

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Сварка топливных баков из нержавеющей стали

Студент

А.И. Рябошлык

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

Цель бакалаврской работы – повышение качества при сварке топливных баков из нержавеющей стали. Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи: выбран способ сварки; выбрано необходимое сварочное оборудование; разработан технологический процесс; предложены технические и организационные мероприятия обеспечивающие охрану здоровья и жизни рабочих; выполнен расчет экономической эффективности предложенных мероприятий.

Графическая часть содержит 6 листов формата А1. Пояснительная записка содержит 52 стр. формата А4, 7 рисунков, 8 таблиц.

Проведен анализ базовой технологии сварки топливных баков из нержавеющей стали, изучены требования к изделию, выявлены недостатки базовой технологии сборки и сварки, для их устранения предложено применить сварку неплавящимся электродом с механизированной подачей присадочной проволоки. Подобраны режимы сварки и разработана типовая технология сборки и сварки. Выбрано оборудование. Для обеспечения защиты рабочих, участвующих в сварке от опасных вредных производственных факторов разработаны технические и организационные мероприятия. Показано, что экономический эффект от внедрения результатов бакалаврской работы в производство составит 73860 руб.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Изделие и его характеристика.....	6
1.3. Применяемый технологический процесс изготовления бака	8
1.4. Анализ работ по проблемам сварки нержавеющей сталей.....	12
1.5. Задачи работы	17
2 Технологический процесс сварки бака топливного	18
2.1 Выбор режимов сварки и вспомогательных материалов	18
2.2 Технология сварки.....	19
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	22
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	22
3.2 Идентификация профессиональных рисков	23
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	25
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	27
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	29
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии	31
4.1 Исходная информация для выполнения экономической	31
оценки предлагаемых технических решений	31
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	33
4.3 Расчёт штучного времени.....	34
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии ..	37
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии .	42
4.6 Показатели экономической эффективности	44
Заключение	48
Список используемой литературы и используемых источников.....	49

Введение

Для автомобилей, эксплуатируемых в условиях езды по пересеченной местности одной из проблем является сохранность узлов и агрегатов, расположенных под днищем. В частности топливные баки. В настоящее время общей тенденцией мирового автомобилестроения является переход на топливные баки из различных полимеров. Данный конструкционный материал при формовании обеспечивает форму бака, наиболее близко совпадающую с имеющейся полостью в кузове. Другим направлением, характерным для грузовых автомобилей, является изготовление топливных баков из алюминия. Однако при эксплуатации в условиях пересеченной местности возможны различные повреждения таких баков.

Традиционно применяемая низкоуглеродистая сталь подвержена коррозии, что усугубляется наличием механических воздействий извне на корпус бака. Продукты коррозии слабо улавливаются системой фильтров и оказывают негативное воздействие на топливную систему автомобиля.

Поэтому есть спрос на топливные баки из нержавеющей стали. Хотя они и дороже традиционных стальных с покрытием, но их эксплуатационные характеристики нейтрализуют разницу в цене.

Однако при изготовлении таких баков перед технологами встает ряд проблем. Хотя нержавеющие топливные баки не подвержены коррозии по традиционному для стальных баков механизму, для них существует опасность т.н. питтинговой коррозии. Поскольку толщина стенки топливного бака сравнительно невелика, возможным вариантом развития питтингового повреждения является нарушение герметичности топливного бака. У линии сплавления шва с основным металлом возможно развитие коррозионных процессов по механизму ножевой коррозии.

Анализ технических решений посвященных проблемам предотвращения возникновения и развития коррозионных процессов показывает что

предпочтительным вариантом является применение сталей обладающих двухфазной, аустенитно-ферритной структурой [19].

Также негативным моментом, инициирующим коррозию, является перегрев при сварке. Причиной перегрева может быть превышение силы тока и малая скорость сварки. Механизм отрицательного влияния перегрева следующий: из-за высокой температуры атомы углерода интенсивно диффундируют из глубины кристалла к поверхности, там соединяются с хромом, образуя карбиды, и поверхностный слой кристалла обедняется хромом. Выгорает хром и при увеличении длины сварочной дуги [19]. Традиционный метод сварки нержавеющей сталей способом TIG предусматривает ручную подачу присадочной проволоки. Данный технологический процесс характеризуется низкой производительностью, качество получаемых сварных соединений целиком и полностью зависит от сварщика. Кроме того, сам сварщик довольно быстро утомляется, что опять таки сказывается на производительности процесса сварки и качестве сварного соединения.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать следующую цель работы: повышение производительности и качества при сварке топливных баков из нержавеющей сталей.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Изделие и его характеристика

Как явствует из рисунка 1 топливный бак автомобиля представляет из себя достаточно сложный узел. На рисунке изображен топливный бак автомобиля ГАЗ-52-12. Если пересчитать номера позиций – получается 33. Вместе с тем, корпус самого бака выполнен из двух половинок освинцованной стали.

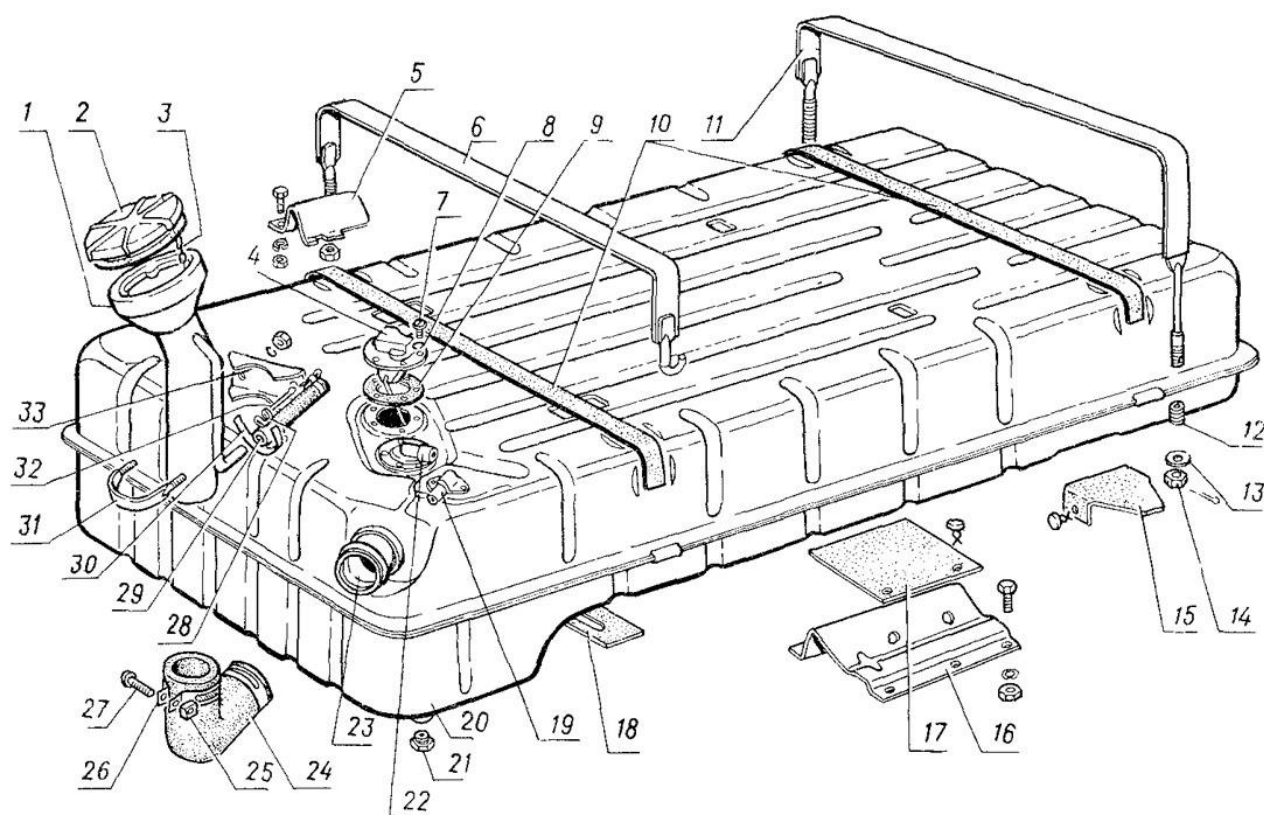


Рисунок 1 - Общий вид топливного бака

Последнее по устройству корпус рассматриваемого в данной работе топливного бака из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т, рисунок 2. Данный бак планируется к установке на грузовики для гонок по бездорожью.

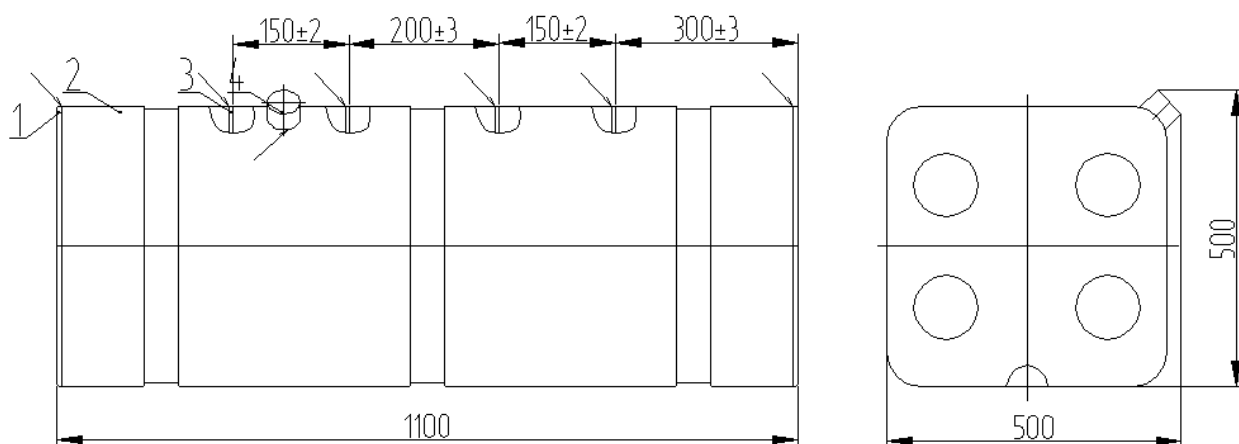


Рисунок 2 - Бак топливный из нержавеющей стали

Основу корпуса 2 составляет изогнутый лист, внутри корпуса находятся четыре перегородки 3, и с торцов корпус бензобака закрыт днищами 1.

Химический состав стали марки 12X18H10T отражен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 12X18H10T

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %
0,09	≤ 0,71	≤ 1,52	18,4	10,2	0,76	≤ 0,008	≤ 0,018

Наиболее подходящим вариантом соединения деталей топливного бака является сварка плавлением. Поэтому выполним анализ стали 12X18H10T на свариваемость.

Формула для расчетного определения эквивалента хрома:

$$Cr_{\text{экв}} = (Cr) + 2(Si) + 1,5(Mo) + 5(V) + 5,5(Al) + 1,75(Nb) + 1,5(Ti) + 0,75(W) \quad (1)$$

После подстановки в (1) соответствующих значений, см. табл. 1 получаем следующий результат

$$Cr_3 = 18 + 2 \times 0,8 + 1,5 \times 0,7 = 20,65\%$$

Формула для расчетного определения эквивалента никеля:

$$Ni_{\text{ЭКВ}} = (Ni) + (Co) + 0,5(Mn) + 0,3(Cu) + 25(N) + 30(C) \quad (2)$$

После подстановки в (1) соответствующих значений, смотри таблицу 1, получаем следующий результат

$$Ni_{\text{ЭКВ}} = 9 + 0,5 \times 1,8 + 0,3 \times 0,3 + 30 \times 0,1 = 12,99\%$$

Анализ диаграммы Шеффлера, рисунок 3, позволяет определить наличие ферритной фазы в количестве 5%. Сталь 12X18H10T по результатам анализа диаграммы Шеффлера, относится к группе хорошо свариваемых сталей.

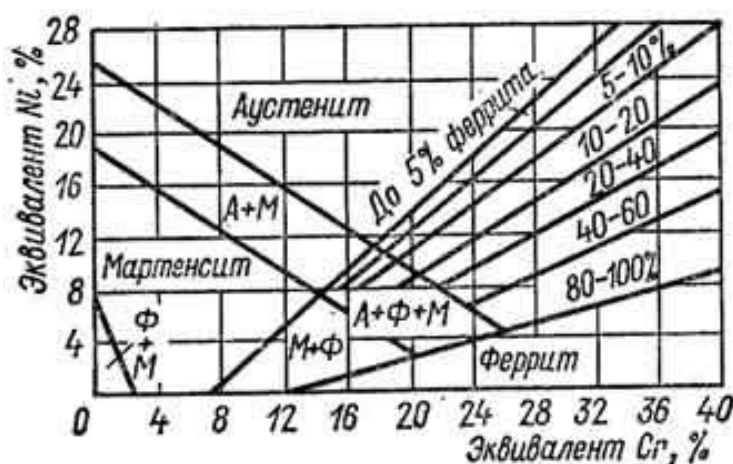


Рисунок 3 Диаграмма Шеффлера

1.3. Применяемый технологический процесс изготовления бака

Хранить до запуска в производство листы из нержавеющей стали следует исключив попадание атмосферных осадков, загрязнения или контакт с цветными металлами или сталью другой марки.

Технология сборки и сварки бака топливного предусматривает выполнение следующих операций: входной контроль; заготовительная; сборка и сварка бака; контроль качества.

Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;
- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования.

При запуске в производство листов из нержавеющей проверяются сертификаты и другие документы от поставщика.

Серповидность проката, изготавливаемого в рулонах, не должна превышать 10 мм на длине 2 м. По согласованию изготовителя с потребителем серповидность проката, изготавливаемого в листах, не должна превышать 2 мм на 1 м длины. Также по согласованию потребителя с изготовителем может устанавливаться другая предельная величина серповидности.

Резка листов должна проводиться под прямым углом. Косина реза и серповидность не должны выводить листы за номинальные размеры по ширине и длине.

«При изготовлении комплектующих бака следует обратить внимание на следующее. Рабочие поверхности оснастки и оборудования, на которых выполняются заготовительные операции, должны быть очищены от ржавчины. Ручную правку следует производить медными или свинцовыми кувалдами, или пользоваться подкладками из этих материалов при ударе стальными кувалдами. Забоины и царапины после правки не допускаются» [20].

«Разметку и маркировку заготовок рекомендуется выполнять на столах (площадках) с деревянным или алюминиевым настилом. Укладывать на настил заготовки (детали) следует только после очистки их поверхности от

загрязнений» [20].

Заготовительные операции. При выборе способа получения заготовок следует руководствоваться следующим: тип производства; годовая программа выпуска изделий; марка основного материала; номенклатура применяемого проката; производственные возможности предприятия изготовителя.

Учитывая приведенные выше требования, для резки листового проката выбираем – механическую резку на гильотинных ножницах.

Применение механической резки над термической заключается в том, что:

- более высока производительность;
- отсутствие необходимости в последующей механической обработке кромок;
- отсутствие зоны термического влияния.

Заготовка деталей начинается с доставки на заготовительный участок листового металла марки 12X18H10T с размерами 6000x1500x2. С помощью механической резки или плазменной резки осуществляется раскрой и резка металла по ранее запрограммированным параметрам и размерам.

После чего детали топливного бака отправляются на сварочный участок.

Перед началом сварки проверяется:

- допуск сварщика к выполнению данной работы;
- наличие квалификационного удостоверения у сварщика установленного образца;
- наличие сертификата на сварочные материалы;
- качество сборки или наличие соответствующей маркировки на собранных элементах, подтверждающих надлежащее качество сборки;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;
- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования.

Затем детали топливного бака укладываются в универсальное сборочное приспособление согласно чертежу, фиксируются детали струбцинами (прижимами).

Сварочные работы выполняются на аппарате EWM Phoenix 351, рисунок 4, его технические характеристики представлены в таблице 2.

После сварочного процесса производят зачистку от брызг металла, и вызывают сотрудников отдела контроля качества, которые проводят визуально-измерительный контроль:

- размеров детали и качества сварных швов;
- отсутствие видимых повреждений и деформаций на поверхностях топливного бака;
- выполняют контроль герметичности топливного бака.

Таблица 2 - Основные характеристики аппарата EWM PHOENIX 351

Тип устройства	Сварочный инвертор
Типы сварки	ручная дуговая сварка (MMA), аргонодуговая сварка (TIG), полуавтоматическая сварка (MIG/MAG)
Напряжение питающей сети	<u>380 В</u>
Частота тока в сети	50/60 Гц
Рекомендуемая мощность генератора	20.8 кВт
Максимальный ток	350 А
Напряжение холостого хода	80 В
Диапазон регулирования тока	<u>5-350 А</u>
Класс изоляции	Н
Степень защиты	IP23
Габаритные размеры	1085x450x1003 мм
MIG/MAG СВАРКА	
Сварочное напряжение	14.3-31.5 В
Потребляемая мощность	14.3 кВт



Рисунок 4 - Сварочный полуавтомат EWM PHOENIX 351

1.4. Анализ работ по проблемам сварки нержавеющей стали

«Проблемам сварки нержавеющей стали посвящено много научных работ, и к настоящему времени выработаны технологические рекомендации, соблюдение которых позволяет получать сварные швы без горячих трещин, и обладающих стойкостью к коррозионному разрушению» [20].

«Сталь 12X18H10T относится к аустенитным. Однако лучшими свойствами в процессе эксплуатации обладают стали с аустенитно-ферритной структурой. Такие стали обладают лучшей коррозионной стойкостью. Особенно при питинговой коррозии» [20]. Данный вид коррозии является недопустимым применительно к топливным бакам, так как может быть нарушена его герметичность. «Для феррита характерно растворение карбидов внутри зерна. В случае аустенитной структуры стали карбиды располагаются по границе зерен и являются местами образования питингов» [20].

«Для случая межкристаллитной коррозии если повреждение и возникло на границе аустенитных зерен, то граничащие с ними ферритные зерна, у

которых межзеренная граница не содержит карбидов, предотвратят сквозное разрушение» [20].

«Чаще применяют сталь, в которой от 2 до 8% феррита. Другим положительным моментом двухфазных сталей является повышенная стойкость к образованию горячих трещин в металле шва при сварке» [20].

«Отрицательное проявление феррита – старение стали и потеря пластичности. Однако это наблюдается при высоких рабочих температурах» [20]. Но температура эксплуатации топливных баков, даже в условиях гонок в условиях пустынь не достигает и 100 градусов по Цельсию.

«Также может быть повышена коррозионная стойкость при введении молибдена в количестве 2-3% [19]. Например, при сварке хромомолибденовых сталей перлитными электродами ЦП17 с последующей термообработкой взамен сварки аустенитными электродами отмечено снижение коррозионного растрескивания. В этой же работе показано, что промывка оборудования нефтехимических предприятий водно-аммиачным раствором, щелочная среда, уменьшает склонность к питтингообразованию» [20].

«К межкристаллитной коррозии может привести перегрев. Причиной перегрева могут быть такие отклонения от параметров технологического режима сварки как высокая сила сварочного тока, низкая скорость сварки. Также необходимо при многопроходной сварке дожидаться остывания наложенного валика и затем выполнять следующий валик. Высокая температура ускоряет процессы диффузии, атомы углерода диффундируют из глубины кристалла в приповерхностную область, там соединяются с атомами хрома в карбиды и поверхностный слой обедняется хромом» [20].

«Также уменьшается количество хрома при большой длине дуги. При увеличении длины дуги ухудшается защита сварочной ванны, выгорают такие элементы как хром, титан» [20].

«При длительном действии высокой температуры атомы углерода вследствие интенсивных диффузионных процессов перемещаются к

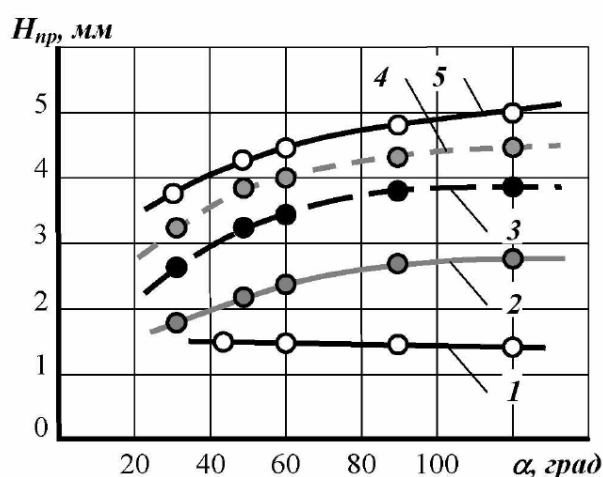
поверхности, соединяясь с атомами хрома, образуют карбиды, в результате поверхностный слой зерна аустенита обедняется хромом. Некоторые исследователи считают, что данный механизм также является инициатором межкристаллитной коррозии» [20].

«С учетом изложенного выработаны технологические рекомендации по сварке нержавеющей сталей – вести сварку на минимальной длине дуги и тонкими валиками, при многопроходной сварке, обеспечивая охлаждение каждого валика» [20].

Повысить производительность за счет увеличения мощности дуги возможно применением активирующих флюсов [7].

Применение продольного магнитного поля обеспечивает сжатие столба дуги и увеличение концентрации энергии и проплавляющего действия дуги [8].

Значительное влияние на распределение давления дуги оказывает угол заточки [9]. Увеличение угла заточки с 10 до 90° увеличивает коэффициент сосредоточенности. На рисунке 5 приведен график влияния угла заточки электрода на глубину проплавления [10]. Данный график построен для скорости сварки 4,6 м/час и диаметра электрода 2,5 мм.



Сила тока: 1 – 100А; 2 – 150 А; 3 – 200 А; 4 – 250 А; 5 – 300А.

Рисунок 5 – График влияния угла заточки неплавящегося электрода на глубину проплавления

Применяя ультразвуковые колебания, рисунок 6, можно увеличить концентрацию энергии сварочной дуги.



Рисунок 6 – Излучатели различного диаметра

«Анализ процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG) показывает, что сварка выполняется с присутствием высокой степени ручного труда. Сварщик и присадкой выполняет манипуляции, и горелкой. Кроме того, длина присадочного прутка ограничена, приходится прерываться, брать новый присадочный пруток и зажигать по новой дугу. При этом, учитывая все нюансы сварки нержавеющей стали, кратер приходится зачищать. Таким образом, трудоемкость выполнения сварного шва получается достаточно высокая» [20].

«Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов» [20].

При введении на сварочном участке автоматического и механизированного оборудования, комфортного для рабочих на производстве, можно увеличить скорость изготовления деталей, улучшить качество сварочных швов, уменьшить численность рабочего персонала, достичь безопасных условий для рабочих.

Сварка нержавеющей стали возможна способами механизированной сварки. Но использование вольфрамового электрода является предпочтительным в плане обеспечения высокого качества. У сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом есть ряд достоинств, таких как малое разбрызгивание при сварке, высокая коррозионная стойкость сварного шва. При сварке неплавящимся электродом легче поддерживать нужную длину дуги. Поэтому возможный вариант механизации – применение специализированных горелок, рисунок 7.

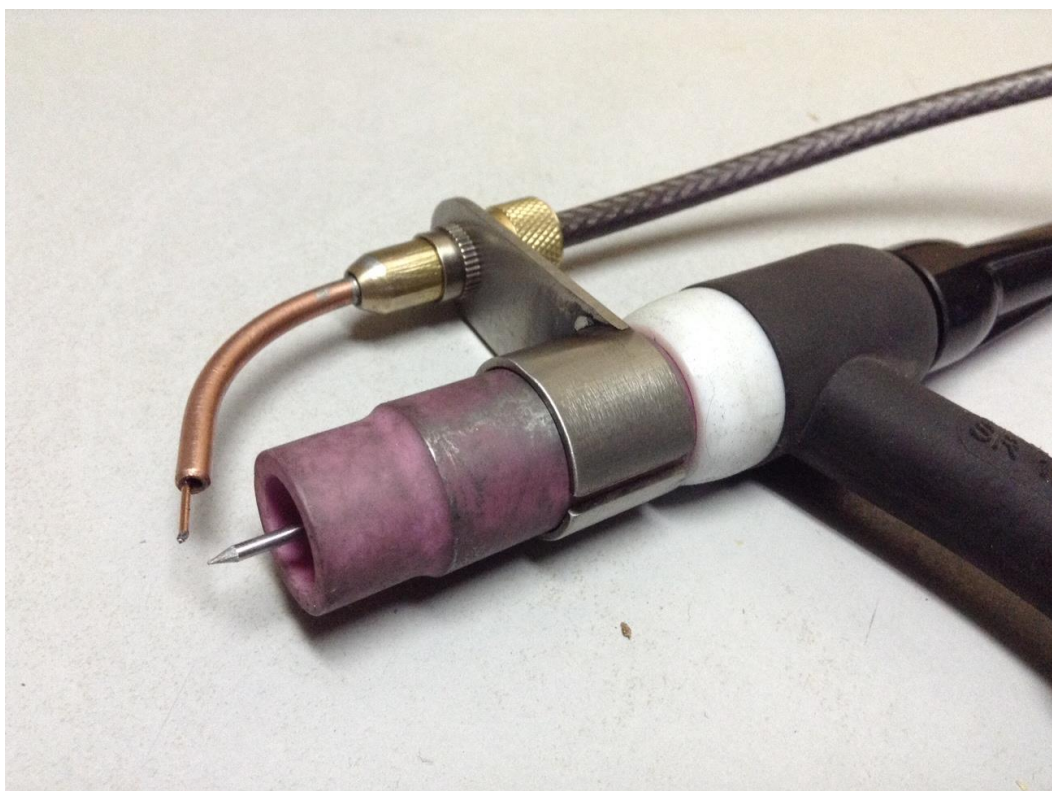


Рисунок 7 – Горелка для механизированной сварки неплавящимся электродом

Данные устройства обеспечивают механизированную подачу присадки в зону горения сварочной дуги. Главный недостаток здесь, ухудшается маневренность сварщика.

В целом, можно сделать вывод, что наиболее распространенная технология сварки нержавеющей стали – неплавящимся электродом в защитном газе (TIG) для нашего случая является наиболее подходящей.

1.5. Задачи работы

Анализ базового технологического процесса сварки топливного бака показал, что у него есть минусы. Главные из которых – при большой длине сварочного шва необходимость выполнять манипуляции сварочной горелкой вручную, при этом еще необходимо синхронно с перемещением горелки второй рукой подавать присадочную проволоку. Таким образом, для достижения поставленной в проекте цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать технологический процесс механизированной сварки бака топливного.
- подобрать оборудование.
- предусмотреть мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие в сварке топливного бака из нержавеющей стали.
- произвести экономическую оценку мероприятий технического характера.

2 Технологический процесс сварки бака топливного

2.1 Выбор режимов сварки и вспомогательных материалов

Неплавящиеся вольфрамовые электроды предпочтительно применять с добавками тория, оксида иттрия, лантана. Применим электроды WL диаметром 2 мм. Диаметр неплавящегося электрода для толщины соединяемого металла 2 мм принимаем 2,0-3,0 мм.

Присадочная проволока при сварке методом TIG применяется диаметром от 1 до 3 мм. Увеличение диаметра присадки до 3 мм нежелательно, так как для плавления такой проволоки следует увеличивать силу сварочного тока. Таким образом, выбираем диаметр присадочной проволоки 1,6 мм. Качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264. Упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской. При намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов.

«Предпочтительным вариантом присадочной проволоки (пруток) является присадочная проволока Св-04Х19Н11М3. Проволока содержит молибден в количестве 2-3%. Молибден повышает коррозионную стойкость сварного соединения» [20].

«При выборе параметров режима сварки будем ориентироваться на результаты работы в которой показано, что опасность возникновения горячих трещин при сварке тонколистовых конструкций из аустенитных сталей зависит от величины максимальной кривизны контура хвостовой части сварочной ванны» [20]. Согласно рекомендаций работы выбор

останавливаем на режиме: сила тока 140 А, напряжение 13 В, скорость сварки 60 см/мин, диаметр электрода 2 мм, диаметр присадочной проволоки 1,6 мм. Расход защитного газа, аргона, 7-9 л/мин.

2.2 Технология сварки

До начала сборки бака топливного мастером проверяется наличие клейм, маркировки, а также сертификатов завода-изготовителя, подтверждающих соответствие листов нержавеющей стали. При отсутствии клейм, маркировки или сертификатов листы нержавеющей стали к дальнейшей обработке не допускаются.

Все местные уступы и неровности, имеющиеся на кромках собираемых листов и препятствующие их соединению в соответствии с требованиями чертежей следует до сборки устранить с помощью абразивного круга или напильника, не допуская острых углов и резких переходов.

Непосредственно перед сборкой изготовленные под сварку кромки и прилегающие к ним участки поверхностей деталей бака топливного зачищают до металлического блеска и обезжирены. Ширина зачищенных участков, считая

от кромки разделки, должна быть не менее 20 мм с наружной и не менее 10 мм с внутренней стороны детали.

За качество сборки стыков отвечает производитель сборочных работ, мастер. Перед прихваткой и началом сварки качество сборки стыка должен проверить сварщик.

«Предпочтительным вариантом присадочной проволоки является присадочная проволока Св-04Х19Н11МЗ. Проволока содержит минимальное количество кремния, по сравнению с другими проволоками для данной марки стали. Титан в данной проволоке отсутствует. Кроме того, проволока содержит молибден в количестве 2-3%. Молибден снижает вероятность образования горячих трещин» [20].

«Выполненные в работе [15] расчеты по разработанным математическим моделям показали, что для нашего диапазона свариваемых толщин критическое значение максимальной кривизны контура составляет 1,68 1/мм. Указанной величине максимальной кривизны контура соответствует режим сварки – сила тока 180 А, напряжение дуги 13 В, скорость сварки 80 см/мин» [20].

«Уменьшим величину скорости до 60 см/мин. Требуемая величина силы тока составит 140 А при том же напряжении на дуге. Максимальная кривизна контура составит 1,38 1/мм. Уменьшение скорости до 50 см/мин позволяет при силе тока 115 А получить максимальную кривизну контура 1,24» [20].

«Таким образом, выбор останавливаем на режиме: сила тока 140 А, напряжение 13 В, скорость сварки 60 см/мин, диаметр электрода 2 мм, диаметр присадочного прутка 1,6 мм. Подача защитного газа, аргона, 7-9 л/мин» [20].

Технология сварки бака топливного начинается с контрольных операций. Качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264-70. Упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки. Очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской. При намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов.

Затем идет операция сборки бака на универсальном сборочном приспособлении. Вначале устанавливают внутренние перегородки и прихватывают их. После прихватки выполняют операционный контроль.

При положительных результатах контроля выполняют сварку внутренних перегородок и корпуса. Соединение Т2.

Затем устанавливают наружные крышки бака, выполняют угловой шов, соединение У3.

Готовый топливный бак проверяют на герметичность. Для чего в наливной патрубок устанавливают штуцер и нагнетают до давления 3 атм воздух компрессором. Обмазывают мыльным раствором сварные соединения и по наличию утечек воздуха делают вывод о качестве сварных соединений.

Для сварки по результатам анализа имеющегося оборудования применим горелку обеспечивающую сварку неплавящимся электродом и механизированную подачу проволоки ABITIG 200 GRIP 4м BIS-75 GZ-2, рисунок 8.

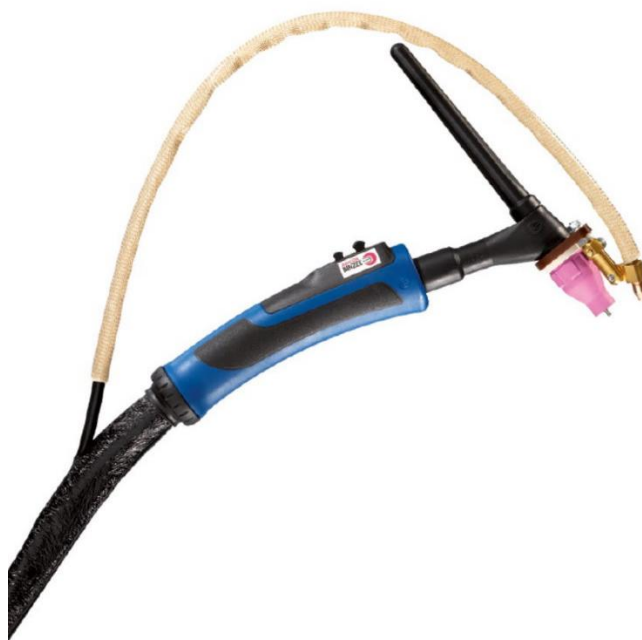


Рисунок 8 – Горелка ABITIG 200 GRIP 4м BIS-75 GZ-2.

Технические параметры данной горелки следующие. Длина соединительного кабеля и шланга подачи проволоки составляет 4 метра. Сила сварочного тока до 200 ампер. Горелка имеет возможность подключения к сварочному аппарату EWM PHOENIX 351.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при изготовлении топливных баков из нержавеющей стали. Проектная технология предусматривает применение сварки неплавящимся электродом при механизированной подаче присадочной проволоки. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Разработанная технология сборки и сварки включает в себя следующие операции, таблица 3: 1) входной контроль (для выполнения операции применяются штангенциркуль, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор); 2) подготовительная операция (для выполнения операции применяются щетка металлическая, ацетон, ветошь); 3) прихватка (для выполнения операции применяются универсальная сварочная оснастка, трубки, угольник, линейка, сварочный аппарат EWM PHOENIX 351, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); 4) сварка деталей бака топливного между собой (для выполнения операции применяются стол сборочный, сварочный аппарат EWM PHOENIX 351, сварочная проволока, защитный газ); 5) контроль качества (для выполнения

операции применяется набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3).

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	Штангенциркуль, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
2) подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая, ножницы металлические, аппарат плазменной резки .	Рукавицы, ацетон
3) прихватка	Электросварщик	Сварочный аппарат EWM PHOENIX 351, горелка ABITIG 200	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) сварка	Электросварщик	Сварочный аппарат EWM PHOENIX 351, горелка ABITIG 200	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
5) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, шаблон УШС-3	Рукавицы, вода техническая

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, таблица 4. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом

человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм [24].

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	- 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.	- инструменты
2) подготовительная операция	- 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	- ножницы гильотинные; - аппарат плазменной резки
3) прихватка	- 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;	- оснастка сборочная универсальная; - трубины; - угольник; - линейка; - сварочный аппарат EWM PHOENIX 351 - зачистная машинка; - сварочная дуга;

Продолжение таблицы 4

1	2	3
4) сварка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- сварочный аппарат EWM RHOENIX 351; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
5) контроль качества	- 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

«Производственные условия вообще характеризуются, как правило, наличием некоторых опасных и вредных производственных факторов» [5].

«Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному ухудшению здоровья» [7].

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности [7].

Таблица 5 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 6, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 7.

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

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	«Наименование оборудования» [23]	«Классификация по виду горящего вещества» [23]	«Наименование основных опасных факторов пожара» [23]	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка топливного бака из нержавеющей стали	Сварочный аппарат EWM PHOENIX 351, горелка ABITIG 200 GRIP 4м BIS-75 GZ-2 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].

Таблица 7 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 8.

Таблица 8 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
«Участок для сборки и сварки топливных баков из нержавеющей стали (механизированная по методу TIG)» [23]	«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 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию, таблица 9, этих негативных факторов и предложить меры защиты, таблица 10, от этих факторов.

Таблица 9 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Участок для сборки и топливного бака из нержавеющей стали (механизированная по методу TIG)	«Подготовительная операция, сборочная операция, 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 10 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [6].
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек воды технической при проведении контроля герметичности.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [6].

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и механизированной сварки топливного бака из нержавеющей стали.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки топливного бака по методу TIG с механизированной подачей сварочной проволоки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

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

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

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

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложено для повышения эффективности сварки топливного бака из нержавеющей стали применение современных достижений сварочной науки в области механизации процесса сварки. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе оборудования для механизированной подачи сварочной проволоки в зону горения сварочной дуги.

Базовый вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки по методу TIG. Проектный вариант технологии предполагает применение для механизированной подачи сварочной проволоки специализированной горелки ABITIG 200 GRIP 4м BIS-75 GZ-2 при сохранении способа сварки по методу TIG, применяемого в базовом технологическом процессе.

Замена способа при ручной подаче присадочного прутка на механизированную позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки топливных баков из нержавеющей стали.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 11.

Таблица 11 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	IV
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	175
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	150000	340000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :	-	-	-	-
Принятые значения коэффициента нормы амортизации оборудования	$На$	%	21,5	21,5
Принятые значения коэффициента транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Принятые значения коэффициента затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	11	11
Принятые значения коэффициента стоимости эксплуатации площадей	C _{эксп}	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятые значения цены производственных площадей	C _{пл}	Р/м ²	30000	30000
Принятые значения коэффициента нормы амортизации производственных площадей	На.пл.	%	5	5
Принятые значения коэффициента дополнительной производственной площади	K _{пл}	-	3	3
Принятые значения коэффициента цеховых расходов	K _{цех}	-	1,5	1,5
Принятые значения коэффициента заводских расходов	K _{зав}	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, смотри таблицу 11: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{см} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{п} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{п} = 1$ час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

Расчёты, выполненные согласно (3) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

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

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}}(1 - B/100). \quad (4)$$

Расчёты, выполненные согласно (4) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{\text{шт}}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{\text{маш}}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{\text{всп}}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{\text{обсл}}$; времени $t_{\text{отд}}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{\text{п-з}}$:

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

Машинное время рассчитаем исходя из длины сварного шва и скорости сварки. 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 в применяемом и предлагаемом варианте технологии составляет $L = 2000$ миллиметров.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

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

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (6), 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 базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит, таблица 12:

Таблица 12 – Штучное время, мин.

Вариант	$t_{маш}$	$t_{всп}$ 15%	$t_{обсл}$ 10%	$t_{отл}$ 5%	$t_{п-з}$ 1%	$t_{шт}$
Базовый:	10	1,5	1	0,5	0,01	13,01
Проект.	4	0,6	0,4	0,2	0,004	5,2

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

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma}=500$ изделий в год.

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

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{вн}}} \quad (7)$$

Требуемое количество оборудования $n_{\text{расч}}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (7), составляет:

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{0,21 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,04 \text{ед.}, \quad n_{\text{расч.пр}} = \frac{0,08 \cdot 500}{2054 \cdot 1,1} = 0,017 \text{ед.}.$$

Необходимое количество оборудования $n_{\text{пр}}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (7) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{\text{пр}} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (8)$$

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

$$K_{3б} = 0,04/1 = 0,04; \quad K_{3п} = 0,017/1 = 0,017.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

При получении сварных соединений лопастей градирни требуются в применяемом технологическом процессе вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии технологический процесс ручной аргонодуговой сварки характеризуется расходом присадочной проволоки и защитного газа. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс автоматической сварки характеризуется расходом электрической энергии для получения сварных швов.

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

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{tz}, \quad (9)$$

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

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

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

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_d. \quad (10)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (10) составляет:

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

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

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

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

Дополнительная заработная плата $З_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (11) после подстановки значений составляет:

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

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

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

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

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

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

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (12) соответствующих значений:

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

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

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

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

Величина $A_{об}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{об}$, нормы амортизации H_a , машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени $F_э$ с использованием зависимости:

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

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

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

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

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

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

Рассчитанные после подстановки в (15) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

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

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

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

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

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

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сн}} + З_{\text{ОБ}} \quad (16)$$

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

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

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

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

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

Рассчитанная после подстановки в (17) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

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

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

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

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (18)$$

Рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 308,01 + 1,15 \cdot 78,96 = 308,01 + 90,80 = 398,81 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 157,88 + 1,15 \cdot 26,23 = 157,88 + 30,16 = 188,04 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки топливного бака и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 13.

Таблица 13 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на вспомогательные материалы	M	63,5	63,5
2. Расходы на заработную плату	$\Phi ЗП$	88,43	29,38
3. Отчисления на соц. нужды	$O_{\text{сн}}$	30,06	9,98
4. Затраты на оборудование	$Z_{\text{об}}$	7,58	15,68
5. Технологическая себестоимость	$C_{\text{тех}}$	189,57	118,54
6. Цеховые расходы	$P_{\text{цех}}$	118,44	39,34
7. Цеховая себестоимость	$C_{\text{цех}}$	308,01	157,88
8. Заводские расходы	$P_{\text{зав}}$	90,80	30,16
9. Заводская себестоимость	$C_{\text{зав}}$	398,81	188,04

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

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

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (19)$$

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

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл.}} \cdot H_a / 100). \quad (20)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (20) соответствующих значений, составляет:

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

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

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

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

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

расходов $K_{\text{тз}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$ по проектному варианту:

$$K_{\text{об.пр.}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп}}. \quad (22)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (22) соответствующих значений составляет:

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

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

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

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

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (24)$$

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (25)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (23), (24) и (25) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (21) соответствующих значений:

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

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

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

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

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

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

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 27360/500 = 54,7 \text{ руб./ед.}; K_{\text{удПроектн.}} = 93530/500 = 187,0 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (28) составило:

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

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

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (29) составило:

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

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

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

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (30) составило:

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

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

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

Ожидаемая прибыль после подстановки в (31) соответствующих значений составила:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (398,81 - 188,04) \cdot 500 = 105385 \text{ руб.}$$

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

$$T_{OK} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{уг}} \quad . \quad (32)$$

Срок окупаемости после подстановки в (32) соответствующих значений составил:

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

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

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

Годовой экономический эффект после подстановки в (33) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_г = 105385 - 0,33 \cdot 93530 = 73860 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии сборки и сварки топливного бака из нержавеющей стали применяется способ сварки – ручная дуговая неплавящимся электродом в среде защитного газа.

Недостатки применения ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа: малая производительность выполнения сварочных работ; работа сварщика в тяжёлых условиях; низкая стабильность качества сварки; повышенный расход присадочного материала.

Проектный вариант технологии предполагает использование способа дуговой сварки неплавящимся электродом при механизированной подаче присадочной проволоки.

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

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 70 %, повышение производительности труда на 150 %, уменьшение технологической себестоимости на 70%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 105385 рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 73860 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 1 год.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

Был выполнен анализ возможных способов сварки, которые могут быть применены при изготовлении топливного бака из нержавеющей стали. Были рассмотрены способы дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в среде защитных газов, способ сварки неплавящимся электродом в среде аргона и способ механизированной сварки неплавящимся электродом. Рассмотрены достоинства и недостатки перечисленных способов сварки.

По результатам анализа перечисленных вариантов получения неразъемных соединений предложено применить способ механизированной сварки неплавящимся электродом с применением специализированной горелки.

Для снижения трудоемкости получения протяженного соединения с высокой скоростью предложено применить специализированную горелку для подачи сварочной проволоки в зону горения дуги. Горелка ABITIG 200 GRIP 4м BIS-75 GZ-2. Разработанный технологически процесс сварки включает в себя операции входного контроля, разметочные, изготовление деталей топливного бака. Затем выполняются подготовительные операции, такие как зачистка и обезжиривание. Затем следует операция сборки. После чего ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом производится прихватка внутренних перегородок топливного бака. Выполняется контроль прихваток и затем сварка с механизированной подачей сварочной проволоки швов.

По окончании сварки готовый бак отправляется на контрольные операции.

Применение предложенного варианта сварки позволяет уменьшить трудоемкость сварки топливного бака. Можно сделать вывод о достижении цели выпускной квалификационной работы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. М.: Высшая школа. 1986. 167 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Берлине, Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения. - М.: Машиностроение, 1976 - 256 с.
4. Бурлов В.В., Парпуц И.В., Парпуц Т.П. Коррозионное растрескивание сварных швов нефтеперерабатывающего оборудования, выполненного с плакирующим слоем из стали 08Х13 // Коррозия: материалы, защита. 2004. № 7. С. 22-35.
5. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИИ. 2000. 79 с.
6. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
7. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
8. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
9. 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.
10. Егорова Г.Г., Кручинина Н.В. Механическое сварочное оборудование: Каталог. М.: НИИмаш. 1980. 68 с.
11. Зусин В.Я., Вайнер Г.Н., Черноиванов В.Н. Восстановление канавок алюминиевых поршней тракторных двигателей импульсно-дуговой

наплавкой в среде защитных газов // Сварочное производство. 1982. № 11. С. 37–38.

12. Каспарова О.В., Балдохин Ю.В. Новые представления о механизме межкристаллитной коррозии нержавеющей сталей // Защита металлов. 2007. том 43. №3. С. 256-261.

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. Масаков В.В., Масакова Н.И., Мельзитдинова А.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. пособие. Тольятти: ТГУ. 2011. 184 с.

20. Овчинников А.Н. Восстановление сваркой дефектных деталей в фармацевтической промышленности // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>. (дата обращения 12.05.2021)

21. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.

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

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

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

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

28. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

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. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. 1971. № 6. P. 230–233.