

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология изготовления элементов выхлопных систем легковых
автомобилей

Студент

М.Э. Яметов

(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 настоящей работы – повышение производительности при получении соединения полукорпусов каталитического нейтрализатора.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

- разработан технологический процесс пайки полукорпусов
- подобрано оборудование для реализации данного технологического процесса
- разработаны мероприятия по защите жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие в пайке изделия.
- произведена экономическая оценка мероприятий технического характера, разработанных в работе.

Пояснительная записка содержит 52 стр., 6 рисунков, 11 таблиц.

Для соединения половинок полукорпусов каталитического нейтрализатора предложено применить пайку. Анализ способов нагрева показал, что наиболее эффективно для данного класса изделий применение нагрева в вакуумной печи. Разработана технология печной вакуумной пайки. Подобрано соответствующее оборудование и разработана конструкция необходимой оснастки.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Проведена экономическая оценка проекта.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Устройство выпускной системы автомобиля.....	6
1.2 Анализ свойств материала конструкции.....	7
1.3 Базовый технологический процесс изготовления изделия.....	9
1.4 Анализ возможных вариантов соединения полукопусов изделия.....	11
1.5 Задачи выпускной квалификационной работы.....	17
2 Разработка технологического процесса пайки.....	19
2.1 Выбор варианта способа нагрева корпуса нейтрализатора.....	19
2.2 Анализ возможных систем присадочных материалов.....	19
2.3 Технологический процесс пайки.....	21
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса.....	24
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	24
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	26
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	28
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	29
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	31
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.....	33
4.1 Исходная информация для выполнения экономической.....	33
оценки предлагаемых технических решений.....	33
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	35
4.3 Расчёт штучного времени.....	36
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии.....	39
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.....	43
4.6 Показатели экономической эффективности.....	46
Заключение.....	49

Список используемой литературы и используемых источников.....	50
---------------------------------------------------------------	----

Введение

В настоящее время экологическая проблема, связанная с загрязнением атмосферы нашей планеты выхлопными газами, вызывает реальное опасение. Во многом, система выпуска выхлопных газов автомобиля позволяет решить данную проблему. Еще в 60х годах прошлого века начались разработки для выпускной системы автомобиля т.н. каталитических нейтрализаторов. В настоящее время конструктивно катализатор представляет из себя герметичную металлическую оболочку внутри которой располагается керамическая сотовая конструкция. В качестве каталитических преобразователей используют платину, родий, палладий – дорогостоящие вещества.

Производство каталитических нейтрализаторов включает в себя сборку керамической сотовой конструкции и металлических полукорпусов. Затем выполняется сварка 6-ти точек по отбортовке полукорпусов и изделие передают на операцию аргонодуговой сварки способом TIG (target inert gas). Недостатки данной технологии следующие. Ввиду сложной конфигурации сварного шва выполнение его производится вручную. Манипуляции сварочной горелкой в течение рабочей смены утомляют сварщика. Также качество соединения напрямую зависит от добросовестности и опыта сварщика [1].

Автоматизация процесса сварки полукорпусов требует разработки специализированной установки или робототехнического комплекса [2]. При этом такой недостаток, как последовательное выполнение сварного соединения с ограниченной скоростью не устраняется.

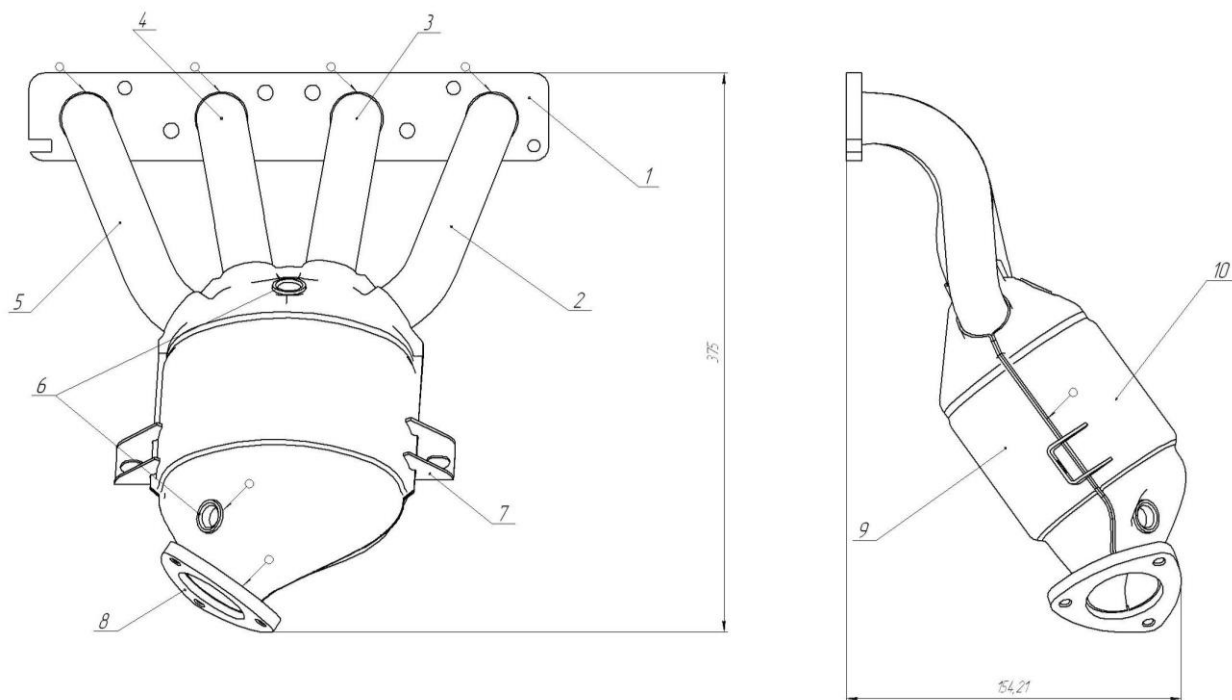
Отсюда можно сформулировать цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности при получении соединения полукорпусов каталитического нейтрализатора.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Устройство выпускной системы автомобиля

«В состав выхлопной системы легкового автомобиля обычно входят следующие главные компоненты: выхлопные трубы; каталитический конвертер; глушители. Поэтому выхлопная система уменьшает шум автомобиля и снижает количество появляющихся при сгорании бензина или иного топлива в двигателе вредных выбросов» [15].

Каталитический конвертер сравнительно недавно начал устанавливаться на автомобили, рисунок 1.



1. Фланец присоединительный; 2. Труба крайняя правая; 3. Труба средняя правая; 4. Труба средняя левая; 5. Труба крайняя левая; 6. Втулка; 7. Кронштейн крепления; 8. Фланец приемной трубы глушителя;
9. Полукорпус внутренний; 10. Полукорпус наружный

Рисунок 1 - Каталитический нейтрализатор

Принцип действия нейтрализатора заключается в следующем. Опасность для человека и окружающей среды представляют угарный газ, СО, оксиды азота и несгоревшие в автомобильном двигателе углеводороды. При

прохождении выхлопных газов через керамические соты с напыленным на поверхность катализатором происходит дожигание угарного газа до диоксида углерода, дожигание углеводородов и восстановление оксидов азота, рисунок 2.

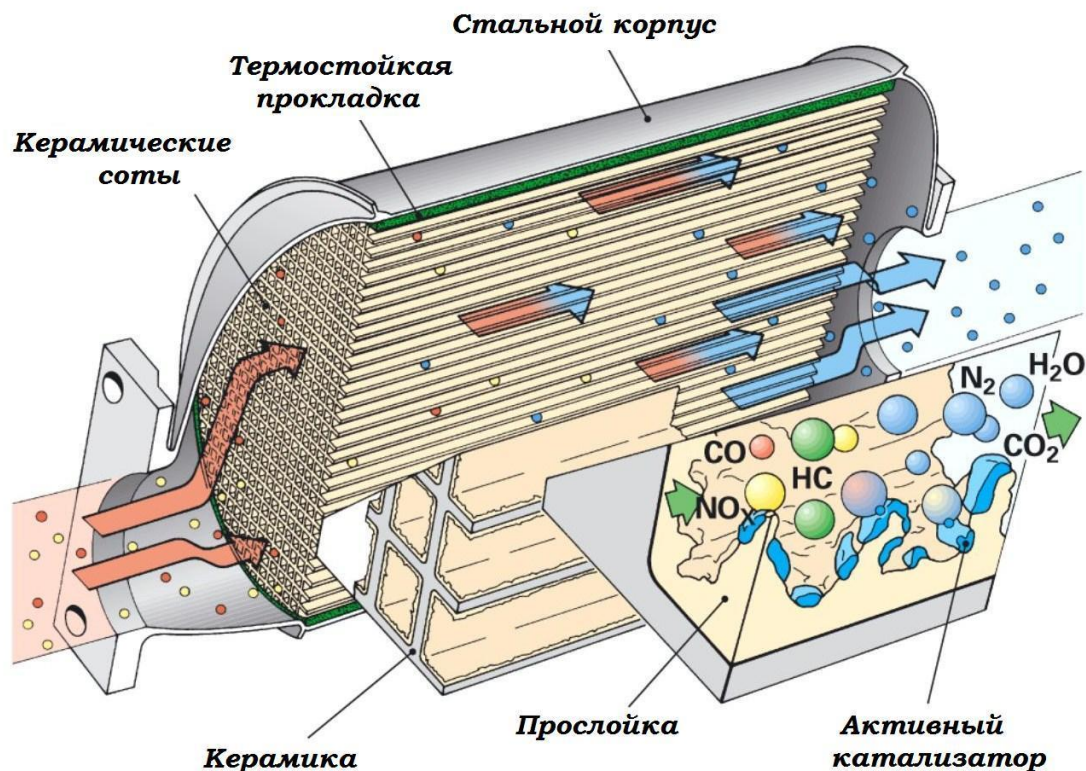


Рисунок 2 – Схема работы устройства

Чем быстрее после пуска двигателя каталитический нейтрализатор разогреется до рабочей температуры, тем меньше токсичных продуктов попадет в атмосферу. Поэтому представленный на рисунке вариант нейтрализатора устанавливается непосредственно у блока цилиндров.

1.2 Анализ свойств материала конструкции

Корпус каталитического нейтрализатора изготавливается из стали марки AISI 439. Это, нержавеющая безникелевая стабилизированная титаном ферритная сталь AISI 439. Ее аналогом является стали 08X17T (ГОСТ 5632-72). Сталь AISI 439 не подвержена коррозии при действии многих окислительных сред, вплоть до кипящих кислот. У стали сбалансированный

состав, который обеспечивает как высокую стойкость к общей коррозии, так и к межкристаллитной коррозии, таблица 1.1.

«Наличие титана и алюминия, в стали AISI 439, в сочетании с пониженным содержанием углерода, обеспечивает ей высокие прочностные и пластические свойства, сравнимые с никельсодержащими марками типа AISI 304, а также предопределяет более высокую стабильность структуры этой стали при нагреве и сварке» [22].

Таблица.1 - Химический состав стали AISI 439

Состав %	углерод	Марганец	P	S	Si	Cr	Ni	N	Ti	Al
по ASTM A240	0.07 макс.	1.0 макс.	0.04 макс.	0.03 макс.	1.0 макс.	17.0-19.0	0.5 макс.	0.04 макс.	1.10 макс.	0.15 макс.

«В этой стали хорошая пластичность и высокая прочность позволяют успешно применять обработку давлением при формообразовании деталей из данной стали. По аналогии со сталью марки 08X17T, сталь согласно ГОСТ 5632-72 может быть рекомендована "в качестве заменителя стали марок 12X18H10T и 12X18H9T ". За счет низкой концентрации углерода и стабилизации структуры титаном у стали 439 отличная свариваемость» [15].

«Кроме того, в отличие от аустенитных никельсодержащих сталей типа "18Cr-10Ni", нержавеющие ферритные стали устойчивы в различных серосодержащих средах. Поэтому трубы и изделия из стали AISI 439 могут эксплуатироваться в установках для перекачки различных углеводородов: газа, нефти и нефтепродуктов, и в газоперерабатывающих и нефтеперерабатывающих установках» [15].

Для нашего случая это является принципиальным, так как иногда моторное топливо содержит некоторое количество серы.

1.3 Базовый технологический процесс изготовления изделия

Соединение сборочных деталей рассматриваемого каталитического нейтрализатора, с учетом того, что он выполнен из нержавеющей стали, реализуется ручной дуговой сваркой в аргоне неплавящимся электродом.

При этом применяют такие сварочные материалы как:

- сварочная проволока Св-04Х19Н9;
- электрод вольфрамовый лантанированный;
- аргон.

При этом применяют оборудование:

- источник питания сварочной дуги ВДГУ-302;
- сборочный стенд.

Типовая технология сборки-сварки каталитического нейтрализатора включает в себя следующие операции: входной контроль, зачистка, обезжиривание, сборка, прихватка, обварка, контроль.

Перед началом сварки проверяется:

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

«Первой операцией базового технологического процесса является сборка. На этой операции собираются блок и полукорпуса. Полукорпуса штампуются из стали AISI 439 толщиной 2 мм. Полукорпуса в оборотной таре поступают на участок и затем оператор перемещает требуемое количество из оборотной тары на операцию сборки. Керамические блоки также поступают в оборотной таре. Предварительно тара освобождается от защитной упаковки, блоки извлекаются и освобождаются от индивидуальной

защитной упаковки. Упаковочный материал складывается в специально выделенной оборотной таре. Запрещено в данную тару сбрасывать иные виды производственных отходов. Также запрещено складировать упаковочный материал в другую оборотную тару, имеющуюся на участке» [15].

С учетом того, что выполненные из керамики рабочие блоки каталитического преобразователя характеризуются хрупкостью, их укладывают у сборочной оснастки в специальные приспособления. При сборке керамические блоки извлекаются из приспособления и оборачивают прокладкой с растягивающим усилием 25 Н. Последующие действия при сборке следующие. В полость оснастки устанавливают полукорпус. Контролируют на предмет наличия смещений, после чего обтянутый прокладкой керамический блок устанавливают сверху. Контролируют смещения и укладывают второй полукорпус. Контролируют зазор и смещения между полукорпусами и не извлекая из оснастки отправляют на операцию контактной сварки. На машине контактной сварки МТ1928Л выполняют на фланцах по 6 точек с каждой стороны. Точки должны быть равномерно распределены по отбортовке. Сила сварочного тока 7000 А, время сварки – 0,18 сек. Усилие сжатия принимают 20 кН.

«После операции дополнительной контактной сварки производят операционный контроль. Сварные точки контролируют на наличие дефектов. Не допускаются вмятины, прожоги, непровары, трещины» [22].

«После операционного контроля передают корпус на операции дуговой сварки. Сварка производится ручным способом. Используется технология аргонодуговой сварки плавящимся электродом. Полукорпуса, предварительно сваренные контактной сваркой, укладывают в оснастку, фиксируют, и производят сварку фланцев вручную, аргонодуговой сваркой плавящимся электродом. Силу тока принимают 180 А, напряжение дуги 38 В, скорость сварки 60 метров в час. Расход защитного газа 7 л/мин. Смещение электрода не должно превышать 0,5 мм» [22].

После операции сварки фланцев корпуса предусмотрена операция калибровки.

«После операции калибровки производят сварку патрубка подводящего с фланцем передним, затем сваривают патрубок подводящий с корпусом, после чего сваривают корпус с кольцом уплотнительным и фланцем прижимным» [22].

Сваренный корпус контролируют. Предусмотрен визуально-измерительный контроль и проверка герметичности. Не допускаются наплывы, непровары, подрезы более 0,15 мм, сквозные поры.

При проверке герметичности используют специализированный стенд. Устанавливают заглушки на входной патрубок и выходной патрубок присоединяют к компрессору. Компрессор нагнетает воздух до величины давления 0,4 МПа. По достижении данного давления перекрывают вентиль и фиксируют величину его падения. Падение давления не должно превышать 0,04 МПа в минуту.

Также предусмотрен в технологическом цикле изготовления контроль геометрии сваренного узла. Данный вид контроля выборочный, 1% от партии. Изделие укладывают в специализированный стенд, и проверяют соответствие расположения крепежных отверстий на кольцах требованиям чертежа.

1.4 Анализ возможных вариантов соединения полукопусов изделия

Если рассмотреть классификацию способов сварки согласно ГОСТ 19521-74 «Сварка металлов. Классификация», сварка классифицируется по группам признаков на физические, технические и технологические. По физическим группам признаков сварка подразделяется на классы: термический, термомеханический и механический. Если рассмотреть термический класс сварки, то он может быть реализован посредством таких видов сварки как: дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая,

плазменно-лучевая, ионно-лучевая, тлеющим разрядом, световая, индукционная, газовая, термитная, литейная.

Однако не все перечисленные виды могут быть применены к сварке полукорпусов каталитического . Например, для варианта электрошлаковой сварки не подходят толщины. Для реализации варианта электронно-лучевой сварки необходима вакуумная камера с габаритами внутреннего пространства превышающими размеры теплообменника. Наиболее подходящим вариантом сварки является дуговая. Однако она может быть реализована несколькими способами.

Возможным электродуговым способом сварки нержавеющей сталей является сварка штучными электродами, рисунок 2.

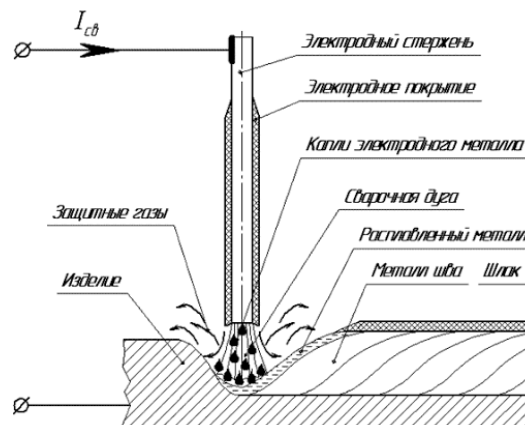


Рисунок 2 – Схема сварки покрытыми электродами

Преимущества сварки штучными электродами: является простота процесса, несложность оборудования, повышенная мобильность при проведении сварочных работ (работать можно автономно) сварка во всех положениях, возможность соединения сваркой различных материалов [1].

Недостатки способа: отсутствует частичная или полная механизация процесса, малая производительность процесса сварки. Качество сварного шва, наплавленного валика зависит напрямую от уровня подготовки сварщика. Большое число проходов при выполнении сварки больших толщин. Причем, каждый наплавленный валик требуется зачищать от шлака, доля неметаллических включений может остаться в шве при плохой

зачистке. Большое проплавление металла и как следствие неоднородность по составу электродного металла и доли основного металла [18].

Несмотря на все это данный способ остается самым простым и распространенным способом получения сварных соединений в промышленности.

Один из недостатков сварки штучными электродами, такой как низкая производительность, устраняется применением механизации процесса подачи присадочного материала в зону горения дуги.

Механизированную сварку производят на постоянном токе, полярность обратная, рисунок 3.

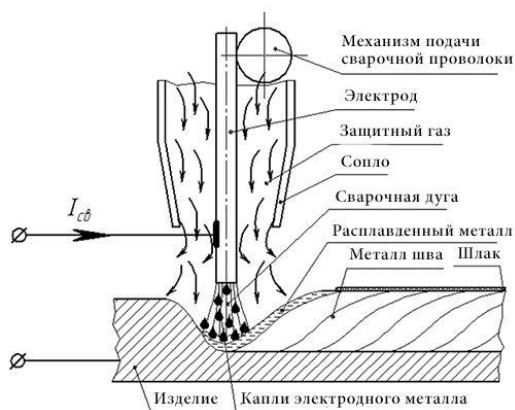


Рисунок 3 – Механизированная сварка в среде защитного газа

Электродную проволоку выбирают исходя из условий работы детали. Чаще всего это проволоки с повышенным содержанием марганца и кремния [16]. Это нужно для обеспечения одинакового химического состава наплавленного валика сварного шва и основного металла. Марганец и кремний в результате их высокого сродства к кислороду выгорают. Скорость сварки выбирается исходя из геометрических параметров детали (толщины изделия).

Достоинства сварки в защитном газе: меньшее проплавление основного металла и как следствие более однородная структура металла шва, эксплуатационные характеристики металла на порядок выше, чем при наплавке с помощью покрытых электродов, возможность проводить процесс

наплавки в различных пространственных положениях, высокая степень производительности и механизации [14].

К недостаткам можно отнести сильное разбрызгивание металла на повышенных токах. Затруднения процесса сварки при работе на открытых участках из-за сдувания дуги и загрязнения сопла горелки. Для работы на высоких параметрах режима сварки потребуются горелки с водяным охлаждением.

Плазменная сварка металлов современный способ дуговой сварки, рисунок 4. Заключается в термическом воздействии на соединяемые детали плазменной струи. В качестве присадочного металла можно применять прутки и ленты.

Различают способы сварки деталей плазменной струей такие как: дугой прямого действия (дуга горит между электродом из вольфрама и изделием, на присадочную проволоку питание не осуществляется), независимой дугой (дуга горит между электродом плазмотрона и присадочной проволокой, металл изделия нейтрален) комбинированного действия с использованием двух дуг (одна дуга горит между неплавящимся электродом и затвором арматуры, вторая дуга горит между присадочной проволокой и вольфрамовым электродом) [12]. При использовании дуги прямого действия обеспечить малое проплавление возможно лишь при малых токах, производительность будет не выше, чем при использовании менее производительных способов наплавки [16].

Использование повышенных токов не допустимо – возможно значительное проплавление металла полукорпусов каталитического нейтрализатора.

Достоинства способов плазменной сварки: высокая концентрация теплоты плазменной струи и минимальная зона термического влияния на основной металл.

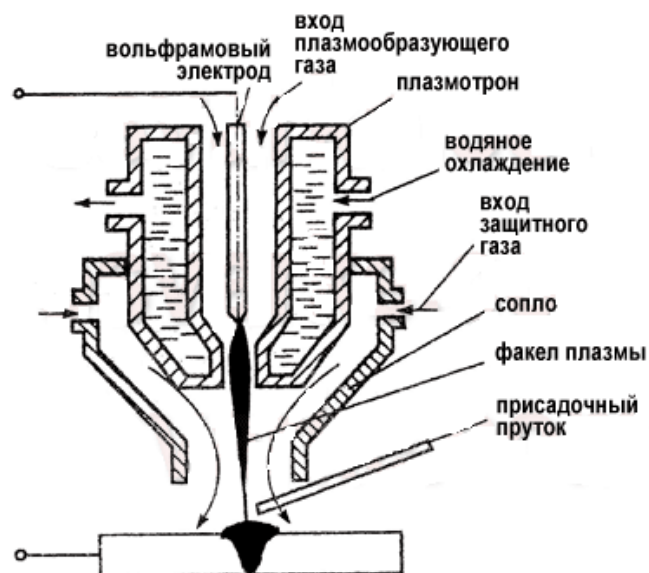


Рисунок 4 – Схема процесса плазменной сварки

Недостатки данного способа: сложность оборудования и технологического процесса.

Большое применение для сварки нержавеющей и иных легированных сталей а также цветных металлов нашла сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа, рисунок 5.

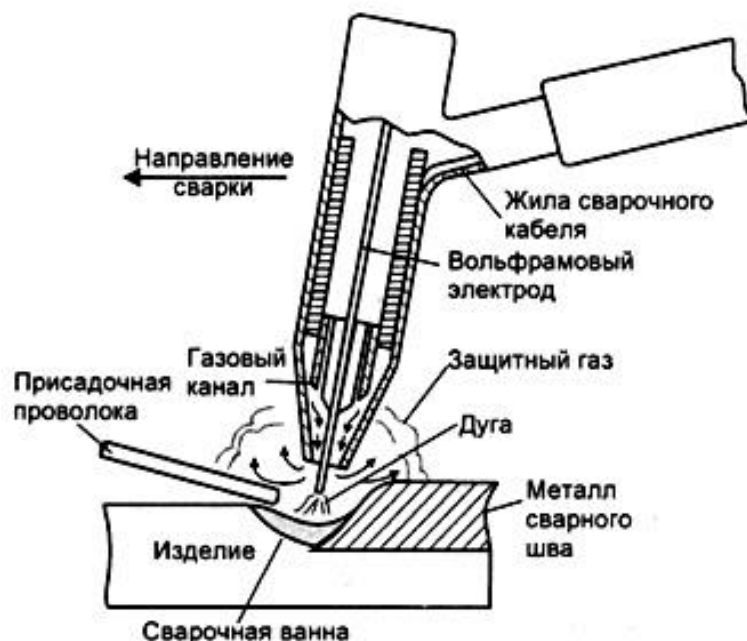


Рисунок 5 – Схема аргонодуговой сварки

Данный вариант применяется в базовом варианте технологического процесса. Формирование валика осуществляется за счет тепла дуги от неплавящегося электрода и присадки.

В качестве присадки, для проведения сварочных работ используют прутки химический состав которых может совпадать с химическим составом основного металла, а может и отличаться от него. В некоторых случаях применяют присадки обеспечивающие стойкость сварных швов деталей, работающих в агрессивных средах, с различными нагрузками и при больших температурах. Сварка такими присадочными материалами обеспечивает повышенный ресурс деталей.

Достоинствами данного способа можно отметить: отсутствие брызг металла во время проведения сварочных работ, минимальное количество дефектов по сравнению с другими способами сварки, уменьшенные деформации из-за малой зоны нагрева изделия, повышенное качество сварного шва из-за применения защитного газа, аргон не взаимодействует с металлом [20].

Недостатками данного способа можно выделить: способ сварки не отличается высокой производительностью, защита сварного шва может быть нарушена из-за сквозняков, при больших силах тока требуется использовать горелки с водяным охлаждением, для выполнения работ требуется сварщик высокой квалификации, сложное оборудование и долгая настройка параметров режима сварки.

Сопоставительный анализ возможных способов сварки позволяет сделать вывод о том, что лучше оставить применяемый способ сварки, неплавящимся электродом в среде защитного газа. Но чтобы минимизировать такие недостатки способа как необходимость высокой квалификации сварщика и высокая трудоемкость применить автоматизацию процесса сварки. При этом необходима разработка специализированного оборудования или применение робототехнического комплекса. Все это дорогостоящие и затратные мероприятия.

Рассмотрим технологию пайки. При пайке за один термический цикл возможно получение полностью всего соединения полукорпусов. Конструкция соединения предусматривает нахлесточного соединения, именно нахлесточные соединения являются предпочтительными для пайки. Полукорпус изделия выполняют из стали, содержащей хром, например AISI 439 – безникелевая нержавеющая сталь. Проблемой при получении паяных соединений сталей содержащих хром является пленка оксида хрома, которая мешает смачиванию и растеканию припоя по поверхности соединяемого материала. При флюсовых способах высокотемпературной пайки удаление пленки оксида хрома обеспечивают флюсы, содержащие буру, хлористый калий, борный ангидрид. Однако операция нанесения флюса и последующего его удаления увеличивает общую трудоемкость изготовления корпуса.

Однако вариант печной пайки в вакууме возможен без применения флюсов, например с использованием припоев, содержащих активные компоненты. Другим преимуществом варианта печной пайки является возможность за один термический цикл выполнить паяные соединения на множестве полукорпусов. Таким образом, потраченное время на вакууммирование рабочего пространства печи, на нагрев можно разделить на общее количество запаянных изделий. В случае если рабочее пространство вакуумной печи обеспечивает возможность размещения не одного десятка паяемых изделий получается время пайки сопоставимое со временем сварки.

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

Цель выпускной квалификационной работы, поставленная во введении – повышение производительности при получении соединения полукорпусов каталитического нейтрализатора.

Базовая технология происходит с применением аргонодуговой сварки присадочным прутком. Подача прутка в зону горения сварочной дуги

осуществляется сварщиком вручную.

Ручная дуговая сварка полукорпусов осуществляется стандартным сварочным оборудованием, специальной организации поста не требуется.

В числе недостатков ручной дуговой наплавки следует отметить, низкую производительность, тяжёлые условия труда сварщика, при ручной дуговой сварке сложно получить необходимое качество сварного шва, часто возникают дефекты наплавки.

Анализ возможных вариантов устранения недостатков применяемой технологии дуговой сварки не позволил найти подходящего способа, обеспечивающего повышение производительности. Предложена технология пайки.

Отсюда вытекают следующие задачи выпускной квалификационной работы: выбрать способ нагрева; выбрать припой; разработать технологический процесс пайки; подобрать нагревательное оборудование; разработать мероприятия по обеспечению безопасности производственного персонала; рассчитать экономическую эффективность от замены способа.

2 Разработка технологического процесса пайки

2.1 Выбор варианта способа нагрева корпуса нейтрализатора

«Для реализации процесса пайки выполняется нагрев до температуры, превышающей температуру полного расплавления припоя» [22]. Предпочтительным вариантом нагрева, для достижения цели работы является нагрев в печах

Вариант нагрева в расплаве солей или припоя при обеспечении высокой производительности обладает рядом недостатков, которые не позволяют рекомендовать данные способы к применению.

«Вариант нагрева в печах требует для своего осуществления специальной оснастки, обеспечивающей закрепление, деталей, подвергаемых пайке, их прижатие для поддержания заданной величины паяльного зазора.

Иногда при печной пайке изделия помещают в контейнеры и создают там защитную или активную газовую среду. Данный технологический прием позволяет использовать печи с окислительной атмосферой» [22]. Однако для существенного повышения производительности подобного рода вариант нагрева не подходит.

2.2 Анализ возможных систем присадочных материалов

Поскольку температура эксплуатации каталитических нейтрализаторов находится в пределах 400-600°C вариант получения соединения с использованием низкотемпературного припоя исключается.

Полукопуса изделия выполняют из стали, содержащей хром, например AISI 439 – безникелевая нержавеющая сталь. Проблемой при получении паяных соединений сталей содержащих хром является пленка оксида хрома, которая мешает смачиванию и растеканию припоя по поверхности соединяемого материала. При флюсовых способах высокотемпературной пайки удаление пленки оксида хрома обеспечивают флюсы, содержащие буру, хлористый калий, борный ангидрид. Однако операция нанесения

флюса и последующего его удаления увеличивает общую трудоемкость изготовления корпуса.

Ранее рассмотрен вариант печной пайки в вакууме. При этом возможен вариант бесфлюсовой пайки, например, припоями, содержащими активные компоненты. Рассмотрим подходящие варианты, система медь – никель, система медь – марганец.

«По диаграмме состояния, медь и никель образуют ряд твёрдых растворов. Увеличить жаростойкость и прочность при высоких температурах медно-никелевых припоев можно легируя их хромом, марганцем, железом, кремнием и алюминием» [15]. «Припоями Cu-Ni возможна пайка в нейтральных газах и вакууме тонкостенных изделий, так как не происходит заметного растворения основного металла» [15].

«Свойства сплавов медь-марганец из-за распада α -фазы меняются с течением времени. По этой причине двойные сплавы практически не применяют для пайки нержавеющей сталей. В тройных сплавах α -фаза распадается намного медленнее. С учетом того, что никель способствует уменьшению окисления припоев в жидком состоянии и улучшает смачивание поверхности коррозионно-стойких сталей чаще в качестве припоев используют сплавы Cu-Mn-Ni [5]. Анализ возможных вариантов припоев позволил остановить выбор на припое ВПр-4. Основу припоя составляет сплав меди никеля и марганца. В качестве дополнительных добавок вводят кобальт, фосфор, титан, медь и железо.

Таким образом, для нашего изделия выбираем припой ВПр-4» [15].

В таблице 2 показан химический состав припоя ВПр-4.

Таблица 2 – Химический состав припоя ВПр-4, % масс.

Элементы	Медь	Никель	Железо	Кремний	Марганец	Кобальт	Фосфор	Титан
Содержание	Основа	28-30	1,0-1,5	0,8-1,2	27-30	4,0-6,0	0,1-0,2	0,05-0,12.

Одно из преимуществ данного припоя – при он не проникает между зерен основного металла и не растворяет его [3,4]. Учитывая, что корпус каталитического нейтрализатора тонкостенный, это является важным преимуществом.

Другое его преимущество – промышленность выпускает данный припой в виде порошка. Можно облегчить процесс нанесения припоя применив его пасту. Например, замешав в растворителе Р5 и акриловой смоле. При этом в условиях нагрева в вакууме такие компоненты пасты как растворитель и смола бесследно улетучиваются и не требуют удаления.

«Таким образом для нашего изделия можно рекомендовать применение порошкового припоя а в качестве связующего применение состава, состоящий из 10% акриловой смолы и 90% растворителя Р5. Порошок припоя замешивается на связующем до образования однородной массы необходимой консистенции» [22].

Для нанесения пасты припоя ВПр-4 можно применить точечные дозаторы.

2.3 Технологический процесс пайки.

Операции входного контроля не поменялись. В операции сборки внесены изменения – собираем под пайку, в отличие от варианта сварки.

На паяемую поверхность наносим слой припоя. Для данной операции используем устройство дозирующее IVATO FG-61. Укладываем изделия в приспособление для пайки, в общей сложности, укладывается 40 изделий. С помощью вилочного погрузчика перемещаем приспособление в камеру вакуумной печи. Затем откачиваем камеру до глубины вакуума $10^{-2} \dots 10^{-3}$ мм.рт.ст.

По достижении требуемой глубины вакуума включаем нагрев изделия до температуры плавления припоя 1050°C , делаем выдержку 10 минут и выключаем нагреватели печи. Охлаждаем изделие в печи до температуры

кристаллизации припоя. Для припоя ВПр-4 это 950°C. Напускаем инертный газ, чтобы ускорить процесс охлаждения, по достижении температуры 50-70°C открываем крышку.

Проводится визуально-измерительный контроль. Не допускаются непропаи и трещины в паяных швах.

Контроль герметичности проводится как и в базовом варианте технологии.

Если изделие соответствует всем требованиям, то детали отправляют на сборку.

В пункте 2.1. выпускной квалификационной работы показано, что при реализации технологического процесса пайки корпуса предпочтителен нагрев в вакуумной печи.

Выбираем вакуумную печь сопротивления серии VHGO. «Данные печи нашли широкое распространение, из за своей универсальности. Габариты рабочей зоны печей серии VHGO: от 400x400x600 мм до 1000x1000x1500 мм, рабочий вакуум: от 10^{-2} до 5×10^{-6} Торр, давление закалки до 20 бар» [22].

«В нашем случае возможность подачи газа в рабочее пространство позволяет значительно увеличить скорость охлаждения, повысив, тем самым, производительность процесса пайки» [22].

«Для выбранной печи VHGO с индексом 101015, рисунок 6. максимальный вес садки достигает 3000 кг. Размеры рабочего пространства выбранной печи обеспечивают загрузку 40 паяемых изделий. С учетом веса требуемой оснастки общи вес садки составит менее 300 кг» [22].

«В форвакуумную группу вакуумной системы электропечи включен пластинчато-роторный масляный насос немецкой фирмы Oerlikon Leybold Vacuum с циркуляционной смазкой. Этот насос обеспечивает скорость откачки: 100 м³/ч. Двухроторный бустерный насос Рутса фирмы Oerlikon Leybold Vacuum» [22].

В высоковакуумную группу вакуумной системы электропечи

включены диффузионный насос фирмы, Oerlikon Leybold Vacuum, и поддерживающий пластинчато-роторный двухступенчатый маслonaполненный насос той же фирмы.



Рисунок 6 – Электродпечь VH9Q с индексом 101015

Оснастка для размещения паяемых изделий выполнена из коррозионно-стойкой стали X18H10T.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Проектная технология предусматривает пайку полукорпусов каталитического нейтрализатора. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

«Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному ухудшению здоровья» [20].

«Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности» [20].

«Технологический процесс пайки связан с опасностями, вызванными различными причинами, которые могут привести человека к временной или полной нетрудоспособности, в зависимости от стечения обстоятельств или интенсивности воздействия» [5].

«Вредные вещества (газы, пары, аэрозоли) при пайке выделяются в результате физико-химических процессов, возникающих при воздействии высокой температуры на припой и обрабатываемое изделие» [20].

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

следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, таблица 3: 1) входной контроль (для выполнения операции применяются штангенциркуль, микрометр, индикатор стрелочный); 2) подготовительная операция (для выполнения операции применяются щетка металлическая, ветошь, ацетон); 3) сборка полукорпусов (для выполнения операции применяется специализированная оснастка); 4) пайка (для выполнения операции применяются электропечь типа VHGQ оснащенная комплексом необходимого оборудования для получения и контроля вакуума); 5) контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, набор для проведения капиллярного контроля, а также средства увеличения, лупа, например).

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
Входной контроль	Дефектоскопист	штангенциркуль, микрометр, индикатор стрелочный	Рукавицы
Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая, стол для подготовки к напылению	Рукавицы, ветошь, ацетон
Сборка	Электросварщик	Специализированное приспособление	Сжатый воздух,
Пайка	Электросварщик	Электропечь типа VHGQ	Рукавицы, клещи кузнечные
Контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, набор капиллярного контроля, лупа	Кисточка, жидкости №1 и №2

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 [14].

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
Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях валов, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 	штангенциркуль, микрометр, индикатор стрелочный
Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях валов, 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 	Щетка металлическая, стол для подготовки к пайке, рукавицы, ветошь, ацетон

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Сборка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях валов, 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 	Специализированное приспособление, сжатый воздух
Пайка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	Электродпечь типа VHGQ
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	набор визуально-измерительного контроля, набор капиллярного контроля, лупа

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	- размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; - проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	- применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; - размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	- применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; - применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	- организация защитного заземления; - проведение периодического инструктажа по технике безопасности; - периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	- проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; - механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	- применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	- применение защитных экранов; - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
Токсичность применяемых растворов №1 и №2	- размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; - уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.

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	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборки и пайка	Специализированное приспособление для сборки, электропечь типа VHGQ	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) [14]	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 [29].	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения [29].

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 пайки полукорпусов каталитического нейтрализатора» [29].	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [29].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [29].

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» [29].	«Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса» [29].	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Пайка	«Контроль, подготовительная операция, операция пайки, контрольные операции» [29].	«Выделяемые в процессе получения вакуума в рабочем объеме печи частицы масла » [14]	«Химикаты, используемые в процессе капиллярного контроля» [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» [14].
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек индикаторных жидкостей при проведении капиллярного контроля.
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» [14].

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии пайки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса пайки 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 соединения полукорпусов каталитического конвертера применить современные достижения сварочной науки в области пайки. Принято решение построение проектной технологии пайки выполнять на базе вакуумной электропечи типа VHGQ предназначенного для пайки и термообработки в условиях вакуума.

Базовый вариант технологии предполагает использование дуговой сварки неплавящимся электродом по методу MIG. Проектный вариант технологии предполагает использование технологии высокотемпературной пайки в вакуумной печи.

Такая замена способа соединения полукорпусов каталитического конвертера позволяет существенно повысить производительность. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов соединения. Впоследствии чего увеличивается срок эксплуатации каталитического нейтрализатора.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии пайки при нагреве в печи в условиях вакуума.

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_d	-	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.	15000	750000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	11	11
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{экс}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
Принятые значения нормы амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
Принятые значения коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициента цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
Принятые значения коэффициента заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
Принятые значения коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_{\text{н}}$	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов соединения полукорпусов каталитического конвертера 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, см. табл. 4.1: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество

предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{\text{см}} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

Расчёты, выполненные согласно (1) 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 $B = 7 \%$:

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

Расчёты, выполненные согласно (2) 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 нанесения покрытий, 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 $t_{\text{п-з}}$:

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

Машинное время для базовой технологии рассчитаем исходя из длины сварного шва, коэффициента наплавки и величины сварочного тока.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_o = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (4)$$

Машинное время, рассчитанное для базового варианта технологии согласно (4), составит:

$$t_{машб} = \frac{60 * 0,561 * 0,238}{120 * 9} = 0,05 \text{ час} = 6,0 \text{ мин.}$$

Для проектного варианта технологии разделим общее время работы вакуумной печи на максимальное количество деталей, загружаемых за один термический цикл.

$$t_{машпр} = \frac{1,2}{48} = 0,025 \text{ час} = 3,0 \text{ мин.}$$

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

$$t_{штб} = 6,0 + 0,6 + 0,3 + 0,48 + 0,06 = 7,34 \text{ мин.} = 0,122 \text{ час.}$$

$$t_{штпр} = 3,0 + 0,3 + 0,15 + 0,24 + 0,03 = 3,72 \text{ мин} = 0,062 \text{ час}$$

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

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $P_r=16000$ каталитических нейтрализаторов в год.

При этом необходимое количество $n_{об.расч}$ оборудования для

выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$):

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{F_{э} \cdot 60} \quad (5)$$

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

$$n_{об.расчетнб} = \frac{16000 \cdot 7,34}{2054 \cdot 60} = 0,95 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетнпр} = \frac{16000 \cdot 3,72}{2054 \cdot 60} = 0,48 \text{ шт}$$

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

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (6)$$

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

$$k_{зб} = \frac{0,95}{1} = 0,95$$

$$k_{зпр} = \frac{0,48}{1} = 0,48.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

При соединении полукорпусов каталитического конвертера требуются вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии комбинированный технологический процесс сварки балки характеризуется расходом штучных электродов по способу ММА. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс на базе способа пайки при нагреве в вакууме характеризуется расходом припоя ВПр-4.

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

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{tz}, \quad (7)$$

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

$$3M_{\bar{o}} = 9,99 \text{ руб.}$$

$$3M_{np} = 15,66 + 0,55 = 6,21 \text{ руб.}$$

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

$$З_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot k_{znl} \quad (8)$$

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

$$З_{оснБАЗ} = 0,122 \cdot 200 \cdot 1,79 = 43,67 \text{ руб.}$$

$$З_{оснПР} = 0,062 \cdot 175 \cdot 1,79 = 19,42 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$Z_{\text{ДОПБАЗ}} = 43,67 \cdot 12/100 = 5,24 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ДОППР}} = 19,42 \cdot 12/100 = 2,33 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi ЗП_{\text{БАЗ}} = 43,67 + 5,24 = 48,91 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{\text{ПР}} = 19,42 + 2,33 = 21,75 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$O_{\text{снБАЗ}} = 48,91 \cdot 30/100 = 14,67 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{снПР}} = 21,75 \cdot 30/100 = 6,52 \text{ руб.}$$

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

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

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:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

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

$$A_{об}^Б = \frac{40000 \cdot 6,00 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{70000 \cdot 3,00 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,21 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} C_{э-э}. \quad (13)$$

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

$$Z_{э-ЭБАЗ} = \frac{3,6 \cdot 0,05}{0,7} 3,02 = 0,77 \text{ руб.}$$

$$Z_{э-ЭПР} = \frac{6,3 \cdot 0,025}{0,75} 3,02 = 0,63 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{об\text{баз.}} = 0,24 + 0,77 = 1,01 \text{ руб.},$$

$$Z_{об\text{проектн.}} = 0,21 + 0,63 = 0,84 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,99 + 48,71 + 14,67 + 1,01 = 74,38 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 6,21 + 21,75 + 6,52 + 0,84 = 35,32 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 74,38 + 1,5 \cdot 43,67 = 74,38 + 65,50 = 139,88 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 35,32 + 1,5 \cdot 19,42 = 35,32 + 29,13 = 64,45 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 139,88 + 1,15 \cdot 43,67 = 139,88 + 50,22 = 190,10 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 64,45 + 1,15 \cdot 19,42 = 64,45 + 22,33 = 86,78 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки полукорпусов и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 11.

Таблица 11 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости соединения полукорпусов

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на основные материалы	<i>M</i>	9,99	6,21
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	48,71	21,65
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	14,67	6,52
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1,01	0,84
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	74,38	35,32
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	65,50	29,13
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	139,88	64,45
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	50,22	22,33
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	190,10	86,78

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 $C_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з.б.}}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (17)$$

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

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100). \quad (18)$$

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

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 15000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 8550 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,027 = 230 \text{ руб.}$$

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

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

Капитальные вложения $K_{\text{об. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $C_{\text{об. пр.}}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$ по проектному варианту:

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

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

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 750000 \cdot 1,05 \cdot 0,012 = 9450 \text{ руб.}$$

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:

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

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:

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

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

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

$$K_{\text{дем}} = 1 \cdot 15000 \cdot 0,05 = 750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 75000 \cdot 0,05 = 3750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 750 + 3750 = 4500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{общ. пр.}} = 9450 + 4500 = 54450 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ. пр.}} - K_{\text{общ. б.}} \quad (24)$$

$$K_{\text{доп}} = 54450 - 230 = 52154 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{уд}$ рассчитываем с учётом годовой программы Π_T :

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{\Pi_T}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 230/500 = 0,46 \text{ руб./ед.}; K_{удПроектн.} = 52154/500 = 10,43 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% . \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,122 - 0,062}{0,122} \cdot 100\% = 50\%$$

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

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} . \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

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

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

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{74,38 - 35,32}{74,38} \cdot 100\% = 52\%$$

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

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

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

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (190,10 - 86,78) \cdot 16000 = 51660 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (30)$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{5215}{51660} \approx 0,5 \text{ года}$$

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

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

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

$$\mathcal{E}_Г = 51660 - 0,33 \cdot 5215 = 49880 \text{ руб.}$$

Проектный вариант технологии предполагает использование газотермического напыления шнуровыми материалами.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 50%, повышение производительности труда на 100%, уменьшение технологической себестоимости на 52%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 51660 рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 49580 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности при получении соединения полукорпусов каталитического нейтрализатора.

Анализ конструктивных особенностей нейтрализатора, условий эксплуатации и базового технологического процесса изготовления выявил недостатки в технологии его изготовления. Применяемая технология ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона характеризуется низкой степенью механизации и автоматизации. По результатам анализа возможных вариантов соединения полукорпусов каталитического нейтрализатора предложено применить технологический процесс пайки.

По результатам анализа состояния вопроса по теме сварки тонколистовых конструкций из нержавеющей стали сформулированы задачи выпускной квалификационной работы.

В отличие от базового, где все сварные швы выполняются вручную технологией аргонодуговой сварки, рекомендована для соединения полукорпусов технология вакуумной печной пайки. Это позволяет уменьшить трудоемкость изготовления изделия за счет того, что все швы выполняются одновременно и за один термический цикл производится пайка сразу сорока изделий. Кроме того, за счет устранения остаточных напряжений и деформаций качество изделия улучшается.

Для реализации разработанной технологии подобрано нагревательное оборудование, высокотемпературная вакуумная печь.

При внедрении результатов бакалаврской работы предполагается получить годовой экономический эффект в размере 49580 руб. Цель работы достигнута

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. 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.
4. Гаврилов Д.А. Технология восстановления изношенных деталей сварочной оснастки / Д.А. Гаврилов // Магистерская диссертация. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 59 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/12884>
5. Голубев Д.А. Технология сварки корпуса расходомера / Д.А. Голубев // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 59 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11588>.
6. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
7. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
8. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
9. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
10. 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.
11. Егорова Г.Г., Кручинина Н.В. Механическое сварочное оборудование: Каталог. М.: НИИмаш. 1980. 68 с.

12. Кайдалов А.А.. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. К.: Экотехнология, 2004. 40 с.
13. Каспарова О.В., Балдохин Ю.В. Новые представления о механизме межкристаллитной коррозии нержавеющей сталей // Защита металлов. 2007. том 43. №3. С. 256-261.
14. 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.
15. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учебно-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
16. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
17. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
18. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.
19. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.
20. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.
21. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1988. - 376 с.
22. Лукин, Д. А. Сварка глушителей в ООО «Faurecia» // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2018. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/7502>.
23. Масаков В.В., Масакова Н.И., Мельзитдинова А.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. пособие. Тольятти: ТГУ. 2011. 184 с.

24. Радзиевский Г.Г. Ткаченко А.М. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. К.: Экотехнология, 2009. 400 с.
25. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
26. Справочник по пайке / Под ред. И.Е.Петрунина. - М.: Машиностроение, 2003. - 480 с.
27. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.
28. Хряпин В.Е. Справочник паяльщика. – Изд. 5-е. М.: Машиностроение, 1981. 349 с.
29. 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).
30. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
31. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
32. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
33. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.
34. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
35. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.
36. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. 1971. № 6. P. 230–233. B.H.