

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Сварка глушителей в ООО «Faurecia»

Студент

Д.А. Лукин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.К. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – повышение качества и производительности на операциях соединения компонентов выпускной системы автомобилей ВАЗ в ООО «Faurecia».

Для достижения цели в работе решены следующие задачи: выбран способ получения неразъемных соединений; подобран припой и способ нагрева; разработан технологический процесс пайки подобрано оборудование и разработана оснастка для реализации разработанного технологического процесса; предусмотрены мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие при изготовлении изделия; произведен расчет экономической эффективности предложенных технических мероприятий.

В составе пояснительной записки \_\_58\_\_ стр., \_\_14\_\_ рисунков, \_\_6\_\_ таблиц.

В данной работе проведен анализ технологии сварки глушителей и других компонентов выпускной системы автомобиля в ООО «Faurecia». По результатам анализа сделан вывод, о предпочтительности замены способа соединения деталей каталитического конвертера со сварки на пайку. Для осуществления техпроцесса пайки подобрано оборудование, вакуумная печь сопротивления серии VHGQ..

Также разработаны мероприятия по безопасному производству работ и определена экономическая эффективность бакалаврской работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных решений.....	7
1.1 Описание основных компонентов выпускной системы.....	7
1.2 Анализ свойств материала конструкции .....	9
1.3 Базовый технологический процесс изготовления изделия.....	12
1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления .....	14
1.5 Задачи бакалаврской работы.....	15
2 Разработка технологического процесса пайки.....	16
2.1 Выбор варианта способа нагрева корпуса нейтрализатора .....	16
2.2 Выбор припоя .....	20
2.3 Технологический процесс пайки. ....	25
3 Выбор оборудования для нагрева под пайку .....	27
4 Безопасность и экологичность проекта. ....	31
4.1 Характеристика участка сварки.....	31
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной.....	34
технологии в производство .....	34
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных.....	35
рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии.....	35
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной .....	36
безопасности разрабатываемого технологического объекта.....	36
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого.....	38
технологического объекта.....	38
4.6 Заключение по разделу .....	38
5 Экономическая эффективность проекта.....	40
5.1 Исходные данные для расчетов.....	41
5.2 Вычисление фонда времени работы оборудования .....	42
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	43
5.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов	
технологии. ....	46

5.5 Цеховая себестоимость.....	51
5.6 Заводская себестоимость.....	52
5.7 Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта технологии.....	52
Выводы по экономическому разделу.....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	56

## ВВЕДЕНИЕ

На первых автомобилях глушители отсутствовали. Машины сильно шумели. Шум пугал лошадей, основной вид транспорта в то время. Пешеходам шум также досаждал. Сложившуюся ситуацию необходимо было менять. В 1890 году автомобилестроительные заводы начали разработки устройств, снижающих уровень шума, и в 1894 году первый глушитель установили на автомобиле "Панар-Левассор".

Глушители и прочие компоненты современных выпускных систем автомобиля эксплуатируются в тяжелых условиях, при повышенных температурах, воздействии абразивных частиц, воздействии влаги, не исключены ударные нагрузки, особенно если автомобиль эксплуатируется на пересеченной местности. Все перечисленное предъявляет жесткие требования к материалам компонентов выпускной системы и технологиям их изготовления. Поэтому разработка новых технологий изготовления глушителей, применение новых материалов являются актуальными.

Например, для последних моделей автомобилей ПАО АвтоВАЗ в ООО «Faurecia делают компоненты выпускной системы из нержавеющей стали. Сварка компонентов по базовой технологии выполняется на специализированном сборочном приспособлении, при ручной загрузке и выгрузке, механизированной сваркой плавящимся электродом.

Использование данных технологических решений, применительно к условиям крупносерийного и массового производства не позволяет обеспечить высокие требования по качеству, производительность указанного технологического процесса низкая. Перечисленные недостатки технологий являются следствием зависимости производительности и качества сварки от субъективных факторов работника, таких как добросовестность, уровень квалификации, от физического состояния. Кроме того, условия труда способствуют быстрой утомляемости работника, газы и мелкодисперсные частицы, выделяющиеся при сварке, негативно влияют на его здоровье. Вместе с тем, практика показывает, что возможны способы механизации и

автоматизации процессов дуговой сварки, позволяющие снизить цену и повысить качество изделия. Кроме того, возможно применение другого способа сварки.

Цель настоящей работы – повышение качества и производительности на операциях соединения компонентов выпускной системы автомобилей ВАЗ в ООО «Fauresia».

## 1 Анализ исходных данных и известных решений

### 1.1 Описание основных компонентов выпускной системы

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.

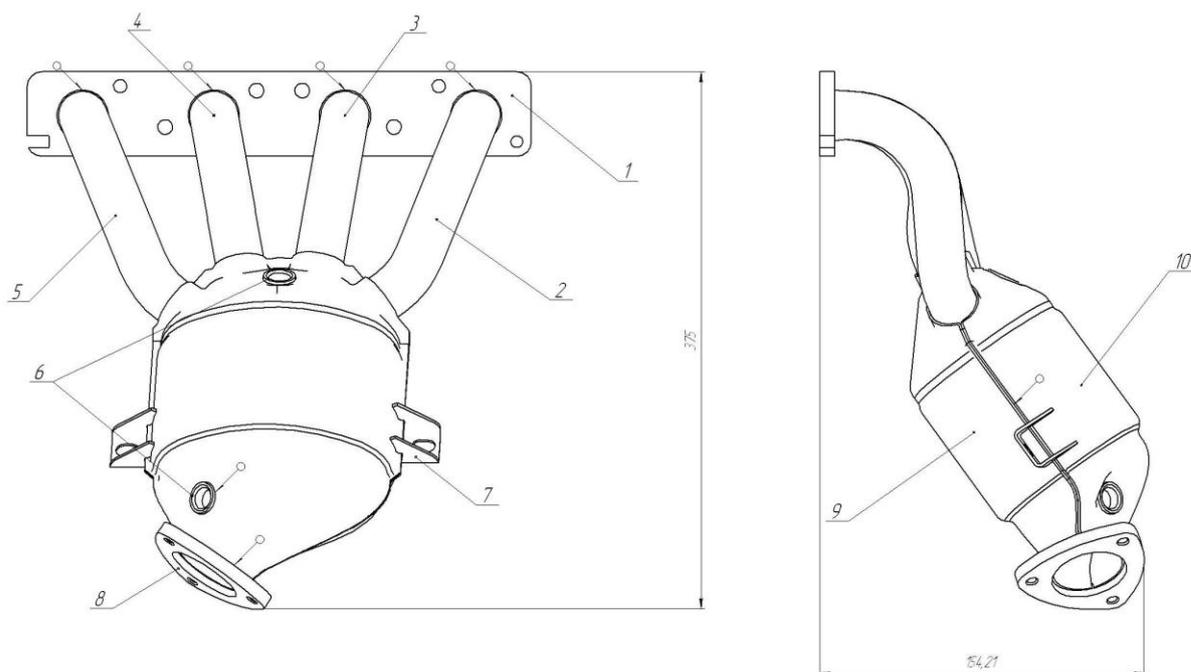
Для изготовления выхлопных труб применяют полосовую сталь, ее гнут, соединяют кромки технологией сварки, затем гнут полученные трубы в нужную конфигурацию.

Важным устройством, сравнительно недавно появившемся в выпускной системе является каталитический нейтрализатор. Данное устройство предназначено для уменьшения токсичности продуктов сгорания топлива за счет дожигания угарного газа и несгоревших углеводородов и восстановления оксидов азота до продуктов, не представляющих опасности. Общий вид нейтрализатора на рисунке. 3.1., характеристики в таблице 3.1.

Каталитический нейтрализатор устанавливают возможно ближе к двигателю, для скорейшего достижения рабочей температуры и высокой эффективности при городском цикле движения.

Выхлопные трубы, глушители и каталитический нейтрализатор соединяют с крепежными элементами днища кузова автомобиля, гибкими элементами подвески. Места фиксации выбирают таким образом, чтобы вибрация, не передавалась кузову и не производила шум в салоне машины.

Общий объем системы выпуска легкового автомобиля примерно в 3 - 8 раз больше объема двигателя. Таким образом, в зависимости от типа глушителя, общий вес выхлопной системы может составить от 8 до 40 кг.



1. Фланец коллектора верхний; 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. 3.1 - Общий вид каталитического нейтрализатора

Таблица.3.1 - Технические характеристики каталитического нейтрализатора

Основные параметры	Показатели	
Диапазон рабочих температур каталитических блоков	200-700 °С	
Предел термической стойкости каталитических блоков	1400 °С	
Газодинамическое сопротивление, кПа.	2	
Ресурс работы, не менее, лет	5	
Эффективность очистки	при 250°С	при 450°С
по оксиду углерода, не менее	50%	95%
- по углеводородам, не менее	40%	85%
- по оксидам азота, не менее	40 %	80%
- по содержанию твердых частиц, не менее	40 %	80%
Габаритные размеры:	Крепежные элементы и габаритные размеры нейтрализатора соответствуют штатному глушителю и адаптируются к выхлопному тракту двигателя.	

К основным загрязняющим веществам, появляющимся при сгорании топлива в двигателе относят оксид углерода, оксиды азота и летучие органические соединения – углеводороды.

В корпусе каталитического нейтрализатора находятся катализаторы - это вещества, ускоряющие или вызывающие химическую реакцию. Однако сами катализаторы в продукты реакции не входят, участвуя в реакции Катализаторы не являются продуктом реакции и не являются реактивом.

Конструктивно каталитические блоки установлены во внутренний корпус каталитического нейтрализатора, за счет чего обеспечивается требуемый тепловой режим работы и высокая надежность при эксплуатации автомобиля в сложных дорожных условиях. На поверхность сотового блока нанесено высокоактивное каталитическое покрытие на основе оксидов металлов сложной структуры (перовскиты). Конструктивно каталитический нейтрализатор выполнен из следующих блоков: дожиг сажи, сепаратора сажи, каталитического окисления и каталитического восстановления.

## 1.2 Анализ свойств материала конструкции

Корпус каталитического нейтрализатора изготавливается из стали марки AISI 439. Это, нержавеющая безникелевая стабилизированная титаном ферритная сталь AISI 439. Содержание элементов обеспечивает как высокую стойкость к общей коррозии, так и к межкристаллитной коррозии, таблица 3.2.

Таблица.3.2 - Химический состав стали AISI 439

Состав %	C	Mn	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.
Типично	0.05	0.7	0.025	0.01	0.65	18	0.25	0.015	0.6	0.08

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.

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.

Общая коррозионная стойкость стали AISI 439 в некоторых средах не уступает стойкости аустенитных сталей типа 12X18H10T, AISI 304 и т.п. в аналогичных условиях. Сталь 439 устойчива против коррозии на воздухе (в том числе окислению при высоких температурах), в воде, в растворах многих щелочей и в большинстве органических кислот, во многих органических углеродосодержащих соединениях (в т.ч. растительного и животного происхождения), в растворах азотной кислоты и т.д. Сопротивление хлоридному растрескиванию стали 439 при нагрузке составляет ~ 350 МПа. В то же время, у стали 08X18H10T (и др. аустенитных никелевых сталей) данная величина не превышает 150 МПа.

Некоторые сравнительные характеристики сталей марок 12X18H10T и AISI 439 приведены в таблице 3.3.

Трубки каталитического нейтрализатора изготавливаются из стали марки AISI 409. Сталь AISI 409 - стабилизирована титаном, относится к ферритным хромистым коррозионностойким сталям общего применения (согласно стандарту ASTM A240).

В стали AISI 409 удалось получить удачное сочетание:

- высоких прочностных и механических свойств;
- коррозионной стойкости, в т.ч. в атмосфере;

- обрабатываемости давлением.

Таблица 3.3 - Сравнительные характеристики сталей

Марка стали	Удельная тепло-емкость (Дж/г •К) при 20 °С	Теплопроводность, (Вт/ м •К) при 20 °С	Коэффициент термического расширения (10 <sup>6</sup> °С-1) усредн.	Сопротивление коррозионному хлоридному растрескиванию, МПа	Магнитные свойства
1	2	3	4	5	6
AISI 439	0,44	25	10	350	Да (ферромагнетик)
12X18Н10Т	0,52	15	17.5	140	Нет

Таблица 3.4 – Временное сопротивление при повышенных температурах

Температура, °С	300	400	500	600
Предел прочности, МПа	450	430	250	145

Таблица 3.5 - Химический состав, %

Марка	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ti
409	Мин.	-	-	-	-	10.5	6x%C
	Макс.	0.08 *	1.00	1.00	0.045	0.045	11.75

\* характеризуется сверхмалым содержанием углерода (< 0,03%).

Сталь марки AISI 409 можно отнести к улучшенным аналогам стали 08X13. В ней очень мало углерода (<0,03%), она обладает хорошей свариваемостью, у нее нет склонности к межкристаллитной коррозии. В целом, она обладает лучшими свойствами, если сравнивать с аналогом - сталью 08X13, и является ее заменителем. Сталь AISI 409 не поддается упрочнению термообработкой и обладает хорошей окалиностойкостью вплоть до температуры 700°С, причем, при высоких температурах ее механические свойства не снижаются.

У стали AISI 409 хорошая стойкость к окислению при сравнительно высоких температурах и высокий уровень эксплуатационных характеристик. Сталь AISI 409 классифицируют как жаростойкую при непрерывной эксплуатации до температур 700°C и при кратковременном увеличении эксплуатационных температур до 815°C.

Однако на температуру эксплуатации существенно влияет химический состав среды.

Сталь AISI 409 нашла применение в окислительных и нейтральных средах и не применяется в восстановительных средах. Явно выраженная ползучесть отсутствует до температуры 500°C, но при более высоких температурах происходит резкое снижение механических свойств. Поэтому при эксплуатационных температурах превышающих 500°C и высоких механических нагрузках применяют жаропрочные стали.[4].

### 1.3 Базовый технологический процесс изготовления изделия

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 складировается 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.

Керамические блоки складировать у приспособления для сборки в специальной оснастке. Блок извлекают из оснастки и укладывают в приспособление для сборки блока с прокладкой, затем блок оборачивают прокладкой с растягивающим усилием 25 Н. После чего блок, обернутый прокладкой перемещают на приспособление для сборки корпуса.

Предварительно в базирующую полость приспособления укладывают полукорпус, затем в него вставляют керамический блок, обернутый прокладкой, сверху укладывают второй полукорпус. При сборке должна быть обеспечена равномерность зазора между отбортовками полукорпусов. Собранный корпус укладывают в стенд предварительной сборки и выполняют дополнительную контактную сварку по 6 точек с каждой стороны по отбортовке. Точки должны быть равномерно распределены по отбортовке. Сварку производят с помощью подвесной сварочной машины. Силу тока принимают 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.

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.

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.

Полностью сваренный корпус поступает на операции контроля. Производится проверка герметичности. Рабочее давление составляет 0,4 МПа, при этом допускается падение давления не более 0,04 МПа в минуту.

Производится неразрушающий контроль сварных швов. Не допускаются наплывы, непровары, подрезы более 0,15 мм, сквозные поры. Производится выборочный, 1% от партии, контроль геометрии сваренного узла. Изделие укладывают в кондуктор, и проверяют соответствие расположения крепежных отверстий на кольцах требованиям чертежа.

#### 1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления

К недостаткам базового технологического процесса можно отнести следующие. Сварщик вручную производит манипуляции горелкой, следовательно, положение сварочной горелки относительно кромок свариваемого изделия, скорость сварки целиком определяются сварщиком. Получается что качество соединения зависит от субъективных характеристик сварщика. Манипуляции сварочной горелкой в течение смены – 8 часов – утомляют сварщика. Производительность труда снижается. Кроме того, аргоно-дуговая сварка данного соединения и данных толщин, как показывает практика, сопровождается большим количеством дефектов.

Следовательно, технологический процесс аргонодуговой сварки нуждается в замене.

Возможный вариант замены – применение технологии пайки. В настоящее время пайка зарекомендовала себя как передовой, надежный и высокопроизводительный технологический процесс [8].

У пайки есть сходство со сваркой плавлением, но эти две технологии различаются принципиально. В отличие от сварки, для которой характерным является плавление основного и присадочного материала, при пайке отсутствует плавление паяемого материала. Шов формируется при пайке за счет заполнения зазора между соединяемыми деталями припоем. Таким образом, пайка связана со смачиванием и с капиллярным течением припоя. Данные процессы при сварке плавлением не имеют места. Исходя из этого пайка происходит при температуре, меньшей температуры расплавления основного материала [5].

Еще одно преимущество пайки, если сравнивать со сваркой

плавлением, возможность соединить множества заготовок в единое целое за один прием. Поэтому пайка хорошо соответствует условиям массового производства. Кроме того, физика процесса пайки позволяет получать соединения разнородных металлов и металлов с неметаллами, стеклом, графитом, керамикой, полупроводниками, и другими материалами. Поскольку в процессе пайки кромки не плавятся, появляется возможность сохранять в форму и размеры соединяемых изделий. Использование низкотемпературной пайки позволяет сохранить неизменной структуру и свойства соединяемого металла. Дополнительное преимущество пайки – возможность распайки паяных соединений, а это облегчает монтажные и ремонтные работы.

### 1.5 Задачи бакалаврской работы

Цель настоящей работы – повышение качества и производительности на операциях соединения компонентов выпускной системы автомобилей ВАЗ в ООО «Faugesia».

Выполненный в первом разделе анализ базовой технологии, и анализ возможных путей устранения ее недостатков позволяет рекомендовать пайку при соединении компонентов каталитического нейтрализатора.

Таким образом, можно следующим образом сформулировать следующие задачи, после последовательного выполнения которых цель бакалаврской работы будет достигнута:

1. выбрать способ пайки каталитического нейтрализатора;
2. выбрать припой для пайки каталитического нейтрализатора;
3. разработать технологию пайки каталитического нейтрализатора;
4. подобрать необходимое оборудование.
5. Обеспечить безопасность производственных рабочих на операции пайки
6. Выполнить экономическую оценку разработок.

## 2 Разработка технологического процесса пайки

### 2.1 Выбор варианта способа нагрева корпуса нейтрализатора

Для осуществления процесса пайки выполняется нагрев до температуры, превышающей температуру полного расплавления припоя. Для нагрева могут применяться различные устройства. У каждого из них есть и недостатки и достоинства. В первую очередь на выбор устройства для нагрева корпуса влияют его конструктивные особенности, вид производства и пр. Выполним анализ основных способов нагрева, применяемых при реализации технологии пайки. Нагрев паяльником нас не устраивает, так как температура эксплуатации корпуса достаточно высокая, следовательно, выбор припоев будем производить из обладающих высокими температурами плавления.

Нагрев под пайку изделий сложной криволинейной формы, крупногабаритных, толстостенных и с большой площадью спая удобно вести в специальных штампах. Внутренняя поверхность штампа формой и размерами должна находиться в соответствии с формой и размерами паяемой детали. Для нагрева в штампе требуется равномерный прижим паяемых изделий. Фольга припоя предварительно укладывается в зазор между паяемыми деталями. Такой вариант нагрева под пайку может быть использован, например, при пайке половин лопастей винта самолета.

Погружая паяемые детали в расплав теплоносителя - соли, припоя, флюса или в нагретое масло можно исключить доступ воздуха. Это может помочь в реализации бесфлюсовой пайки. Однако масло нас не устроит, поскольку температура нагрева в нем мала.

Паяемая деталь при данном способе нагревается из за теплообмена между нагретой до температуры пайки жидкой средой и металлом детали. Способ характеризуется высокой скоростью нагрева детали. При прочих равных условиях скорость нагрева в 3—6 раз превышает скорости нагрева в воздушных средах. К дополнительному преимуществу следует отнести то,

что слой припоя или соли обеспечивает защиту паяемого изделия от окисления после извлечения из ванны с жидкой средой и охлаждения на открытом воздухе.

Продолжительность пайки в расплавах солей, флюсов или припоев, как правило менее 2х минут. Следовательно, способ обладает высокой производительностью. Кроме того, возможна одновременная быстрая пайка нескольких деталей. Количество паяемых изделий одновременно погружаемых в ванну с жидкой средой ограничивается только объемом ванны и уменьшением температуры среды, которое происходит из за теплообмена между средой и нагреваемыми деталями. Кроме того, данный вариант нагрева легко поддается механизации.

Также к преимуществам рассматриваемого способа нагрева следует отнести возможность совмещения операций пайки и последующей закалки. Кроме того, за счет высокой скорости нагрева в ваннах с жидкой средой может быть расширена номенклатура применяемых припоев, так как компоненты припоя с высокой упругостью пара не успевают испариться. Например, возможна замена меди на латунь, которая плавится при существенно более низких температурах, следовательно можно снизить деформации паяемого изделия, экономить медь и энергоносители.

Также при большом объеме жидкой ванны обеспечивается высокая точность поддержания температуры расплава, до  $5^{\circ}\text{C}$ , при этом, по причине равномерного нагрева температурные деформации паяемых изделий минимальны, поэтому обеспечивается высокая точность готового изделия.

К недостаткам способа нагрева погружением в жидкую среду следует отнести следующие [8]:

увеличенный расход электроэнергии, так как через зеркало жидкой ванны происходят существенные потери тепла;

излучение тепла и испарения некоторых компонентов жидких сред создают дискомфортные условия для производственного персонала и отрицательно влияют на здоровье;

после пайки, в ряде случаев, появляется необходимость устранить наплывы припоя с готового изделия, что значительно увеличивает общую трудоемкость изготовления;

к конструкции изделия предъявляются дополнительные требования, так как при наличии т.н. «воздушных мешков» возможны непропаи, особенно если паяемые швы расположены горизонтально;

при наличии на паяемых изделиях декоративно-защитных покрытий может произойти их повреждение и снижение коррозионной стойкости;

расход жидкой среды, как правило это соли, флюсы и припой, значителен;

жидкая среда должна быть рафинирована от примесей.

Еще одним недостатком указанного способа является сложность укладки и фиксации припоя. Если припой закреплен ненадежно, движущая жидкая среда может его сместить от заданного положения.

Возможен вариант нагрева под пайку за счет выделения тепла при прохождении электрического тока, как правило, через паяльный зазор. Электрический ток пропускают как параллельно зазору так и перпендикулярно.

При параллельном пропускании тока через паяльный зазор нагрев соединяемых деталей осуществляется только за счет тепла от нагреваемого электрода, что обеспечивает стабильность процесса пайки. Следует отметить, что приложение давления на паяемые детали влияния не скорость и температуру нагрева не оказывает. Напряжение при данном способе нагрева невелико, до 10 В. Ток используют переменный.

При пропускании тока поперек паяльного зазора нагрев осуществляется в основном за счет переходного сопротивления на границах соединяемых деталей и припоя. При этом могут быть проблемы с обеспечением равномерного нагрева и регулировкой температуры. Для данного способа нагрева также требуется ток низкого напряжения и но большой силы. Получать его можно от трансформаторов машин

электроконтактной сварки.

Широко применяют способ местного нагрева теплотой, которая выделяется в процессе сгорания смеси горючего газа или паров горючего вещества с кислородом или воздухом.

Для пайки деталей небольших размеров припоями со сравнительно небольшими температурами плавления могут применяться паяльные лампы. В них сжигают жидкое топливо (керосин, бензин, спирт, бутан, пропан) в смеси с воздухом. Пайка горелками, в которых сжигают ацетилен в смеси с кислородом позволяет применять припои с высокими температурами плавления.

При данном варианте нагрева под пайку происходит окисление поверхности паяемых деталей, поэтому при пайке горелками как правило, применяют флюсы.

Достаточно давно в практике пайки используют вариант нагрева в печах. Особо широкое распространение данный вариант нагрева получил при появлении электрических печей. К преимуществам нагрева в электрических печах относятся легкость контроля, регулировки и механизации. Кроме того, пайка в печах обеспечивает высокую производительность и применима и для конструктивно простых изделий и для конструктивно сложных. При нагреве в печах легко реализуется вариант бесфлюсовой пайки. С учетом равномерного нагрева можно обеспечить высокую точность готового изделия.

Вариант нагрева в печах требует для своего осуществления специальной оснастки, обеспечивающей закрепление, деталей, подвергаемых пайке, их прижатие для поддержания заданной величины паяльного зазора. Кроме того, необходима оснастка обеспечивающая, в некоторых случаях, равномерное распределение температуры. Требуется следить, чтобы припой и флюс не попадали на различные элементы печи.

Специфическим требованием к оснастке при пайке деталей из материала с малым сопротивлением ползучести является подбор

коэффициента линейного расширения материала оснастки не вызывающего появления напряженного состояния в соединениях. Как правило у материала оснастки коэффициент линейного расширения должен быть меньше, чем у паяемого материала. Транспортировка собранного изделия в зону нагрева печи и из зоны нагрева должна выполняться на поддонах. Они требуются для предотвращения взаимного смещения деталей в процессе загрузки и обеспечения равномерного прогрева паяемых деталей.

В условиях серийного и массового производства высокотемпературную пайку реализуют в конвейерных печах. Это печи непрерывного действия, нагрев ведется в защитной или активной газовой среде. Такие печи обладают высокой производительностью и низкой стоимостью пайки изделий.

В ряде случаев при печной пайке изделия помещают в контейнеры и создают там защитную или активную газовую среду. Данный технологический прием позволяет использовать печи с окислительной атмосферой.

## 2.2 Выбор припоя

При высокотемпературной пайке коррозионно-стойкой стали могут применяться припои на основе серебра, меди, никеля и припои систем медь-никель-кремний, никель-хром-марганец, медь-марганец-никель, никель-фосфор.

Серебро используемое в качестве припоя позволяет получать паяные соединения высокого качества при температуре меньшей рекристаллизации высоколегированных (нержавеющих) сталей. Поскольку серебро дефицитный и дорогостоящий металл применяют многокомпонентные припои, в которых в серебро добавляют медь, олово, цинк, марганец - системы Ag-Cu-Zn, Ag-Cu-Sn, Ag-Cu-Zn-Cd, Ag-Cu-Mn, Ag-Cu-P, Ag-Cu-Li и др.

Пайку сталей в некоторых случаях ведут припоями, основу которых составляет железо (системы Fe-Mn-C, Fe-Cr-Si-B, Fe-Mn-Cu-Ni-C-B-Si, Fe-Cr-

Ni-B и др.). У перечисленных припоев главным недостатком является высокая (1150- 1250<sup>0</sup>C) температура нагрева под пайку. При этом происходит пережог стали, требуется большой расход электроэнергии, к материалам нагревателей и оснастки предъявляют высокие требования.

Широкое применение для пайки сталей нашли припои, основу которых составляет медь. Эти припои технологичны и не содержат дефицитных элементов. Вместе с тем, при пайке чистой медью требуется высокая, до 1100-1150<sup>0</sup>C температура нагрева. При пайке чистой медью прочностные характеристики паяных соединений находятся в широком диапазоне, от 190 МПа, до 350 МПа, при испытаниях на растяжение. При испытаниях образцов на срез прочность паяных соединений составляет 150-170 МПа, существенно меньше прочности сталей.

Чтобы снизить температуру пайки и увеличить прочность пайку ведут сплавами меди. В основном это сплав меди и цинка – латунь и системы Cu-Mn, Cu-Ni, Cu-Mn-Ni, Cu-Mn-Ni-Ag, Cu-Ni-Si-Fe, Cu-Mn-Ni-Si-Fe-Co, Cu-Mn-Ni-Fe. В данные системы могут добавлять бор, литий, цинк, фосфор, калий, натрий, алюминий.

Низкой температурой плавления и высокой жидкотекучестью обладают сплавы меди с фосфором в количестве 4-9%. Например, эвтектика содержащая 8,25% фосфора, обладает температурой плавления 707<sup>0</sup>C. Для дальнейшего уменьшения температуры плавления и повышения пластических характеристик в эвтектику медь-фосфор добавляют олово и цинк. Все же пайку сталей меднофосфорными припоями ведут редко. Такие припои применяют для изделий, на которые не действуют вибрационные и ударные нагрузки, так как в паяном шве образуются хрупкие фосфиды железа, снижающие пластичность и охрупчивающие паяный шов.

В некоторых случаях, для получения пластичного соединения наносят на паяемую поверхность барьерное покрытие, гальваническим путем, например. Наносят слой никеля, меди [8]. При пайке нержавеющей стали 12X18H10T с медью М1 толщина медного покрытия на стали должна составлять 75 мкм

[8]. Увеличивать толщину сверх указанного значения нецелесообразно, так как механические характеристики в лучшую сторону не меняются, а при меньших толщинах появляются фосфиды.

Улучшают характеристики паяного соединения при использовании сплавов медь-фосфор добавками никеля в количестве 4-15%. При этом предотвращается образование сплошного слоя фосфидов, но значительно увеличивается температура пайки.

Для пайки сталей нашли широкое применение латуни, сплавы меди и цинка. На механические свойства латуней существенное влияние оказывает содержание цинка [5]. При увеличении содержания цинка в латуни до 30-32% растут прочность и пластичность. Но из-за появления хрупких фаз  $\beta$ - и особенно  $\gamma$ - при большем содержании цинка снижается пластичность, и при содержании цинка более 45% начинает снижаться и прочность. Поэтому в качестве припоев применяют латунные припои Л63 и Л68. Применять латунные припои с высоким содержанием цинка, можно для пайки изделий, на которые не действуют ударные нагрузки, изгиб и вибрация.

Существенно расширяют технологические возможности латунных припоев вводя в двухкомпонентную латунь легирующие добавки. Легируют двухкомпонентные латуни алюминием, марганцем, железом, никелем, при этом улучшаются механические характеристики латуней, их теплостойкость [7,8]. Добавки в латуни олова и кремния улучшают технологические свойства латуней, обеспечивают высокую плотность паяного шва [8].

Значительно улучшает механические свойства латуни легирование никелем. Припои системы Cu-Ni-Zn содержат от 3-10% никеля [10]. Высокую прочность паяных соединений обеспечивает сплав содержащий 45-47%Cu, 43-45%Zn, 10%Ni, называемый "нейзильбер" [6,7].

При пайке деталей с широкими, свыше 0,6 мм зазорами по причине высокой жидкотекучести латуней возможны определенные проблемы. Поэтому при использовании латунных припоев требования под сборку ужесточаются, или для предотвращения вытекания припоя из широких

зазоров вводят в припой компоненты, которые расширяют температурный интервал плавления [6]. К таким компонентам относится, как раз, никель. Его добавки предотвращают вытекание из широких зазоров латунных припоев.

Вводя в латуни кремний, позволяющий снизить испарение цинка во время нагрева под пайку, уменьшают пластические и прочностные характеристики паяного соединения за счет образования прослойки хрупкого соединения  $Fe_3Si$  на границе стали и паяного шва. Поскольку у никеля большее химическое сродство с кремнием, чем с железом, если ввести в латунь с кремнием никель, кремний будет связан с никелем в химическое соединение и интерметаллид с железом не будет образован [6].

Кремний вводят в латуни в количестве около 1% для снижения испарения цинка в процессе нагрева под пайку.

При совместном легировании латуней бором 0,1-0,3% и кремнием 0,75-0,9% латуни можно применять для пайки коррозионно-стойких сталей [8].

Вводя в латуни марганец добиваются повышения прочности и уменьшения температуры пайки. Припои с содержанием марганца в пределах 10-20%, полностью расплавляются в диапазоне температур 850-900°C [8]. При содержании марганца свыше 20% пластичность латуни снижается [7].

Вводя в латуни олово можно снизить температуру пайки, повысить коррозионную стойкость в морской воде, увеличить жидкотекучесть и растекаемость припоя. Латуни, содержащие 10%Sn полностью расплавляются при 810°C [8]. Но при больших количествах содержания олова латунь также охрупчивается.

Снижение температуры пайки медно-цинковыми припоями можно добиться вводя в них индий в количестве 1-5% [3]. При этом не происходит снижения механических характеристик припоя и паяного соединения. У латуней, содержащих до 34% Zn и 5%In, однофазная ( $\alpha$ -фаза) структура [3].

Теплостойкость паяного соединения можно повысить вводя в латунь хром [5,6]. Температура плавления эвтектики Cu-Cr (содержит 8,4% Cr) составляет 1075°C.

Для получения паяных соединений тяжело нагруженных изделий из сталей применяют латуни легированные двумя и более компонентами [4,6,8]. При применении таких латуней снижается и температура нагрева при пайке.

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 [5]. Припоями Cu-Ni возможна пайка в нейтральных газах и вакууме тонкостенных изделий, так как не происходит заметного растворения основного металла.

Свойства сплавов медь-марганец из-за распада  $\alpha$ -фазы меняются с течением времени. По этой причине двойные сплавы практически не применяют для пайки нержавеющей сталей. В тройных сплавах  $\alpha$ -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]. Таким образом, для нашего изделия выбираем припой ВПр-4.

Химический состав припоя ВПр-4 следующий [5].

Таблица 2.1 – 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.

Температура начала плавления припоя 940°C, окончания плавления 980°C. Характерным для припоя ВПр-4 является то, что при пайке нержавеющей сталей он не проникает между зерен и не растворяет основной металл. Поэтому им можно паять изделия с тонкими стенками.

С учетом формы паяных швов изделия проблематичным выглядит применение припоя в виде проволоки и фольги. Следует отметить, что припой ВПр-4 выпускается в виде порошка. 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.

Данный состав, с учетом массового производства, рекомендуется наносить с помощью точечных дозаторов.

### 2.3 Технологический процесс пайки.

Полукорпуса и патрубки на участок пайки привозят в оборотной таре на внутрицеховых транспортных средствах. Затем, привезенные детали укладывают на стеллажи. Первой операцией технологического процесса пайки является очистка от загрязнений. От качества очистки зависит производительность процесса и, конечно, качество.

Для очистки деталей перед пайкой применим щелочной состав, препарат МЛ-51 или МЛ-52 в виде водного раствора концентрацией 10...30 г/литр. Температура раствора должна находиться в пределах 75...80°С

Моющим составе МЛ-51 компоненты содержатся при следующем соотношении: сода кальцинированная – 10 г/литр; тринатрий фосфат – 18 г/литр; каустическая сода – 5 г/литр. Очистка выполняется на установке ММА1 в течение 30...40 минут. После чего детали поступают на операцию сборки. Там выполняется осмотр деталей на соответствие требованиям, наличие дефектов. Затем детали передается на операцию нанесения припоя.

На паяемую поверхность с помощью дозатора наносим слой припоя. Укладываем изделия в приспособление, зажимаем и надеваем фиксирующие хомуты. Подготовленные к пайке изделия укладываем на оснастку, на которую, в общей сложности, укладывается 40 изделий. Затем открываем крышку электропечи, с помощью вилочного погрузчика перемещаем оснастку в камеру печи, закрываем камеру крышкой, герметизируем.

Следим, чтобы по периметру крышки уплотнительная резина располагалась в пазу без перекосов. Затем включаем вакуумный насос и откачиваем контейнер до глубины вакуума  $10^{-2} \dots 10^{-3}$  мм.рт.ст.

По достижении требуемой глубины вакуума включаем нагрев изделия до температуры на изделиях  $1050^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре припой расплавится. По достижении температуры на изделии  $1050^{\circ}\text{C}$  делаем выдержку 10 минут и выключаем нагреватели печи. Охлаждаем изделие в печи до температуры кристаллизации припоя. Это составит примерно  $950^{\circ}\text{C}$ . Затем извлекаем контейнер из печи, охлаждаем уже на открытом воздухе до температуры  $50-70^{\circ}\text{C}$  и открываем крышку.

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

Рабочее давление при контроле герметичности составляет 0,4 МПа, при этом допускается падение давления не более 0,04 МПа в минуту.

Производится выборочный, 1% от партии, контроль геометрии сваренного узла. Изделие укладывают в кондуктор, и проверяют соответствие расположения крепежных отверстий на кольцах требованиям чертежа.

Если изделие соответствует требованиям, то детали отправляют на сборку.

### 3 Выбор оборудования для нагрева под пайку

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

Широкое распространение вакуумные печи получили в связи с необходимостью в них таких новых отраслей как электронная, атомная, ракетная, и в связи с качественным развитием цветной и черной металлургии, авиастроения, специальных отраслей машиностроения, и пр.

Наибольшей популярностью у производителей пользуются электропечи сопротивления вакуумные, в которых получают рабочую температуру до 2500°C. Вакуум в таких печах достигается  $10^{-9}$  мм рт. ст. ( $\sim 10^{-7}$  Па). Рабочее пространство таких печей может достигать сотен кубических метров.

Вакуумные печи по способам нагрева классифицируются на печи сопротивления, дуговые, плазменные, индукционные, электронно-лучевые, электропечи с ионным нагревом,.

Широко распространены электрические печи сопротивления. Теплоизоляция пространства нагрева в них проще, так как нет конвективной теплопередачи. Однако теплоизоляция должна, кроме традиционных требований огнеупорности, термостойкости, высокой теплоизоляции хорошо обезгаживаться, и компоненты ее не должны испаряться при вакууме.

Поэтому в вакуумных печах широкое распространение получила теплоизоляция из металлических экранов. В некоторых случаях выполняют футеровку огнеупорными и теплоизоляционными материалами.

Главным узлом, как и для традиционных электрических печей сопротивления, являются нагревательные элементы. Именно они, в большинстве случаев, определяют работоспособность вакуумных печей и срок их службы. Нагревательные элементы создают в рабочем пространстве печи заданную температуру путем преобразования электрической энергии в

тепловую.

Вакуум, с одной стороны, расширяет номенклатуру используемых для изготовления материалов, так как обеспечивает возможность использования окисляющихся на воздухе материалов, или материалов, активно поглощающих газы при нагреве и вследствие этого теряющих свои свойства.

С другой стороны нагреватели в условиях вакуума начинают интенсивно испаряться, иногда настолько, что это сокращает срок их службы до недопустимых с экономической точки зрения величин.

В настоящее время на рынке термического оборудования применяемого для пайки в вакууме предлагается широкая номенклатура вакуумных электропечей. Их анализ позволяет остановить выбор на горизонтальной вакуумной печи сопротивления серии VHQQ. Главное, что учитывали при выборе оборудования для нагрева в вакууме - чем больше размер нагревательной камеры, тем больше производительность, но больше цена печи.

Для выполнения годовой программы нам потребуется печь, обладающая рабочим пространством габаритами 1000x1000x1500 (индекс модели 101015). Такая печь предлагается московским предприятием ООО ЭРСТВАК. Данное предприятие занимается комплексными поставками вакуумного, термического, полупроводникового и аналитического оборудования для предприятий малого, среднего и крупного бизнеса, наукоемких производств, исследовательских институтов и лабораторий.

В печах сопротивления серии VHQQ обеспечивается возможность закалки в среде инертного газа. Данные печи нашли широкое распространение, из за своей универсальности. Габариты рабочей зоны печей серии VHQQ: от 400x400x600 мм до 1000x1000x1500 мм, рабочий вакуум: от  $10^{-2}$  до  $5 \times 10^{-6}$  Торр, давление закалки до 20 бар.

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

Для выбранной печи VHGQ с индексом 101015 максимальный вес садки достигает 3000 кг. Размеры рабочего пространства выбранной печи обеспечивают загрузку 40 паяемых изделий. С учетом веса требуемой оснастки общий вес садки составит менее 300 кг.

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 м<sup>3</sup>/ч. Двухроторный бустерный насос Рутса фирмы Oerlikon Leybold Vacuum.

В высоковакуумную группу вакуумной системы электропечи включены диффузионный насос той же фирмы, Oerlikon Leybold Vacuum, и поддерживающий пластинчато-роторный двухступенчатый маслonaполненный насос той же фирмы.

За счет применения в установке поддерживающего насоса экономится электропитание и увеличивается срок службы форвакуумной группы.

Форма корпуса печи цилиндрическая. Корпус имеет двойные стенки, охлаждаемые водой. Для защиты от коррозии нанесено специальное эмалированное покрытие.

Уплотнение фронтальной крышки печи двойное, байонетное, с защитой от случайного открытия. Крышка снабжена электроприводом, обеспечивающим автоматическое открытие.

Для измерения температуры корпуса печи установлены два температурных датчика, один на корпусе, другой на фронтальной крышке.

Для контроля давления в печи применяют две независимые системы контроля. Также применяют две независимые системы для контроля температуры в печи.

Для теплоизоляции рабочей зоны применены несколько слоев графитового войлока. Теплоизоляция закрывает полностью всю рабочую зону, для предотвращения локального охлаждения.

Рабочая зона установлена на специальных опорах из углеродистой

стали обеспечивающих с одной стороны жесткость конструкции, а с другой для обеспечения защиты от температурной деформации. Также данные опоры служат для точной состыковки изоляции фронтальной крышки п рабочей зоны.

В верхней и нижней части рабочей зоны, расположены форсунки прямоугольной формы для напуска закалочного газа. Такое расположение форсунок позволяет равномерно охлаждать обрабатываемые изделия.

Нагреватели выполнены в форме цилиндрических стержней. Предусмотрен быстрый демонтаж перегоревших нагревателей.

Используется две независимые системы контроля температуры. Для управления температурным режимом и контроля перегрева печиплатино-родиевые термопары, - 2 шт. Для контроля температуры садки. ннкельхромникель-ннкелькремниевые термопары до 12 шт.

На корпусе печи расположена панель ввода термопар в рабочую зону. Гермоввод рассчитан на подключение термопар с диаметром 1,5 мм, но по требованию Заказчика возможно изменение рабочего диаметра.

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

## 4 Безопасность и экологичность проекта.

### 4.1 Характеристика участка сварки.

Тема выпускной работы бакалавра: «Сварка глушителей в ООО "Faurecia"».

Участок пайки показан на рисунке 4.1.

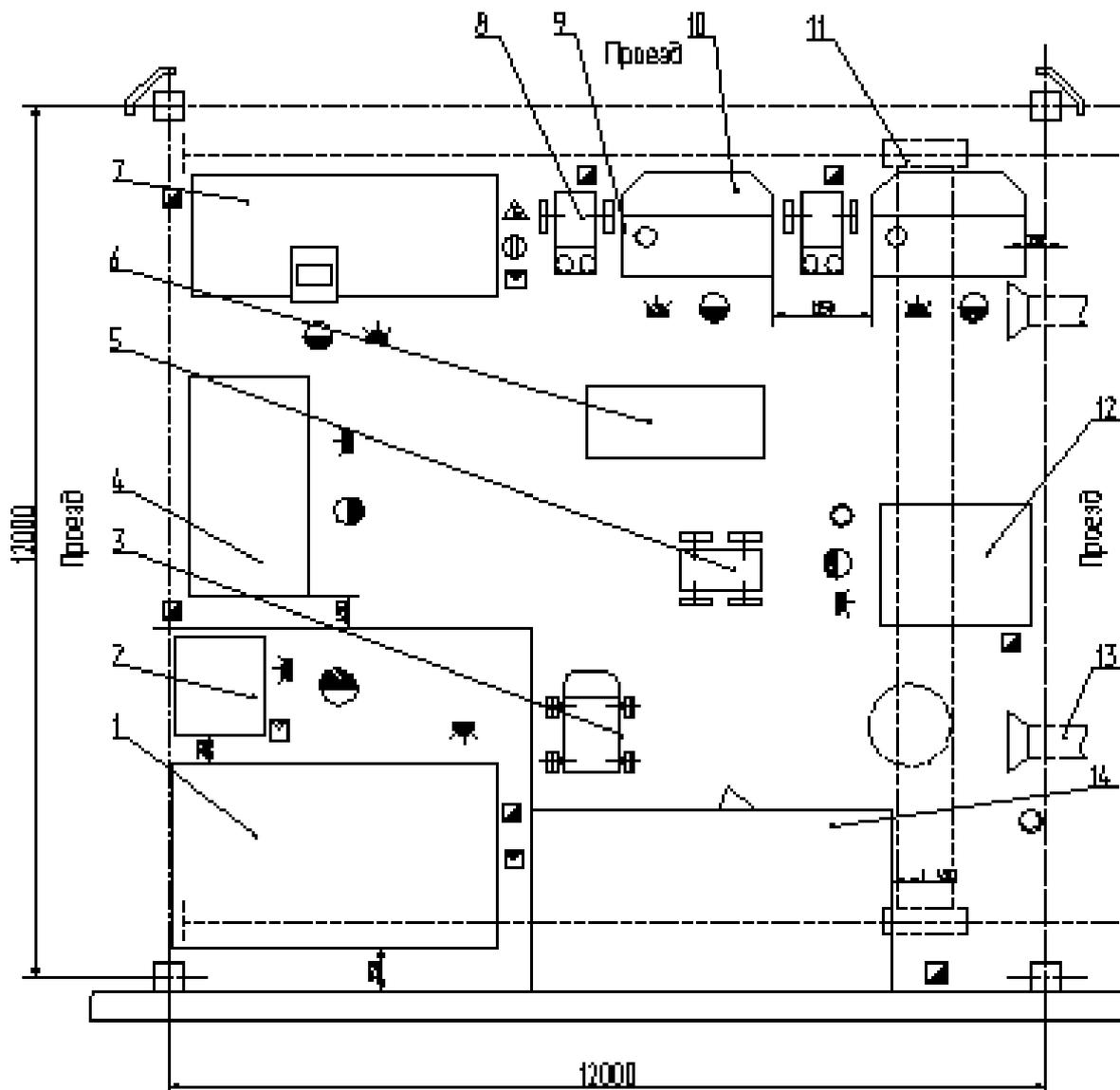


Рисунок 4.1 - Схема участка пайки

Спецификация оборудования участка представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Спецификация оборудования, инструментов для участка пайки.

№ позиции	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	Пост входного контроля	Проведение входного контроля
2	Ванна для моющего раствора	Подготовка изделий к пайке
3	Тележка инвентарная	Перемещение в пределах участка материалов и инструмента
4	Стеллаж для хранения вспомогательных материалов	Хранение порошка припоя
5	Тележка для загрузки оснастки в электропечь	Загрузка собранных изделий в электропечь
6	Оснастка для загрузки изделий в электропечь	Загрузка собранных изделий в электропечь
7	Пост для приготовления пасты припоя	Приготовление пасты припоя
8	Дозатор припоя	Нанесение пасты припоя на собираемые изделия
9	Пост сборки	Сборка изделий
10	Зонт вытяжной	Удаление вредных веществ
11	Кран-балка	Перемещение изделий, оборудования и оснастки в пределах производственного участка
12	Электропечь VHGQ	Нагрев под пайку
13	Вентиляция приточная	Обеспечение воздухообмена
14	Пост выходного контроля	Контроль запаянных изделий

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в аргоне на пайку. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение технологии пайки, которая проводится в замкнутом объеме, и из объема поступление газов в воздухе значительно.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Подготовка деталей	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная	1) рукавицы 2) круг абразивный 3) ацетилен 4) кислород
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	2) сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная	7) проволока Св-08Г2С Ø 1,2 мм 8) газ углекислый
3. Пайка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Электропечь VHGQ 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-08Г2С Ø1,2 мм 2) газ углекислый
4. Контроль качества пайки	Дефектоскопист	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный	-

## 4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) вращатель</li> <li>2) плазменно-воздушный резак</li> <li>3) Щётка металлическая</li> <li>4) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>
2. Сборка, прихватка, контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) центратор наружный</li> <li>2) сварочный полуавтомат Сварог MIG 350</li> <li>3) стропы</li> <li>4) шаблон УШС-3</li> <li>5) линейка металлическая</li> <li>6) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
3. пайка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) сварочный полуавтомат Сварог MIG 3502) стропы</li> <li>3) шаблон УШС-3</li> <li>4) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>
4. Контроль качества пайки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) лупа х4</li> <li>2) шаблон сварщика УШС-3</li> <li>3) стенд гидроиспытательный</li> </ul>

4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
- Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 4.3

- Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
- Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при тушении	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка нейтрализатора, теплообменника и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

#### 4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка нейтрализатора и контроль качества сварных швов и околшовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околшовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 4.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

#### 4.6 Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых

возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

## 5 Экономическая эффективность проекта

Цель бакалаврской работы – повышение качества и производительности на операциях соединения компонентов выпускной системы автомобилей ВАЗ в ООО «Faurecia»..

По проектному варианту соединение деталей корпуса нейтрализатора осуществляется методом пайки. В базовом варианте соединяли дуговой сваркой. Внедрение проектного варианта за счет автоматизации уменьшит трудоемкость, облегчит труд рабочего и обеспечит условно-годовую экономию за счет снижения себестоимости изготовления корпусов. Годовой экономический эффект получим за счет внедрения вакуумной печи, перехода на пайку, и за счет этого повышения производительности труда.

Расчет будем выполнять по изменившимся операциям (сварка) технологического процесса на один корпус.

Характеристика сравниваемых вариантов дана в таблице 5.1. В данной таблице показаны недостатки базовой технологии, и как планируется устранить их в проектном.

Таблица 5.1 - Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Здесь соединение половинок корпуса катализатора осуществляется при помощи сварки неплавящимся электродом в аргоне. Такой способ соединения отличается низкой производительностью. Кроме того, сварка неплавящимся электродом в аргоне сопровождается высоким уровнем остаточных напряжений ввиду специфики изделия и его геометрических характеристик.	В проектном варианте вместо сварки будет использоваться пайка, пайка будет осуществляться в вакуумной печи. Соединение получается за один термический цикл, кроме того, одновременно возможна пайка 40 изделий. Данный способ позволяет решить проблему остаточных напряжений и деформаций.

## 5.1 Исходные данные для расчетов

В качестве замены операции дуговой сварки в бакалаврской работе была предложена технология пайки бессеребряным припоем в вакуумной электропечи. Поэтому рассчитывая экономический эффект от внедрения данной технологии будем сравнивать с базовым вариантом дуговой сварки.

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные

№ п/п	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значения	
				Базовый	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала	Цпр	Руб/кг	27	140
2	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
3	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,81	1,81
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	30	30
7	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	10175	850000
8	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
9	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,7
10	Стоимость расходуемой на осуществление технологии электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
11	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэспл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
12	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	М <sup>2</sup>	8	11

Продолжение таблицы 5.2

13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	кмонт	-	0,03	0,02
14	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
15	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
16	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	250	250
17	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	215	215
18	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2
19	Программа годовая	Нпр	Шт	100000	100000

### 5.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-3}} \quad (5.1)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$  – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$  – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОБСЛ}}$  – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОТЛ}}$  – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{П-3}}$  – время на подготовительно – заключительные операции, 1%  $t_{\text{МАШ}}$ .

$$t_{штб} = 2,5 + 2,5 \cdot 12\% + 2,5 \cdot 8\% + 2,5 \cdot 5\% + 2,5 \cdot 1\% = 3,15 \text{ мин.} = 0,0525 \text{ час}$$

Нормы машинного времени определим из карт технологического процесса.

$$t_{МАШБ} = 2,5 \text{ мин} = 0,04 \text{ час}$$

$$t_{штб} = 2,5 + 2,5 \cdot 12\% + 2,5 \cdot 8\% + 2,5 \cdot 5\% + 2,5 \cdot 1\% = 3,15 \text{ мин} = 0,0525 \text{ час}$$

В проектном варианте в вакуумной печи за один термический цикл паяются 40 корпусов, время вакууммирования и нагрева изделий в печи до температуры выдержки по данным технологической карты составляет 30 мин, выдержка 10 мин, и время охлаждения до температуры выгрузки, составит 13 мин. Таким образом.

$$t_{МАШПР} = (t_{НАГР} + t_{ВЫД} + t_{ОХЛ})/40 = 5,333/40 = 1,333 \text{ мин} = 0,022 \text{ час.}$$

### 5.3 Капитальные вложения в оборудование

Расчётное определение величины капитальных вложений в оборудование производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.2)$$

где:  $K_{пр}$  – прямые капитальные вложения, руб.;

$K_{соп}$  – сопутствующие капитальные вложения, руб.

Рассчитаем прямые капитальные вложения по базовому и проектному варианту:

$$K_{пр} = \sum Ц_{об} * k_3 \quad (5.3)$$

где  $\sum Ц_{об}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.4)$$

где  $t_{шт}$  – затрачиваемое штучное время на сварку одного нейтрализатора;

$N_{пр}$  – принятое значение годовой программы;

$\Phi_{эф}$  – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

Для выполнения принятой  $N_{пр}$  принимаем целое число единиц оборудования ( $n_{об.прин}$ ).

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$k_z = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.5)$$

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (5.6)$$

где:  $D_k$  – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$D_{пр}$  – количество праздничных дней в году;

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$S$  – количество рабочих смен;

$k_{р.п}$  – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) * 8 * 2 * (1 - 0,06) = 3654 \text{ час.}$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{100000 * 3,15}{3654 * 60} = 1,43 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{100000 \cdot 1,6}{3654 \cdot 60} = 0,79 \text{ шт}$$

Округлив в большую сторону, получим что для базового варианта требуется 2 единицы оборудования, а для проектного варианта надо 1 печь и 1 приспособление по прин.б. = 2, по прин.пр = 1

$$k_{зб} = \frac{1,43}{2} = 0,715$$

$$k_{зпр} = \frac{0,79}{1} = 0,79$$

Капитальные вложения в базовом

$$K_{\text{Общб}} = K_{\text{пр}} = 2 \cdot 10175 \cdot 0,715 = 14550 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$K_{\text{общпр}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.7)$$

где  $K_{\text{пр}}$  – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{площ}}$  – принятая величина капитальных вложений в площади

$K_{\text{дем}}$  – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{монт}}$  – принятое значение затрат на монтаж оборудования.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.8)$$

где:  $k_{\text{монт}}$  – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 1 \cdot 850000 \cdot 0,2 = 17000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.9)$$

где:  $k_{дем}$  – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж = 0,2.

$$K_{ДЕМ} = 2 \cdot 10175 \cdot 0,2 = 610,5 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{плоч} = S_{плоч} \cdot Ц_{плоч} \cdot g \cdot k_3 \quad (5.10)$$

где:  $g$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{ПЛОЩПР} = 3000 \cdot 2 \cdot 1,7 \cdot 0,79 = 7110 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЦ}^{БАЗ} = K_{ПР} = 14550 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЦ}^{ПР} = 705600 + 7110 + 17000 + 610,5 = 730320,5 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (5.11)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 14550 / 100000 = 0,14 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 715770,5 / 100000 = 7,15 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии.

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$ЗМ = ЗМ_{ОСН} + ЗМ_{ВСП}$$

Затраты на основные материалы не рассчитываем, так как основные материалы одни и те же.

Затраты на присадочный материал (базовый вариант)

$$Мб = М_{ЭЛБ} = Ц_{ЭЛ} \cdot Нр_{ЭЛ}; \quad (5.15)$$

где  $Ц_{ЭЛ}$  – цена сварочной проволоки, руб/кг;

$Нр_{ЭЛ}$  = норма расхода сварочной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

$$Нр_{ЭЛ} = У \cdot L \quad (5.16)$$

где –  $У$  – удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м по стандартам предприятия;

$L$  – длина сварного шва.

$$Н_{рЭЛ} = 0,12 \cdot 0,4 = 0,048 \text{ кг}$$

$$M_{ЭЛБ} = 27 \cdot 0,048 = 1,29 \text{ руб.}$$

Затраты на припой, проектный вариант:

$$M_{ПРСТ} = C_{ПР} \cdot Н_{РПР}; \quad (5.17)$$

где  $C_{ПР}$  – цена припоя, руб/кг;

$Н_{РПР}$  = норма расхода припоя, кг;

Норма расхода припоя  $Н_{РПР} = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$

$$M_{ПРСТ} = 0,01 \cdot 140 = 1,40 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} C_{э-э} \quad (5.18)$$

где  $P_{об}$  – полезная мощность сварочного оборудования, кВт;

$C_{э-э}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – КПД установки.

Мощность сварочного оборудования определим по режимам сварки: сила тока и напряжение,

Базовый

$$M_{уб} = 125 \cdot 23 = 2875 \text{ Вт} = 2,75 \text{ кВт}$$

Тогда

$$З_{э-эб} = \frac{2,75 \cdot 2,2 \cdot 0,04}{0,7} = 0,34 \text{ руб.}$$

Проектный

$$M_{упр} = 10,2 \text{ кВт}$$

Тогда

$$Z_{\text{э-эпр}} = \frac{10,2 \cdot 2,2 \cdot 0,022 \cdot 1}{0,7} = 0,70 \text{ руб}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования  
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (5.18)$$

где  $A_{\text{об}}$  – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{\text{т.р}}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об.}} = \frac{C_{\text{об}} * N_{\text{об}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60 * 100} \quad (5.19)$$

где  $C_{\text{об}}$  – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{\text{об}}$  – норма амортизации оборудования, %;

Базовый вариант

$$A_{\text{обб}} = \frac{14550 \cdot 0,052 \cdot 18 \cdot 2}{3654 \cdot 100} = 0,07 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$A_{\text{обпр}} = \frac{799800 \cdot 0,028 \cdot 18 \cdot 1}{3654 \cdot 100} = 1,1 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} * H_{\text{т.р}} * k_3}{\Phi_{\text{эф}} * 100} \quad (5.20)$$

где  $H_{\text{т.р}}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$$P_{\text{т.р.б}} = \frac{20350 \cdot 35 \cdot 0,71}{3654 \cdot 100} = 0,13 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{т.р.пр}} = \frac{850000 \cdot 35 \cdot 0,715}{3654 \cdot 100} = 5,8 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$Зоб = Аоб + Зэ-э + Ртр \quad (5.25)$$

Базовый

$$Зобб = 0,05 + 0,34 + 0,13 = 0,475 \text{ руб.}$$

Проектный

$$Зобпр = 1,1 + 0,7 + 5,8 = 7,6 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$Зпл = Апл + Рэкс \quad (5.28)$$

Расчётное определение затрат на производственные площади производим на основании зависимости:

$$Апл = \frac{Цпл \cdot S \cdot \text{тшт} \cdot \text{Нпл}}{\Phi\text{эф} \cdot 100} \quad (5.26)$$

где Цпл – стоимость приобретения площадей, руб/м<sup>2</sup>;

S – площадь, необходимая для выпуска изделий, м<sup>2</sup>;

Нпл – амортизационные отчисления на площади, %.

$$Аплб = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 0,0525 \cdot 21}{3654 \cdot 100} = 0,07 \text{ руб}$$

$$Аплпр = \frac{3000 \cdot 11 \cdot 0,028 \cdot 21}{3654 \cdot 100} = 0,05 \text{ руб}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$Рэкс = Сэкс \cdot S \cdot \text{тшт} / \Phi\text{эф} \quad (5.27)$$

где Сэкс – стоимость эксплуатации площадей.

$$Рэксб = 3000 \cdot 8 \cdot 0,0525 / 3654 = 0,34 \text{ руб.}$$

$$Рэкспр = 3000 \cdot 11 \cdot 0,028 / 3654 = 0,25 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на производственные площади

$$Зплб = 0,07 + 0,34 = 0,41 \text{ руб.}$$

$$Зплпр = 0,05 + 0,25 = 0,30 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.22)$$

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.23)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{\text{шт}}$  – норма штучного времени, час;

$k_{\text{зпл}}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} * k_{\text{вн}} * k_{\text{у}} * k_{\text{пф}} * k_{\text{н}} \quad (5.24)$$

где  $k_{\text{пр}} = 1,25$  – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$  – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$  – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{Б}} = 2 \cdot 0,052 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 11,26 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{ПР}} = 0,028 \cdot 53,16 \cdot 1,88 = 2,79 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.25)$$

где  $k_{\text{д}}$  – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{Б}} = 11,26 \cdot 12 / 100 = 1,35 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ДОП}^{ПП} = 2,79 \cdot 12 / 100 = 0,33 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_B = 11,26 + 1,35 = 12,61 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{IP} = 2,79 + 0,33 = 3,12 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot N_{COЦ} / 100 \quad (5.26)$$

где  $N_{COЦ}$  – коэффициент отчислений на социальные нужды, 30 %.

Базовый

$$O_{CH}^B = 12,61 \cdot 30 / 100 = 4,28 \text{ руб.}$$

Проектный

$$O_{CH}^{PP} = 3,12 \cdot 30 / 100 = 1,06 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{TEХ} = ЗМ + З_{Э-Э} + З_{OB} + З_{ПЛ} + \Phi ЗП + O_{CH} \quad (5.27)$$

$$C_{TEХ}^B = 1,29 + 12,61 + 4,28 + 0,47 + 0,41 = 18,98 \text{ руб.}$$

$$C_{TEХ}^{PP} = 1,40 + 3,12 + 1,06 + 7,6 + 0,30 = 13,48 \text{ руб.}$$

### 5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ЦЕХ} = C_{TEХ} + P_{ЦЕХ} \quad (5.28)$$

где  $P_{ЦЕХ}$  - сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{ЦЕХ} = k_{ЦЕХ} \cdot З_{OCH} \quad (5.29)$$

где  $k_{ЦЕХ}$  – коэффициент, который учитывает цеховые расходы, 2,5;

$З_{OCH}$  – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{ЦЕХ}^B = 18,98 + 11,26 \cdot 250 / 100 = 18,98 + 28,15 = 47,13 \text{ руб.}$$

$$C_{ЦЕХ}^{PP} = 13,48 + 2,79 \cdot 250 / 100 = 13,48 + 6,97 = 20,45 \text{ руб.}$$

## 5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.30)$$

где  $P_{\text{ЗАВ}}$  – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент, учитывающий заводские расходы, 1,8

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 47,13 + 11,26 \cdot 215 / 100 = 47,13 + 24,20 = 71,33 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 20,45 + 2,79 \cdot 215 / 100 = 20,45 + 5,99 = 26,44 \text{ руб.}$$

### Калькуляция себестоимости

Результаты расчета себестоимости сведем в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости изготовления одного нейтрализатора

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	1,29	1,40
2	Фонд заработной платы	ФЗП	12,61	3,12
3	Отчисления на социальные нужды	О <sub>СН</sub>	4,28	1,06
4	Затраты на электроэнергию	Зэ-э	0,34	0,70
5	Затраты на площади	Зпл	0,47	7,6
6	Затраты на оборудование	Зоб	0,41	0,3
	Себестоимость технологическая	Стех	18,98	13,48
7	Расходы цеховые		28,15	6,97
	Себестоимость цеховая	Сцех	47,13	20,45
8	Расходы заводские		24,20	5,99
	Себестоимость заводская	Сзав	71,33	26,44

## 5.7 Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Pr_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.31)$$

Подставив в (5.31) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{y,\Gamma} = (71,33 - 26,44) \cdot 100000 = 4489000 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = [(C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}^{\text{Б}}) - (C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПП}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}^{\text{ПП}})] \cdot N_{\text{ПП}} \quad (5.32)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ПП}} = [(71,33 + 0,33 \cdot 0,14) - (26,44 + 0,33 \cdot 7,15)] \cdot 100000 = 4253050 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{t_{\text{ШТБ}} - t_{\text{ШТПР}}}{t_{\text{ШТБ}}} \cdot 100\% \quad (5.33)$$

Подставив в (5.33) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{0,0525 - 0,028}{0,0525} \cdot 100\% = 46\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$\Pi_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШТ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШТ}}} \quad (5.34)$$

Подставив в (5.34) необходимые значения, получим:

$$\Pi_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 37}{100 - 37} = 59\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХ}}^{\text{БАЗ}} - C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПП}}}{C_{\text{ТЕХ}}^{\text{БАЗ}}} \cdot 100\% \quad (5.35)$$

Подставив в (5.35) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{18,98 - 6,12}{18,98} \cdot 100\% = 67\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\Delta_{\text{уг}}} \quad (5.36)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{7303205}{4489000} \approx 0,5 \text{года}$$

Сравнительная экономическая эффективность

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (5.37)$$

#### Выводы по экономическому разделу

В разделе Оценка экономической эффективности бакалаврской работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, базового и проектного вариантов, как себестоимость сварки и пайки технологическая и заводская.

Установлено, что проектный вариант пайки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 40 %, увеличение производительности труда на 66,7 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 38,9%. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 811698 рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 4253050 рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 63013 рублей будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан технологический процесс пайки корпуса каталитического нейтрализатора автомобиля ВАЗ, которым, в отличие от базового, где все сварные швы выполняются вручную технологией аргонодуговой сварки, применена технология 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.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с..
3. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
4. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
5. Справочник конструктора и технолога / сост. В. М. Михин, Б. Е. Кобызев, В. В. Михайленко. - Королев : ЦНИИМАШ, 2000. - 582 с.
6. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
7. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
8. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
9. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
10. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.

11. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
12. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
13. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
14. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
15. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойствоколошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности Х70-Х80. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Москва: 2011. – 27 с.
16. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
17. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
18. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
19. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
20. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
21. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.

22. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
23. Сэйдж А.М. Металлофизический обзор высокопрочных низколегированных сталей для труб и фиттингов. // Стали для газопроводных труб и фиттингов. Труды конференции. – М.: Metallurgia, 1985. – С.38– 59.
24. Выбойщик Л. М., Лучкин Р. С., Платонов С. Ю. Структурный фактор коррозионно-механической прочности сварных соединений нефтепромысловых труб // Сварочное производство. - №6 - 2008, с 12-17.
25. Масленников А.В. Разработка технологического процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов на основе оптимизации параметров режима : диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Масленников Александр Васильевич; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008.
26. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомодеформационному старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 10-12.
27. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.
28. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности Х70–Х80: диссертация ... кандидата Технические науки: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016.