

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 ремонта корпуса барабана парового котла

Студент

Р.С. Петин

(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 бакалаврской работы – снижение материалоемкости и повышение производительности на операциях ремонта дефектных участков корпусов барабанов паровых котлов. Для достижения поставленной цели 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;
- выполнена оценка предложенных решений с точки зрения экологической безопасности;
- выполнена оценка предложенных решений с точки зрения экономического эффекта при внедрении в производство.

Пояснительная записка содержит 57 стр., 10 рисунков, 15 таблиц.

Проанализированы условия эксплуатации барабанов паровых котлов, основные виды дефектов и существующие технологии их ремонта. Для устранения недостатков базовой технологии предложены варианты ремонта дефектных корпусов наплавкой коррозионных раковин, заваркой трещин, устранения дефектов посредством вварки заплат. Подобрано оборудование и вспомогательные материалы. Для защиты персонала ремонтного участка от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Проведено экономическое обоснование проекта. Результаты расчета экономического обоснования показали численное значение экономического эффекта 62306 рублей.

## Содержание

Введение.....	4
1.1 Описание корпуса барабана .....	5
1.2 Базовая технология восстановления корпуса барабана .....	12
1.3 Задачи работы.....	19
2 Разработка технологического процесса.....	20
2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого.....	20
2.2 Выбор сварочных материалов .....	21
2.3 Предлагаемые технологические варианты ремонтной сварки.....	22
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса .....	28
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	28
3.2 Систематизация профессиональных рисков .....	29
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	31
3.4 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке ..	33
3.5 Экологическая безопасность разработанного технического объекта ...	35
4 Расчет экономических параметров предлагаемой технологии .....	37
4.1 Вводная информация для расчета .....	37
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования .....	39
4.3 Расчёт штучного времени.....	40
4.4 Определение заводской себестоимости применяемого и предлагаемого вариантов.....	42
4.5 Определение капитальных затрат .....	47
4.6 Показатели экономической эффективности.....	50
Заключение .....	54
Список используемой литературы и используемых источников.....	55

## **Введение**

В настоящее время вся цивилизация так или иначе зависит от бесперебойного электроснабжения. Вся цепочка производства электрической энергии должна функционировать без перебоев. Можно с уверенностью сказать, что большая часть электрической энергии производится на электростанциях, работающих по принципу превращения энергии сгорания топлива в энергию пара, затем пар отправляется на лопатки паровых турбин, далее запасенная энергия преобразуется в кинетическую энергию ротора паровой турбины, и наконец генератор вырабатывает энергию.

Обязательным элементом таких электростанций являются барабаны паровых котлов. При этом они работают в достаточно сложных условиях, высокая температура пара, воды, давления внутри барабана котла многократно превышают атмосферное.

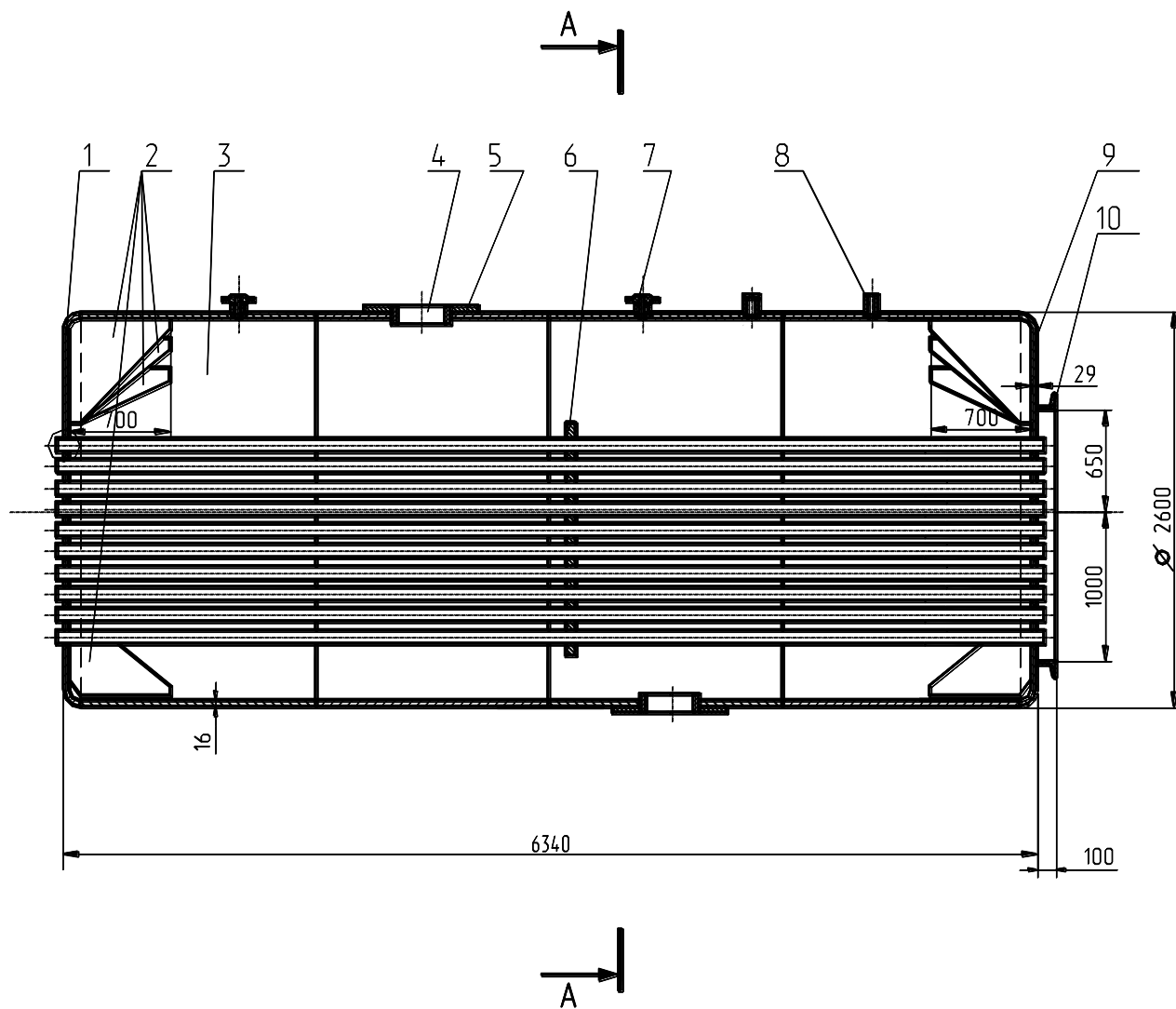
Со временем повреждения накапливаются и развиваются по механизму появления коррозионных раковин, трещин. Получаемые дефекты нуждаются в ремонте. Увеличение срока службы ремонтируемых корпусов барабанов котлов и снижение стоимости самого ремонта является актуальными задачами, которые необходимо решать в современном сварочном производстве. Как показал многолетний опыт различных предприятий, значительное сокращение затрат снижение простоев оборудования достигается при внедрении перспективных методов восстановления изношенных деталей. При этом получаемый экономический эффект по сравнению с изготовлением нового корпуса барабана может достигать значительных размеров.

Цель настоящей работы – уменьшение затрат материалов и повышение производительности при ремонте дефектных барабанов паровых котлов.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Описание корпуса барабана

Общий вид корпуса барабана парового котла приведен на рисунках 1, 2, 3.



1 – крышка с трубным пучком, 2 – лепесток, 3 – корпус, 4 – фланец Ду150 Ру 10, 5 – накладка, 6 – решетка трубная, 7 – фланец Ду 40, 8 – патрубок Ду80, 9 – крышка, 10 фланец Ду165

Рисунок 1 - Общий вид барабана (сбоку)

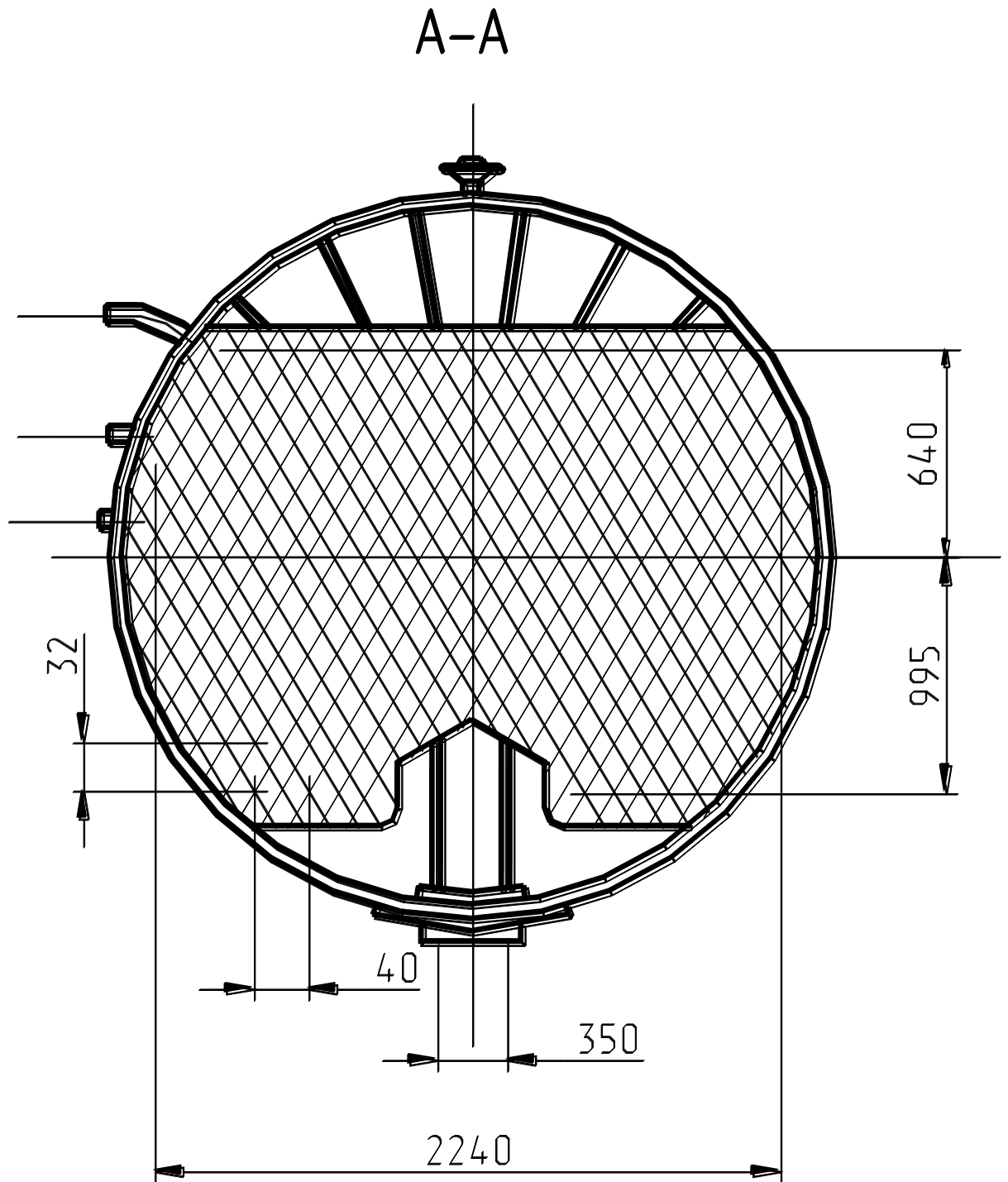


Рисунок 2 - Разрез А-А корпуса барабана парового котла

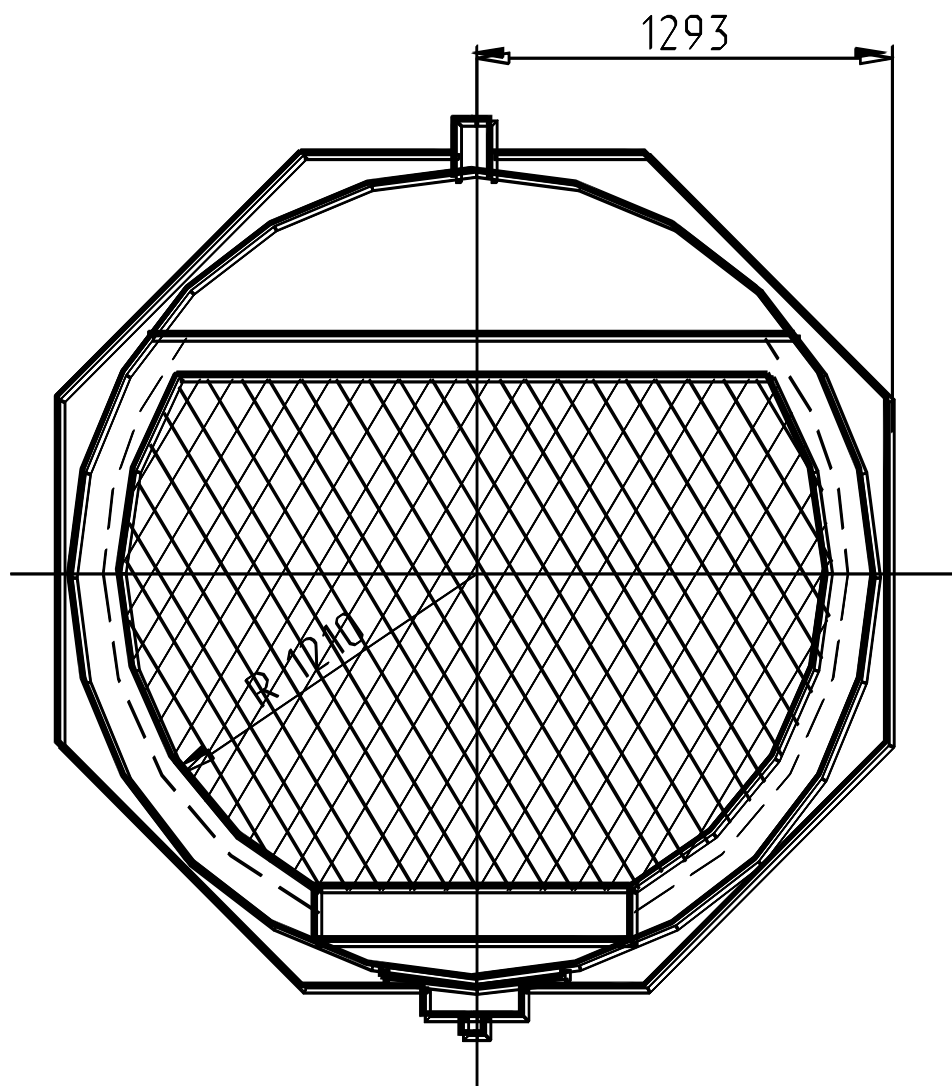


Рисунок 3 - Вид слева корпуса барабана парового котла

Барабан укомплектован различного рода оборудованием, обеспечивающим выполнение его функций. В частности имеются указатели уровня воды, труба аварийного слива.

Для изготовления корпусов барабанов давлением до 4 МПа включительно, применяют следующий перечень сталей: сталь 3, сталь 4, сталь 3Г, сталь 20, сталь 15К, сталь 16К, сталь 18К, сталь 20К, сталь 22К, сталь 15ГС, сталь 17ГС, сталь 17Г1С.

В процессе эксплуатации на барабанах появляются различного рода дефекты. Анализ повреждаемости барабанов показывает, что большая часть дефектов корпусов барабанов это трещины, коррозионные раковины,

скопления трещин, свищи. Для устранения перечисленных дефектов применяют, в основном, сварочные технологии [3].

Рассмотрим в качестве примера выполнения корпуса барабана сталь 20. Содержание химических элементов в данной стали отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 20 в процентах

Марка материала	углерод	кремний	марганец	хром	медь	никель	фосфор	сера
	Не более							
	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
Сталь 20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25	0,25	0,25	0,035	0,04

Цифра «20» в обозначении стали отображает содержание углерода в стали 20, который находится в стали в объёме порядка 0,2%. Углерод отвечает за прочность и твёрдость стали, её коррозионную стойкость. Повышенное содержание углерода может привести к снижению свариваемости, повышению склонности к образованию трещин при сварке. Содержащийся в стали углерод в объёме 0,2% не ухудшает её свариваемости.

Кремний, содержание которого в стали 20 составляет 0,17...0,37 %, отвечает за раскисление (удавление из стали кислорода) и рафинирование (удавление из стали азота). За счёт этого уменьшается пористость при сварке и образование газовых раковин.

Механические характеристики стали 20 отражены в таблице 2

Таблица 2 – Механические свойства стали 20

Марка материала	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	$a_n$ , Дж/см <sup>2</sup> при температуре	
Сталь 20	МПа		%		-20	-60
	250	420	25	55	160	39

Сталь 20 характеризуется высокой пластичностью, умеренными значениями прочности и твёрдости. Поскольку сталь обладает повышенной вязкостью, она хорошо сопротивляется ударным воздействиям. Однако знакопеременные нагрузки сталь 20 переносит относительно плохо [4].



Оценить возможность получения сварных соединений стали 20 можно определив такой показатель как ее свариваемость. Согласно определению в ГОСТ 29273–92, свариваемость является комплексной характеристикой [3]. 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. 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. Если получить работоспособное соединение в данных условиях эксплуатации одним способом невозможно, применив другой способ можно получить соединение, успешно эксплуатируемое в данных условиях [3].

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 20. Для оценки влияния химического состава стали на ее свариваемость применяют

расчетные зависимости по определению эквивалента углерода формула по определению эквивалента углерода, в ГОСТ 19281-89 формула выглядит так:

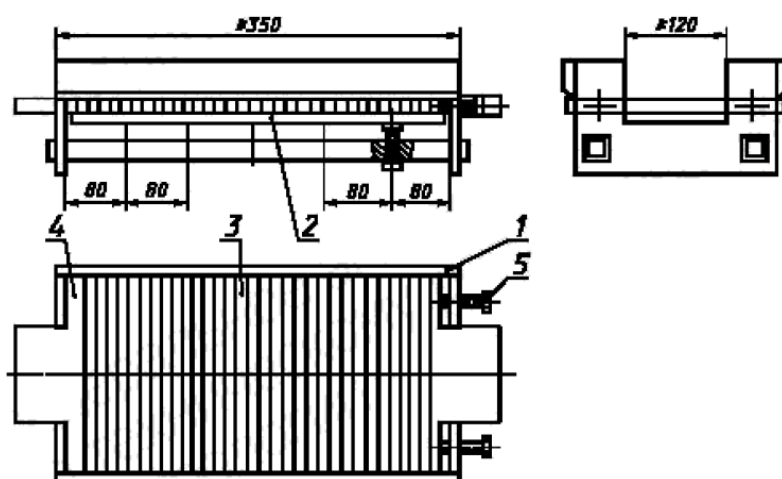
$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

После того, как по данной формуле определено численное значение  $C_{\text{Э}}$  его анализируют, сопоставляя с фиксированными показателями [2]. 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 [5]. 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 [6].

Например, валиковая проба, подробно описана в ГОСТ 13585-68. Данная проба позволяет в зависимости от величины погонной энергии сварки

определить для сталей режимы сварки, обеспечивающие получение качественного соединения [7]. Возможны два варианта наплавки валиков. Наплавка валиков на составную пластину, рисунок 4, 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.

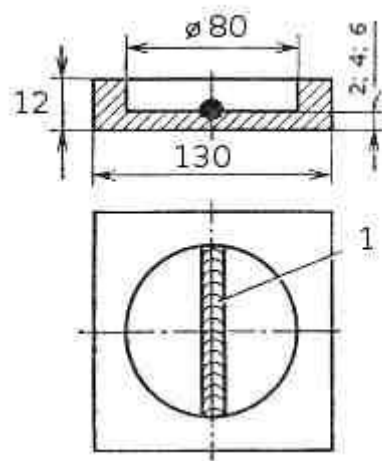
Рисунок 4 – Кондуктор для сборки под сварку составных пластин

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 [19, 20] .

Так согласно пробе Кировского завода на дно образца выполненного в виде стакана наплавляют валик, рисунок 5. В процессе наплавки со дна стакана, противоположной месту сварки стороны, выполняют охлаждение водой или воздухом [8]. 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 [9].



1 – Наплавленный валик

Рисунок 5 – Проба Кировского завода

## 1.2 Базовая технология восстановления корпуса барабана

При ремонтной сварке барабана парового котла должны выдерживаться определенные технические условия. Техническими условиями называют требования, предъявляемые к конструкции при ее изготовлении [12].

Технические условия, согласно ГОСТ 1500-1-88 должны соответствовать требованиям технического задания и стандартов на данный вид продукции, т.е. учитывать опыт проектирования, изготовления и эксплуатации [11].

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 металлопроката;
- марка ГОСТ материала;
- механические свойства металлопроката;
- химический состав металлопроката;
- номер партии металлопроката.

При отсутствии сертификата, металл в производство не допускается, до его проверки в заводской лаборатории [13].

Поверхность проката не должна иметь наружных дефектов, в противном случае они подлежат удалению с последующей заваркой и зачисткой [18].

Прокат может храниться в стеллажах штабелях, как в открытых, так и в закрытых складах.

Металлопрокат 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.

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 [22].

Конструктивные элементы разделки кромок под сварку должны соответствовать требованиям ГОСТов: ГОСТ 8713-79, 5264-80 [3], 14771-76 [4], 15878-79.

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

В кольцевых сварных соединениях допускается смещение кромок не более 10% плюс 1мм по наименьшей толщине листа, но не более 3 мм.

Прихватку необходимо выполнять только в местах сварки, теми же сварочными материалами, что и основной шов [6]. Размеры прихваток оговариваются в технологической документации, где также указывается их расположение. Все прихватки должны быть очищены от шлака и брызг [3].

Необходимо следить за исправностью мерительного и вспомогательного инструмента используемого при сборке [7].

Требования к выполнению сварочных работ.

К выполнению сварочных работ допускаются специально обученные и аттестованные на этот вид работ сварщики. Сварщики всех специальностей и квалификаций, кроме газосварщиков, должны иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже II. Кроме того, все сварщики должны сдать испытания на знание противопожарных мероприятий и требований по безопасности труда [18].

Сварщики допускаются к тем видам работ, которые указаны в удостоверении. В удостоверении должны быть перечислены способ и положение сварки, вид работ, марки или группы стали, к сварке которых допускается сварщик [19].

Сварщик, впервые приступающий в данной организации к сварке, несмотря на наличие удостоверения, должен перед допуском к работе пройти проверку путем сварки допускных (пробных) стыков. Допускные стыки должны быть идентичны производственным стыкам, которые будет сваривать проверяемый сварщик, или однотипны с ними [20].

К термообработке сварных соединений (включая предварительный и сопутствующий подогрев) трубопроводов и труб котлов допускаются термисты-операторы термических установок, прошедшие специальную подготовку, сдавшие соответствующие испытания и имеющие удостоверение на право производства указанных работ в монтажных и ремонтных условиях. Термисты-операторы должны сдать испытания не ниже чем на III квалификационную группу по электробезопасности, а также по противопожарным мероприятиям и охране труда. Термисты-операторы подвергаются ежегодной переаттестации, результаты которой должны быть оформлены протоколом и соответствующей записью в удостоверении [17].

Подготовку термистов-операторов предприятие — производитель работ осуществляет на специальных курсах или в учебных комбинатах (центрах) по программе, утвержденной вышестоящей организацией.

Аттестацию и переаттестацию термистов-операторов производит комиссия, созданная для аттестации сварщиков, или комиссия по проверке знаний по безопасности труда [16].

К контролю сварных соединений труб физическими методами (в том числе стилокопированием швов и деталей) допускаются контролеры, аттестованные в соответствии с «Правилами аттестации специалистов неразрушающего контроля» (Госгортехнадзор России, 1992).

Соблюдение технологического процесса должно контролировать ОТК.

Применяемые сварочные материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ и иметь сертификат. Электроды толстопокрывые 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 [15].

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 [14].

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 сварке ремонтной сварке барабана применяются сварочные материалы, предусмотренные технологическим процессом, т.е. сварочная проволока, флюс, электроды [13].

Каждый моток сварочной проволоки (бухта, катушка) должен быть обернут слоем бумаги, затем слоем полимерной пленки, нетканых материалов или тканью из химических волокон [14].

При механизированной упаковке каждый моток проволоки должен быть обернут слоем кабельной крекированной бумаги по ГОСТ 10396-75.

Электроды и проволока должна 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%

Наибольшее применение в практике ремонта предприятия получил технологический процесс вырезки дефектного участка и варки заплата [13].

Заплата должна изготавливаться из листовой стали марки, соответствующей марке корпуса барабана. Толщина заплата должна быть равна толщине исходного металла или превышать ее не более чем на 3 мм.

Металл, из которого изготавливается заплата, должен иметь сертификат завода-изготовителя. Форма вырезки дефектного участка должна по возможности приближаться к кругу, овалу или прямоугольнику с радиусом закругления в углах не менее 50 мм. Кромка реза должна отстоять от дефекта на расстоянии не менее 30 мм [13].

Лист, из которого будет изготавливаться заплата, должен быть проконтролирован на сплошность, изогнут на вальцах или другим способом радиусом, равным радиусу барабана [12].

Вырезка дефектного участка корпуса и заплата из листа производится по шаблону кислородной, плазменно-дуговой или воздушно-дуговой резкой с припуском на механическую обработку для удаления следов огневой резки.

Размеры заплата должны быть такими, чтобы при установке ее зазор по всему периметру был в пределах 2—4 мм [11].

Кромки на заплата и корпусе барабана обрабатываются под стыковое соединение с углом скоса  $15^\circ$  и притуплением 1,5—2 мм.

Подготовку кромок заплата и барабана следует выполнять таким образом, чтобы по возможности избегать потолочных швов. Поэтому если заплата ставится в нижней части барабана, то раскрытие кромок должно быть внутрь барабана и, следовательно, сварка должна производиться изнутри. В случае постановки заплата в верхней части барабана раскрытие кромок делается с наружной стороны барабана, и сварка производится снаружи [10].

Заплаты небольшого размера (длиной или диаметром до 200 мм) устанавливаются с равномерным зазором 2—4 мм и прихватываются через

каждые 150—200 мм швами длиной 15—20 мм и высотой 8—10 мм. Заплаты большего размера следует устанавливать с помощью сборочных планок, приваренных к заплате по всему периметру с обеих сторон (внутренней и наружной) на таком расстоянии друг от друга, чтобы было обеспечено правильное положение заплаты относительно отверстия, рисунок 6. Сборочные планки могут быть изготовлены длиной 100—150 мм, сечением примерно 20x10 мм. Заплата устанавливается, со смещением так, чтобы с двух сторон зазор совсем отсутствовал или был меньше, чем с противоположных сторон, где он должен составлять 3—5 мм [10].

Сварка начинается со стороны, собранной с зазором, и ведется обратноступенчатым способом участками длиной 150—200 мм от ее середины в направлении и последовательности, указанными на рисунке 6 стрелками и цифрами. По мере заполнения разделки сборочные планки срубаются и места приварки планок зачищаются абразивным инструментом.

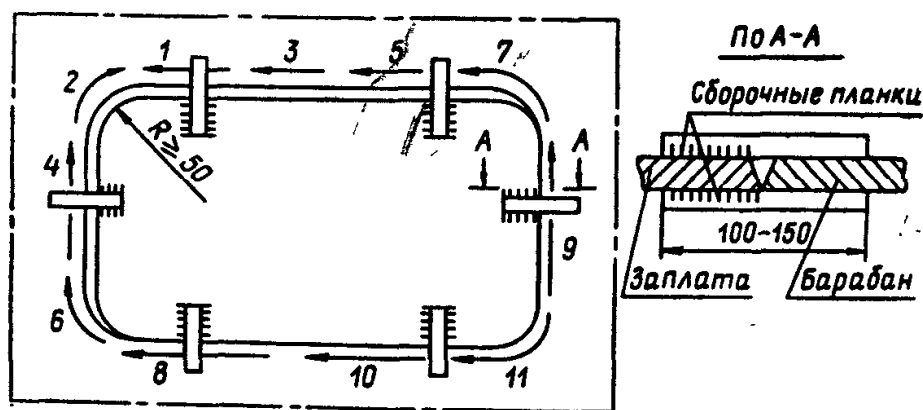


Рисунок 6 – Расположение заплаты в отверстии.

После заполнения разделки шва производится подварка корня с предварительной зачисткой и, при необходимости, с подрубкой металла шва.

Поверхность сварного шва с обеих сторон должна быть обработана абразивным инструментом.

### 1.3 Задачи работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель: уменьшение затрат материалов и повышение производительности при ремонте дефектных барабанов паровых котлов.

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

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи на выполнение выпускной квалификационной работы:

- выбрать способ сварки взамен применяемого;
- для выбранного способа сварки подобрать технологические режимы, сварочные материалы;
- разработать технологический процесс, основанный на предлагаемом способе сварки;
- следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности;
- следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экономического эффекта при внедрении в производство.

## 2 Разработка технологического процесса

### 2.1 Обоснование способа сварки взамен применяемого

Построение технологии выполнения ремонтной сварки дефектных мест барабана парового котла требует обоснования выбора способа сварки. При выборе способа сварки необходимо руководствоваться:

- свойствами материала свариваемых деталей;
- толщиной свариваемых деталей;
- габаритами выполняемой конструкции;
- повышением производительности и снижением издержек при сварке конструкции.

Для выбора способа сварки возможные к применению варианты проанализируем в таблице 3.

Таблица 3 – Выбор способа сварки

Способ сварки	Преимущества	Недостатки
1	2	3
Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	1. Высокая маневренность 2. Простота 3. Дешевизна	1. Низкая производительность 2. Качество сварки в большой степени зависит от квалификации сварщика
Механизированная сварка в среде углекисл. газа	1. Маневренность 2. Достаточная простота 3. Углекислый газ - дешевый защитный газ 4. Защита дуги от вредного влияния атмосферы хорошая 5. Высокая производительность	1. Несколько повышенное разбрызгивание металла 2. Сильное окисление металла шва

Рассматриваемая конструкция выполнена из стали 20, низколегированной низкоуглеродистой стали, сварка которой возможна с применением всех известных способов [1]. Поскольку выполняется ремонтная сварка единичных дефектов на корпусе барабана парового котла,

такое производство нельзя считать массовым. Для такого случая целесообразно применять ручные и механизированные способы сварки.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа для построения проектной технологии предлагаем применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Выбранный способ позволяет получать сварные швы во всех пространственных положениях, обеспечивает высокое качество сварного соединения.

Технологический процесс, согласно ГОСТ 3.1109-82 это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

## **2.2 Выбор сварочных материалов**

Исходными данными для выбора сварочных материалов является:

- основной материал основной конструкции;
- условия работы конструкции;
- 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 материала барабана парового котла. 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. Так например при дуговой сварке в  $\text{CO}_2$  важнейшей особенностью является сильное окисление металла шва. Поэтому сварочные материалы необходимо

назначать с высоким содержанием активных раскислителей: марганца и кремния.

Для сварки в CO<sub>2</sub> исходя из условий равнопрочности можно выбрать самую дешёвую проволоку Св-08, но учитывая специфические особенности этого способа сварки, то есть сильное окисленное воздействие углекислого газа на наплавленный металл, которое необходимо компенсировать за счёт введения раскислителей, в состав сварочной проволоке Св-08Г2С, ГОСТ 2246-70. Химический состав проволоки, в %, приведён в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав проволоки

Марка проволоки	C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P
	Не более						
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-0,95	1,8-2,1	0,25	0,2	0,025	0,03

Данная проволока улучшает качество сварного шва элементами, которые при сварке переходят в металл шва, т.е обеспечивают легирование.

Расход сварочной проволоки рассчитаем по формуле (2).

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

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

В качестве защитного газа выбран углекислый газ 1-го сорта по ГОСТ 8050 - 85 с чистотой 99%. Углекислый газ - бесцветный газ, с едва уловимым запахом, тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде, придавая ей кислый вкус.

### 2.3 Предлагаемые технологические варианты ремонтной сварки

Согласно требованиям РД 34.15.027-93. ремонт должен выполняться по технологии, разработанной для каждого конкретного случая и согласованной с заводом — изготовителем или специализированной научно-

исследовательской организацией в области сварки, приведенной в приложении к «Правилам устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов» Госгортехнадзора России.

Для выполнения всех сварочных и наплавочных операций, изложенных в настоящем разделе проекта, предусматриваем использование электродов, соответствующих основному металлу, диаметром 2,5—4 мм.

Контроль качества наплавки коррозионных раковин, сварных соединений заварки трещин и вварки заплат предусматриваем путем визуального контроля и ультразвуковой или радиографической дефектоскопии в объеме 100% (по всей поверхности наплавки и на всей длине сварного шва). В случае обнаружения при визуальном контроле дефектов в виде трещин или сомнительных мест в сварном соединении должен быть произведен контроль магнитопорошковой или капиллярной дефектоскопией. Обнаруженные при контроле недопустимые дефекты должны исправляться [18].

Коррозионные раковины допускается исправлять путем наплавки в случае, если глубина раковины не превышает 50% толщины стенки трубопровода. При большей глубине разъедания или поверхности дефекта более 250 см<sup>2</sup> исправление такого участка производится путем его вырезки и вварки заплата. Участки с глубиной выборки (после удаления дефектного металла) менее 10% толщины стенки трубопровода могут быть оставлены без наплавки, если толщина стенки в месте наибольшей глубины выборки не будет меньше расчетной.

Дефектный участок должен быть тщательно зачищен и определены его границы. Удаление дефектного металла следует производить абразивным инструментом, не допуская острых углов и резких переходов.

После удаления дефектного металла поверхность выборки подвергается травлению 10% раствором азотной кислоты в спирте и тщательному визуальному контролю; если будут обнаружены трещины, то они должны быть выбраны абразивным кругом или исправлены в

соответствии со следующими требованиями. Концы должны быть точно определены путем травления или капиллярным методом и засверлены сверлом диаметром 2—3 мм, после чего дефектный металл удаляют полностью. При сквозной трещине для удобства последующего заплата целесобразно оставлять слой металла толщиной 2—2,5 мм в качестве подкладки нового шва (эту толщину проверяют несколькими сквозными сверлениями). Подварку в этом случае нужно начинать с переплавления оставшейся части стенки с трещиной, причем сварщик должен следить за полным (сквозным) расплавлением стенки, если перед электродом перемещается маленькое сквозное отверстие, то это означает, что сварка идет с полным проваром.

Наплавка выполняется многослойной. Первый слой валиков накладывается перпендикулярно образующей барабана, каждый последующий—перпендикулярно предыдущему. Каждый валик должен перекрывать соседний на  $1/3$ — $1/2$  его ширины.

В случае, если поверхность раковины после удаления дефектного металла превышает  $200$ — $250$  см<sup>2</sup>, ее заварка производится следующим образом. Первый слой (или два первых слоя) накладываются перпендикулярно образующей барабана. Затем вся площадь выборки разбивается на квадратные участки со стороной 50—100 мм, которые наплавляются в последовательности, указанной цифрами на рисунке 7.

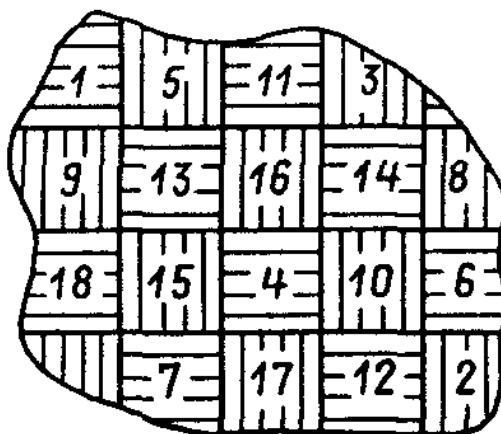


Рисунок 7 - Последовательность наложения валиков



После окончания наплавки вся ее поверхность обрабатывается абразивным кругом заподлицо с основным металлом и производится контроль качества наплавленного участка [2].

Поверхность корпуса в районе обнаруженной трещины должна быть тщательно зачищена до металлического блеска, определены границы распространения трещины, произведена разделка места будущей заварки и контроль полноты удаления дефектного металла.

При глубине трещины размером более  $1/3$  толщины стенки корпуса разделку трещины производят насквозь и ремонтируют как сквозную трещину.

Если после удаления дефектного металла образовалась сквозная разделка шириной в корне в пределах 6—12 мм, то заварка выборки должна производиться на подкладной планке. После заварки планка удаляется, корень шва зачищается и при необходимости подваривается.

Если ширина разделки в корне шва составляет 12—40 мм, то подкладную планку можно не удалять, обварив ее по периметру ниточным швом, а в концах разделки установить штуцерные заглушки, обработав предварительно концы разделки резцом или абразивным кругом под наружный диаметр заглушки, рисунок 8.

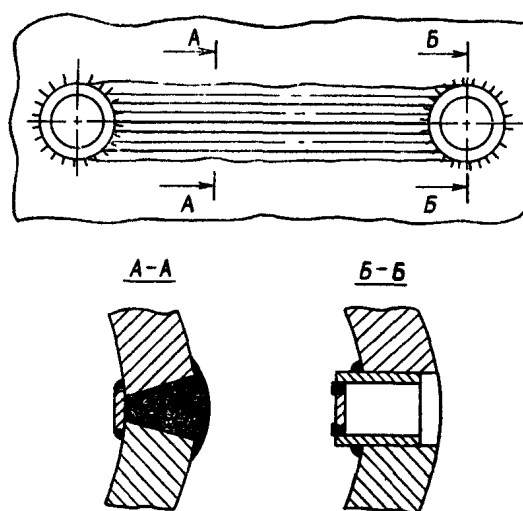


Рисунок 8 - Схема варки штуцерной заглушки

Штуцерные заглушки целесообразно устанавливать также в качестве разгрузочных элементов посреди протяженных трещин (длиной более 300—400 мм) в случае, если трещина располагается в месте корпуса с низкой деформационной способностью (вблизи приваренных ребер жесткости, перегородок, и т.д.).

При значительной ширине разделки в корне шва (более 30—40 мм) следует устанавливать заплату шириной не менее 100 мм в соответствии с требованиями раздела 1 данной работы.

Заварка трещины при ее длине более 150 мм производится обратноступенчатым способом с минимальным разогревом металла.

Наплавленный металл должен на 1,5—2 мм превышать поверхность корпуса барабана. Поверхность шва должна быть обработана абразивным кругом до гладкой поверхности заподлицо с основным металлом или с плавным переходом к нему.

В случае расположения нескольких трещин в одном месте, ограниченном окружностью не более 100 мм, рисунок 9, целесообразно исправить такой дефект путем сварки заглушки.

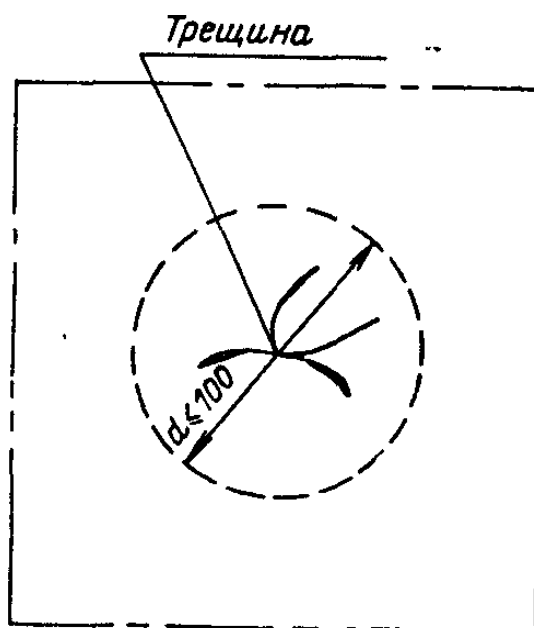


Рисунок 9 - Скопление трещин на стенке корпуса

Для этого сначала устанавливаются методом травления границы распространения трещин, затем дефектное место удаляется путем высверливания или газовой резки с последующей обработкой отверстия абразивным кругом либо резцом (фрезой), устанавливается заглушка и обваривается. Сварку следует производить электродами диаметром не более 3 мм с минимальным тепловложением. Заглушки привариваются многослойным швом катетом, равным толщине трубы, из которой изготовлена заглушка.

Оборудование для проведения процесса сварки принимаем производства EWM, рисунок 10.



Рисунок 10 – Сварочный аппарат EWM

Аппарат способен работать со сварочной проволокой диаметром от 1 до 2х миллиметров.

### **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 следующих операций. Операции, контроля заготовок и сварочных материалов, принимает участие в данной технологической операции дефектоскопист. Затем наступает операция подготовки заготовок к сварке, занимается данной технологической операцией слесарь-сборщик. После чего выполняется соединение деталей при помощи прихваток, выполняемых посредством механизированной сварки, выполняет данные технологические манипуляции электросварщик. Затем выполняется сварной шов посредством механизированной сварных соединений, задействован при выполнении данных технологические манипуляции электросварщик. И завершающая операция – контроль, задействован в ней дефектоскопист, таблица 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 барабана и сварочных материалов	Дефектоскопист	Измерительный инструмент.	Рукавицы
2) подготовка барабана к сварке	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая, ветошь.	Рукавицы, ацетон
3) соединение заплата при помощи прихваток	Электросварщик	Сварочный аппарат EWM	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) выполнение сварных соединений	Электросварщик	Сварочный аппарат EWM	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
5) операция проверки качества ремонтной сварки	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 [21].

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"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.</li> </ul>	- инструменты
2) подготовка барабана к сварке	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	- аппарат плазменной резки
3) соединение заплаты при помощи прихваток	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы;</li> <li>- подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оснастка сборочная универсальная;</li> <li>- струбицины;</li> <li>- угольник;</li> <li>- линейка;</li> <li>- сварочный аппарат EWM PHOENIX 351</li> <li>- зачистная машинка;</li> <li>- сварочная дуга;</li> </ul>
4) выполнение сварных соединений	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с высокой температурой производственных объектов способных вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сварочный аппарат EWM PHOENIX 351;</li> <li>- сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>

## 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 [22].

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 условия 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.	-

Перечисленные в таблице средства защиты минимизируют действие вредных факторов на организм человека.



### 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	Установлено на участке оборудование	«Классификация по виду горящего вещества» [23]	«Наименование основных опасных факторов пожара» [23]	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка рассматриваемого изделия	Сварочный аппарат EWM PHOENIX 351, 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, запитанном 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

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

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 ремонтной сварки барабана парового котла	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками 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 приведены мероприятия по борьбе с факторами негативно влияющими на окружающую среду.

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
Сварка по методу MMA.	«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 капиллярного метода контроля» [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 [24]. 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 ремонтной сварки. На основании анализа передовых достижений сварочной науки и возможных вариантов сварки рассматриваемого изделия предложен способ механизированной сварки в газовой смеси. 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 ремонтной сварки основан на дуговой сварке штучными электродами. Сварка по предлагаемому варианту в газовой смеси 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.

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	$C_{об}$	Руб.	130000	350000
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	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Значения коэффициента полезного действия предлагаемого оборудования применяемого оборудования	КПД	-	0,7	0,85

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Площадь занимаемая предлагаемым и применяемым оборудованием	$S$	$m^2$	11	11
Затраты на эксплуатацию производственных площадей для предприятия	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
Принятые значения цены производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	$P/m^2$	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  $B = 7\%$ :

$$F_3 = F_H(1-B/100). \quad (4)$$

Расчёты согласно (4) показывают значение 2054 часа:

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

### 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  $t_{п-з}$ .

$$t_{шт} = t_{п-з} + t_{отд} + t_{обсл} + t_{маш} + t_{всп} + t_{п-з} \quad (5)$$

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  $L = 1000$  миллиметров.

Для определения машинного времени воспользуемся зависимостью:

$$t_{маш} = \frac{\sum L}{V_{св}} \quad (6)$$

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

$$t_{машб} = 100/20 = 5 \text{ мин} = 0,16 \text{ час}$$

$$t_{машпр} = 100/50 = 2 \text{ мин} = 0,06 \text{ час}$$

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:	5	0,75	0,5	0,25	0,05	6,55
Предлагаемый	2	0,3	0,2	0,1	0,02	2,62

Согласно заданию на выпускную квалификационную работу годовая программа составляет  $P_{\Gamma}=500$  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:

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

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  $K_3$  для применяемого на предприятии варианта и предлагаемого варианта:

$$K_{3б} = 0,02/1 = 0,02; \quad K_{3п} = 0,017/1 = 0,017.$$

#### **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:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-З} \quad (9)$$

где норма расходов  $H_p$ , цена штучных электродов  $C_M$  и коэффициента  $K_{ТЗ}$  транспортно-заготовительных расходов.

Определенные согласно (9) для применяемого варианта:

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

Для выполнения сварных швов в предлагаемом варианте технологии необходима сварочная проволока и газовая смесь. Предлагаемый вариант технологического процесса нуждается в сварочной проволоке и защитных газах.

Определенные согласно (9) расходы на сварочную проволоку и газовую смесь для применяемого варианта:

$$M_{баз.} = 13 \cdot 5 \cdot 1,05 = 68,25 \text{ руб.},$$

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

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_д. \quad (10)$$

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

$$Z_{осн.баз.} = 0,10 \cdot 200 \cdot 1,88 = 37,60 \text{ руб.},$$

$$Z_{осн.проектн.} = 0,04 \cdot 175 \cdot 1,88 = 13,60 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$Z_{доп.базов.} = 37,60 \cdot 12/100 = 4,50 \text{ руб.},$$

$$Z_{доп.проектн.} = 13,60 \cdot 12/100 = 1,63 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi ЗП_{базов.} = 37,60 + 4,50 = 42,10 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 13,60 + 1,63 = 15,23 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$O_{\text{сн баз.}} = 42,10 \cdot 34 / 100 = 14,31 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 15,23 \cdot 34 / 100 = 5,17 \text{ руб.}$$

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

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

Для определения размера амортизации  $A_{\text{об}}$  понадобится информация по цене оборудования  $C_{\text{об}}$ , по норме амортизации  $H_{\text{а}}$ , ранее рассчитанным значениям машинного времени  $t_{\text{маш}}$ , и эффективного фонда времени  $F_{\text{э}}$  по формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot H_{\text{а}} \cdot k_{\text{з}}}{\Phi_{\text{р}} \cdot 100}. \quad (14)$$

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

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

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

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

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (15)$$

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:

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

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

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:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 308,01 + 1,15 \cdot 42,10 = 308,01 + 48,41 = 356,42 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 157,88 + 1,15 \cdot 15,23 = 157,88 + 17,51 = 175,39 \text{ руб.}$$

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	2	3	4
1. Расходы на вспомогательные материалы	М	63,5	63,5
2. Расходы на заработную плату	ФЗП	88,43	29,38
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	30,06	9,98

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
4. Затраты на оборудование	$Z_{об}$	7,58	15,68
5. Технологическая себестоимость	$C_{тех}$	189,57	118,54
6. Цеховые расходы	$P_{цех}$	118,44	39,34
7. Цеховая себестоимость	$C_{цех}$	308,01	157,88
8. Заводские расходы	$P_{зав}$	48,41	17,51
9. Заводская себестоимость	$C_{зав}$	356,42	175,39

#### 4.5 Определение капитальных затрат

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

$$K_{ОБЩБ} = C_{ОББ} \cdot K_{ЗБ} \quad (19)$$

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

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

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

$$C_{ОБ.Баз.} = 130000 - (130000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 74100 \text{ руб.},$$

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

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 74100 \cdot 0,02 = 1482 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 350000 \cdot 1,05 \cdot 0,17 = 62475 \text{ руб.}$$

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  $C_6$  и значения рыночной стоимости оборудования  $C_{пр}$  по предлагаемому варианту технологии. Также понадобится информация по значениям коэффициентам на монтаж и демонтаж оборудования  $K_д$  и  $K_м$ , расчеты выполняются по формулам:

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

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

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

$$K_{ДЕМ} = 1 \cdot 140000 \cdot 0,05 = 7000 \text{ руб.},$$

$$K_{МОНТ} = 350000 \cdot 0,05 = 17500 \text{ руб.},$$

$$K_{СОП} = 7000 + 17500 = 24500 \text{ руб.}$$

Расчет выполненный по формуле (21) соответствующих значений:

$$K_{ОБЩ.ПР} = 62475 + 24500 = 86975 \text{ руб.}$$

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

$$K_{доп} = K_{ОБЩ.ПР} - K_{ОБЩ.Б} \quad (26)$$

Расчет выполненный по формуле (26) показывает, что величина дополнительных капитальных вложений составляет 85493 рублей:

$$K_{доп} = 86975 - 1482 = 85493 \text{ руб.}$$

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

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

где  $\Pi_{Г}$  – годовая программа выпуска изделий согласно заданию на бакалаврскую работу.

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

$$K_{удБаз.} = 1472/500 = 2,94 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 85493/500 = 170 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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 трудоёмкости составляет 126%:

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

Для определения величины повышения производительности труда  $\Delta\Pi_T$  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  $\text{Пр}_{ож}$  при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$\text{Пр}_{ож.} = \text{Э}_{у.г.} = \left( C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (31)$$

Расчет выполненный по формуле (31) показывает, что величина ожидаемой прибыли для варианта механизированной сварки в среде защитных газов составляет 90515 рублей:

$$ПР_{ОЖ} = ЭУ_{.Г.} = (356,42 - 175,39) \cdot 500 = 90515 \text{ руб.}$$

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

$$T_{OK} = \frac{K_{общпр}}{Э_{УГ}} \quad (32)$$

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

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

Для определения годового экономического эффекта  $Э_{Г.}$  при внедрении предлагаемых в бакалаврской работе технических решений воспользуемся формулой:

$$Э_{Г.} = Э_{УГ} - E_{Н.} \cdot K_{доп} \quad (33)$$

Расчет выполненный по формуле (33) показывает, что величина годового экономического эффекта с учетом компенсации капитальных затрат, определенных в разделе 4.4, составит 62306 рублей.:

$$Э_{Г.} = 90515 - 0,33 \cdot 85493 = 62306 \text{ руб.}$$

Применяемая на предприятии технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия основана на дуговой сварке штучными электродами. Механизированная сварка по предлагаемому варианту в газовой смеси обладает преимуществами, согласно результатов расчетов обеспечивающих повышение производительности, что было поставлено в качестве цели бакалаврской работы. В результате применения этой

разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в полтора раза.

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 90515 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 62306 рублей. 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

В работе поставлена цель – уменьшение затрат материалов и повышение производительности при ремонте дефектных барабанов паровых котлов.

Для достижения поставленной цели в работе 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;
- выполнена оценка предложенных решений с точки зрения экологической безопасности;
- выполнена оценка предложенных решений с точки зрения экономического эффекта при внедрении в производство.

Анализ конструктивных особенностей и условий эксплуатации барабанов паровых котлов и дефектов, возникающих при их эксплуатации показал что возможными ремонтными технологиями для небольших повреждений могут быть: наплавка коррозионных раковин; заварка трещин; вварка заплат. Предложено для устранения перечисленных дефектов применить механизированные методы сварки.

Разработаны типовые технологические процессы ремонта различных дефектов корпуса барабана парового котла позволяющие не только уменьшить расход материалов, но и уменьшить трудоемкость. Разработаны методы контроля восстановленных участков барабанов котлов.

## 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. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений. М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997. 319 с.: ил.
4. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004379> (дата обращения: 3.12.2021)
5. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004932> (дата обращения: 3.12.2021)
6. ГОСТ 9466-76. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. М., 1988. [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9466-75> (дата обращения: 4.12.2021)
7. Голицын А.В. Организация производства. Учеб. для проф. учеб. заведений. М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2015. 214 с.
8. ГОСТ Р ЕН 13479-2010 Материалы сварочные. Общие требования к присадочным материалам и флюсам для сварки металлов плавлением [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084970> (дата обращения: 4.12.2021)
9. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам

подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2012. 135 с.

10. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.

11. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008.-77 с.

12. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ ; гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2002. - 286 с.

13. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учеб. пособие для студ. спец. 150202 "Оборудование и технология сварочного производства" / М. Г. Козулин. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2010. - 305 с.

14. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

15. Потапов Н.Н., Баранов Д.Н., Каковкин О.С. Сварочные материалы для дуговой сварки: Справочное пособие: В 2-х т. Т.2: Сварочные проволоки и электроды. - М.: Машиностроение, 1993 -768 с.

16. Сварка и резка материалов : учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.] ; под ред. Ю. В. Казакова. - 2-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Академия, 2002. - 394 с.

17. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ. изд./Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. - 574 с.

18. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат, 1977. 780с.

19. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.



20. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.

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

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

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

24. 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.