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{ШТ}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (7)$$

Определенное по формуле (7) нужное число оборудования составляет:

$$n_{\text{РАСЧ.б}} = \frac{0,21 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,04 \text{ед.}, \quad n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{0,08 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,17 \text{ед.}$$

Согласно проведенным расчётам для предлагаемого варианта требуется одна единица оборудования и для применяемого варианта также требуется одна единица оборудования. Тогда для определения коэффициента загрузки для предлагаемого варианта и применяемого нам потребуются расчеты по зависимости:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (8)$$

Полученные расчетным путем по формуле (8) коэффициенты загрузки $K_{\text{з}}$ для применяемого на предприятии варианта и предлагаемого варианта:

$$K_{\text{зб}} = 0,04/1 = 0,04; \quad K_{\text{зп}} = 0,017/1 = 0,017.$$

4.4 Определение заводской себестоимости применяемого и предлагаемого вариантов

Для выполнения сварных швов в применяемом варианте технологии необходимы штучные электроды. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в сварочной проволоке и защитных газах.

Для определения расходов M на требуемые для выполнения сварных соединений штучные электроды выполним необходимые расчеты согласно формулы:

$$M = C_M \cdot H_P \cdot K_{T-3} \quad (9)$$

где норма расходов H_P , цена штучных электродов C_M и коэффициента K_{T-3} транспортно-заготовительных расходов.

Определенные согласно (9) для применяемого и предлагаемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

Определенные согласно (9) расходы на электроды для применяемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

Для выполнения сварных швов в применяемом варианте технологии необходимы штучные электроды. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в сварочной проволоке и флюсе.

Определенные согласно (9) расходы на сварочную проволоку и флюс для предлагаемого варианта:

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5 \cdot 1,05 = 70,25 \text{ руб.},$$

Для определения основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, нам понадобятся численные значения штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и значения коэффициента K_d доплат. Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{OCH} = t_{um} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (10)$$

Основная заработная плата рабочих для применяемого и предлагаемого вариантов технологии определенная согласно формулы (10) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,21 \cdot 200 \cdot 1,88 = 78,96 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,08 \cdot 175 \cdot 1,88 = 26,23 \text{ руб.}$$

Для расчета дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ воспользуемся значениями коэффициента $K_{\text{доп}}$ которые составляют 12 %:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (11)$$

После выполнения расчетов согласно (11) по применяемому и предлагаемому вариантам дополнительная заработная плата составит:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 78,96 \cdot 12/100 = 9,47 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 26,23 \cdot 12/100 = 3,15 \text{ руб.}$$

Определить размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ можно просуммировав основную заработную плату работников $Z_{\text{осн}}$ и дополнительную $Z_{\text{доп}}$ заработную плату работников:

$$\Phi ЗП_{\text{базов..}} = 78,96 + 9,47 = 88,43 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 26,23 + 3,15 = 29,38 \text{ руб.}$$

Для расчета отчислений $O_{\text{сн}}$ на социальные потребности, воспользуемся коэффициентом $K_{\text{сн}}$ и расчет проведем по следующей формуле:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (12)$$

Размер отчислений $O_{\text{сн}}$ на социальные потребности, по применяемому и предлагаемому вариантам определенный согласно (12) составит:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 88,43 \cdot 34/100 = 30,06 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн.проектн.}} = 29,38 \cdot 34/100 = 9,98 \text{ руб.}$$

Для определения суммарных затрат $Z_{об}$ на оборудование, которое используется для применяемого и предлагаемого вариантов, просуммируем расходы на амортизацию $A_{об}$ и на электрическую энергию $P_{ээ}$:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (13)$$

Для определения размера амортизации $A_{об}$ понадобится информация по цене оборудования $C_{об}$, по норме амортизации H_a , ранее рассчитанным значениям машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени $F_э$ по формуле:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot t_{маш} \cdot H_a \cdot k_з}{\Phi_p \cdot 100} \quad (14)$$

После расчетов согласно (14) значения амортизации оборудования по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$A_{об.БАЗ} = \frac{150000 \cdot 0,16 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,61 \text{ руб.}$$

$$A_{об.ПР} = \frac{340000 \cdot 0,06 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 2,13 \text{ руб.}$$

Для определения размера затрат на электрическую энергию $P_{ээ}$ по применяемому и предлагаемому вариантам воспользуемся значениями мощности оборудования $M_{уст}$, стоимости электрической энергии для промышленных предприятий $C_{ээ}$ и рассчитанными ранее значениями машинного времени $t_{маш}$, также нам потребуется величина коэффициента полезного действия оборудования $KПД$. Расчет будем вести по формуле:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{э-э}}{KПД} \quad (15)$$

После расчетов согласно (15) значения расходов на электроэнергию по применяемому и по предлагаемому вариантам технологии составят:

$$P_{\text{ээ баз}} = 6,8 \cdot 0,16 \cdot 3,2 / 0,7 = 4,97 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 60 \cdot 0,06 \cdot 3,2 / 0,85 = 13,55 \text{ руб.}$$

Просуммировав согласно формуле (13) значения расходов на оборудование по применяемому и предлагаемому вариантам получим следующие значения:

$$З_{\text{об баз.}} = 2,61 + 4,97 = 7,58 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 2,13 + 13,55 = 15,68 \text{ руб.}$$

Для определения размера технологической себестоимости необходимо просуммировать все определенные ранее в разделе 4.4 затраты.

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{СН}} + З_{\text{ОБ}} \quad (16)$$

Определенная согласно формуле (16) технологическая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ТЕХБаз}} = 63,5 + 88,43 + 30,06 + 7,58 = 189,57 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн}} = 63,5 + 29,38 + 9,98 + 15,68 = 118,54 \text{ руб.},$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} \quad (17)$$

Определенная согласно формуле (17) цеховая себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ЦЕХБаз}} = 189,57 + 1,5 \cdot 78,96 = 189,57 + 118,44 = 308,01 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн}} = 118,54 + 1,5 \cdot 26,23 = 118,54 + 39,34 = 157,88 \text{ руб.}$$

Для определения размера цеховой себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо к вычисленному значению технологической себестоимости $C_{\text{цех}}$, приплюсовать произведение основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ на значение коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} . \quad (18)$$

Определенная согласно формуле (18) заводская себестоимость для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии составит:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 308,01 + 1,15 \cdot 78,96 = 308,01 + 90,80 = 386,61 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 157,88 + 1,15 \cdot 26,23 = 157,88 + 42,16 = 200,04 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, выполненные в разделе 4.4 работы расчеты экономических показателей для применяемого в настоящее время на производстве и предлагаемого к внедрению варианта технологии систематизированы в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты расчетов показателей себестоимости предлагаемого и применяемого вариантов

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на вспомогательные материалы	<i>М</i>	63,5	63,5
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	88,43	29,38
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	30,06	9,98
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	7,58	15,68
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	189,57	118,54
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	118,44	39,34
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	308,01	157,88
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	90,80	42,16
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	386,61	200,04

4.5 Определение капитальных затрат

Для определения капитальных затрат применительно к используемому в настоящее время технологическому процессу, $K_{\text{общ. б.}}$ необходимо знать остаточную стоимость оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, и рассчитанный согласно (6) коэффициент загрузки оборудования $K_{з. б.}$:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = \Pi_{\text{ОББ}} \cdot K_{зБ} \quad (19)$$

При определении остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$ используемого для реализации применяемых технологических решений нам понадобится информация по рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв}}$, сроку службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизации H_a оборудования:

$$\Pi_{\text{ОББАЗ}} = \Pi_{\text{ПЕРВ}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100) \quad (20)$$

Расчет выполненный по формуле (20) показывает, что остаточная стоимость составит 85500 рублей:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 150000 - (150000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 85500 \text{ руб.},$$

Тогда расчет выполненный по формуле (19) показывает, что с учетом коэффициента загрузки величина $K_{\text{общ. б.}}$ составит 27350 рублей.

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 85500 \cdot 0,55 = 27360 \text{ руб.}$$

Для того, чтобы найти капитальные затраты по разработанному в бакалаврской работе варианту $K_{\text{общ. пр.}}$ необходима информация о вложениях в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$, вложениях в производственные площади, необходимые для установки оборудования $K_{\text{пл. пр.}}$, и о сопутствующих вложениях $K_{\text{соп.}}$: для расчета применим следующую формулу:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (21)$$

При расчетном определении капитальных вложений $K_{\text{общ. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по разработанному в бакалаврской работе варианту технологии необходима информация о цене оборудования $C_{\text{об. пр.}}$, коэффициенту транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{ТЗ}}$ и коэффициенту загрузки оборудования $K_{\text{ЗП}}$ по проектному варианту:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{\text{ЗП}} \quad (22)$$

Расчет выполненный по формуле (22) показывает, что величина капитальных вложений по предлагаемому варианту технологии 96380 рублей:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 340000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 96390 \text{ руб.}$$

Чтобы рассчитать сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп.}}$ Необходимо учесть расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ оборудования для ручной дуговой сварки и расходов на монтаж оборудования для механизированной сварки в смеси газов $K_{\text{монт}}$ расчеты выполняются по формуле:

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

При определении расходов на демонтаж оборудования для ручной дуговой сварки $K_{\text{дем}}$ и монтаж оборудования для механизированной сварки в среде газов $K_{\text{монт}}$ необходима ранее определенная стоимость оборудования по применяемому варианту $C_{\text{б}}$ и значения рыночной стоимости оборудования $C_{\text{пр}}$ по предлагаемому варианту технологии. Также понадобится информация по значениям коэффициентам на монтаж и демонтаж оборудования $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$, расчеты выполняются по формулам:

$$K_{\text{ДЕМ}} = C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{Д}} \quad (24)$$

$$K_{\text{МОНТ}} = C_{\text{ОБ.ПР}} \cdot K_{\text{М}} \quad (25)$$

Расчет выполненный по формулам (23), (24) и (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 150000 \cdot 0,05 = 7500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 340000 \cdot 0,05 = 17000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 7500 + 17000 = 24500 \text{ руб.}$$

Расчет выполненный по формуле (21) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр}} = 96390 + 24500 = 120890 \text{ руб.}$$

Для определения величины дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ нам потребуется информация по дополнительным капитальным затратам $K_{\text{общ.пр}}$ и $K_{\text{общ.б}}$ для применяемого на предприятии и разработанного в бакалаврской работе вариантов, расчеты выполняются по формуле:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр}} - K_{\text{общ.б}} \quad (26)$$

Расчет выполненный по формуле (26) показывает, что величина дополнительных капитальных вложений составляет 93530 рублей:

$$K_{\text{доп}} = 120890 - 27360 = 93530 \text{ руб.}$$

Для определения величины удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ воспользуемся формулой:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}}, \quad (27)$$

где Π_{Γ} – годовая программа выпуска изделий согласно заданию на бакалаврскую работу.

Расчет выполненный по формуле (27) показывает размеры удельных капитальных вложений для предлагаемого $K_{\text{удПроектн}}$ и применяемого $K_{\text{удБаз}}$ вариантов технологии:

$$K_{\text{удБаз}} = 27360/500 = 54,7 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн}} = 93530/500 = 187,0 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Для определения величины снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% . \quad (28)$$

где $t_{штб}$ – штучное время для применяемого на предприятии варианта технологии, основанного на дуговой сварке штучными электродами, $t_{штпр}$ – предлагаемый в бакалаврской работе для сварки рассматриваемого изделия вариант механизированной сварки в смеси газов.

Расчет выполненный по формуле (28) показывает, что величина снижения трудоемкости составляет 126%:

$$\Delta t_{шт} = \frac{13,01 - 5,2}{13,01} \cdot 100\% = 126\%$$

Для определения величины повышения производительности труда Π_T при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} . \quad (29)$$

Расчет выполненный по формуле (29) показывает, что величина повышения производительности труда составляет 150%:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 126}{100 - 126} = 150\%$$

Для определения величины снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{C_{ТЕХБ} - C_{ТЕХПР}}{C_{ТЕХБ}} \cdot 100\% = 70\% \quad (30)$$

Расчет выполненный по формуле (30) показывает, что величина снижения технологической себестоимости для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 70%:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{189,57 - 55,04}{189,57} \cdot 100\% = 70\%$$

Для определения величины условно-годовой экономии $Пр_{ож}$ при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (31)$$

Расчет выполненный по формуле (31) показывает, что величина ожидаемой прибыли для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 105385 рублей:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (398,81 - 188,04) \cdot 500 = 105385 \text{ руб.}$$

Для определения срока окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений воспользуемся формулой:

$$T_{ок} = \frac{К_{общпр}}{Э_{уг}} \quad (32)$$

Расчет выполненный по формуле (32) показывает, что дополнительные капитальные вложения окупятся в течение примерно 1 года:

$$T_{ок} = \frac{93530}{105385} \approx 1,0 \text{ год}$$

Для определения годового экономического эффекта $Э_g$, при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{yr} - E_n \cdot K_{доп} \quad (33)$$

Расчет выполненный по формуле (33) показывает, что величина годового экономического эффекта с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 63872 рубля.:

$$\mathcal{E}_r = 105385 - 0,33 \cdot 93530 = 63872 \text{ руб.}$$

Применяемая на предприятии технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия основана на дуговой сварке штучными электродами. автоматическая сварка по предлагаемому варианту под слоем флюса обладает преимуществами, согласно результатов расчетов обеспечивающих повышение производительности, что было поставлено в качестве цели бакалаврской работы.

Расчеты показали, что внедрение разработанных в бакалаврской работе технических решений позволит снизить величину трудоемкости на 70 %, и, свою очередь увеличить производительность труда на 150 %. Также к положительным сторонам предлагаемых технических решений следует отнести снижение размера технологической себестоимости на 70%.

Размер условно-годовой экономии при внедрении в производство предлагаемых технических решений составит 105385 рублей.

Если предлагаемые технические решения внедрить в производство для изготовления рассматриваемого изделия будет получен экономический эффект, с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 63872 рубля. Определенные в разделе 4.4 капитальные затраты, необходимые для внедрения предлагаемых технических решений, окупятся в течение 1 года, что меньше, чем нормативный срок окупаемости.

Выполненные в разделе 4 расчеты свидетельствуют о том, что предлагаемый вариант технологического процесса сварки изделия эффективен.

Заключение

Во введении сформулирована следующая цель работы – повышение производительности и улучшение условий труда на операции сварки кольца жесткости вертикального резервуара.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- выбран способ сварки взамен применяемого;
- для выбранного способа сварки подобраны технологические режимы, сварочные материалы;
- разработан технологический процесс, основанный на предлагаемом способе сварки;
- проработана защита производственного персонала и окружающей среды от опасных и вредных факторов;
- обоснованы предложенные решения с точки зрения экономических расчетов.

В результате внедрения проектного варианта технологического процесса изготовления кольца жесткости вертикального резервуара ожидается увеличение производительности труда, снижение себестоимости изделия на 19 %.

Годовой экономический эффект за счет снижения себестоимости изделия составит 63872 рубля.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Афромеев А.А. Технология сборки и сварки полипропиленовых труб / А.А. Афромеев // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2015. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>.
4. Берлине, Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения. М.: Машиностроение, 1976. 256 с.
5. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2008. 96 с.
6. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
7. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
8. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
9. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
10. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
11. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.

12. Иванов В.П. Технология и оборудование для восстановления деталей машин. Минск: Техноперспектива. 2007. 458 с.
13. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.
14. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
15. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
16. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
17. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.
18. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.
19. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста, программам магистратуры: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2020. 39 с.
20. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
21. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат. 1977. 780с.
22. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.
23. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа.

Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202>
(дата обращения 24.05.2021).

24. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

25. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

26. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

27. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

28. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

29. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

30. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.