

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Пайка малогабаритных стальных узлов

Студент

Е.А. Кузнецов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

к.п.н., доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

## **Аннотация**

В рамках выпускной работы– «Пайка малогабаритных стальных сборок» были рассмотрены способы пайки, а также были проанализированы основные достоинства и недостатки каждого метода пайки малогабаритных стальных сборок в зависимости от капитальных затрат.

Данная работа состоит из пояснительной записки на 53 страницах, введения, включающего рисунки, таблицы, список литературы, включая источники и графическую часть на листах А1.

Задачи состояли в оценке технических преимуществ и недостатков отобранных способов пайки, разработке маршрутного технологического процесса и оценке экономической эффективности выбранных способов пайки в зависимости от программы выпуска.

Исходя из поставленных задач, в работе последовательно рассмотрены ряд вопросов, такие как анализ способов пайки, основного составление технологического процесса, расчёт себестоимости изделия. Выявлены основные проблемы и предложены пути решения.

## ABSTRACT

The title of the graduation work is - "Brazing of small-sized steel assemblies" - within the framework of which brazing methods were considered, as well as the main advantages and disadvantages of each method of brazing small-sized steel assemblies depending on capital costs were analyzed.

The diploma project consists of an explanatory note on 53 pages, an introduction including drawings, tables, a list of literature, including sources and a graphic part on A1 sheets.

The task is to choose and analyze soldering methods, choose the optimal soldering option depending on the production volume, as well as develop practical recommendations for labor protection.

Based on the set tasks, a number of issues were consistently considered in the thesis, such as the analysis of soldering methods, the main preparation of the technological process, and the calculation of the cost of the product. The main problems were identified and solutions were proposed.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ состояния вопроса.....	6
1.1 Особенности пайки.....	6
1.2 Выбор изделия-представителя.....	8
1.3 Выбор способов пайки.....	9
1.4 Задачи бакалаврской работы.....	10
2 Оценка технических преимуществ и недостатков отобранных способов пайки.....	11
2.1 Индукционная пайка.....	11
2.2 Газопламенная пайка.....	13
2.3 Пайка в печах.....	16
2.4 Достоинства и недостатки способов пайки.....	19
3 Разработка маршрутного технологического процесса.....	21
4 Оценка безопасности и экологичности отобранных способов пайки.....	23
4.1 Влияние способов пайки на окружающую среду.....	23
4.2 Безопасность и экологичность технологического объекта.....	25
5. Оценка экономической эффективности.....	31
5.1 Расчёт себестоимости при индукционной пайке.....	31
5.2 Расчёт себестоимости при газопламенной пайке.....	38
5.3 Расчёт себестоимости при пайке в печи.....	42
5.4 Построение графика зависимости затрат от программы выпуска.....	47
Заключение.....	49
Список используемой литературы.....	50

## Введение

«Происхождение пайки можно проследить несколько тысяч лет назад до ремесленников в Средиземноморском регионе, которые использовали ее для изготовления предметов, начиная от домашней утвари и заканчивая ювелирными изделиями. Очевидным преимуществом была низкая температура плавления присадочных металлов, что позволяло использовать пайку с использованием скромных источников тепла, которые были доступны в то время. Поскольку ремесленники практиковали пайку как ремесло, они считали материалы и процессы частной информацией. Даже сегодня некоторые методы пайки не всегда легко разглашаются мастерами в сообществе производителей ювелирных изделий» [29].

Пайка- процесс получение неразъёмного соединения путём затекания припоя между двух деталей и последующей его кристаллизации.

Пайка и сварка во многом похожи, однако и различия у них тоже есть. При пайке основной металл не плавится. Паянный шов образуется благодаря припою, который проникает в зазор между деталями. Пайка выполняется при температурах, находящихся ниже температуры плавления основного материала.

Количество теплоты и остаточные деформации в соединениях, требуемое для сварки значительно выше, чем при пайке. Исходя из данных отличий, процесс соблюдения точных размеров паяных конструкций является возможным. В настоящее время, получение неразъёмных соединений путём пайки является перспективным направлением в машиностроении, так как данный метод позволяет сохранить структуру основного металла. Разумно выбрать оптимальный, с точки зрения экономии, качества и скорости изготовления соединения, вид пайки.

Следуя из этого, целью данной работы будет снижение затрат (оптимизация затрат на производство относительно объёма выпуска).

## 1 Анализ состояния вопроса

### 1.1 Особенности пайки

Для пайки необходим припой, который под действием физико-химических свойств создает неразъёмное соединение.

«В соответствии с этими классификационными признаками первой группы способов пайки (СП1) являются метод получения и полнота расплавления припоя, способ заполнения паяльного зазора припоем и условия кристаллизации паяного шва.

Припой может быть готовым изначально, а также может образовываться в процессе пайки. В соответствии с этим различают:

- контактно-реактивную пайку;
- контактно твёрдогазовую пайку;
- реактивно флюсовую пайку.

По характеру затекания припоя в зазор различают:

- капиллярную (ширина зазора  $<0,5$  мм) пайку;
- некапиллярную (ширина зазора  $>0,5$  мм) пайку.

При капиллярной пайке припой заполняет зазор самопроизвольно.

При некапиллярной пайке используется возможность поднятия жидкого припоя в зазорах под действием гравитации, отрицательного давления в некапиллярном зазоре (при откачке воздуха из зазора), магнитных и других внешних сил» [9].

«Припой смачивает только чистую поверхность изделия. Из-за этого, при формировании паяного соединения необходимы условия, обеспечивающие физический контакт металла и припоя. Для этого необходим флюс» [9].

«По физическим, химическим и электрохимическим признакам, определяющим процесс удаления оксидов с поверхности основного металла и припоя при пайке, способы пайки объединены в группу СП2» [9].

«Способы пайки по источнику нагрева внесены в группу СПЗ. К способам пайки этой группы, относят пайку:

- Паяльником;
- Горелкой;
- Электросопротивлением;
- В печи;
- Погружением в расплавы флюса или припоя;
- Индукционную;
- Электролитную;
- Световым лучом;
- Пайку лазером;
- Пайку потоком ионов;
- Пайку электронным лучом;
- Пайку инфракрасным излучением и др.» [9].

«Разница между низкотемпературной пайкой и высокотемпературной пайкой заключается в температуре, необходимой для расплавления присадочного металла. Низкотемпературная пайка -это процесс соединения, который происходит ниже 842°F/450°C, а высокотемпературная пайка-это аналогичный процесс, который происходит выше 842°F/450°C, но ниже температуры плавления основного металла» [25].

Флюсы, используемые для низкотемпературной пайки, отличаются от флюсов, используемых для высокотемпературной пайки; кроме того, эти два типа не могут использоваться взаимозаменяемо. Кроме того, тип используемого флюса может быть хорошим показателем требуемой температуры применения.

«Четвёртым признаком (СП4) является отсутствие при фиксированном зазоре или наличие давления на паяемые детали с целью обеспечения заданной величины зазора.

Следующим признаком (СП5), служит одновременность или неодновременность выполнения паяных соединений изделий» [9].

## 1.2 Выбор изделия-представителя

«Изделие-представитель -это объект труда, наиболее характерная для данного вида продукции и служащая расчетной единицей для определения ритма производства. Репрезентативный продукт может быть продуктом средних размеров или продуктом с самой большой производственной программой из всех стандартных размеров этого типа продукта» [19].

Для данной работы была предложена деталь типа трубка-фланец, выполненная из углеродистой стали.

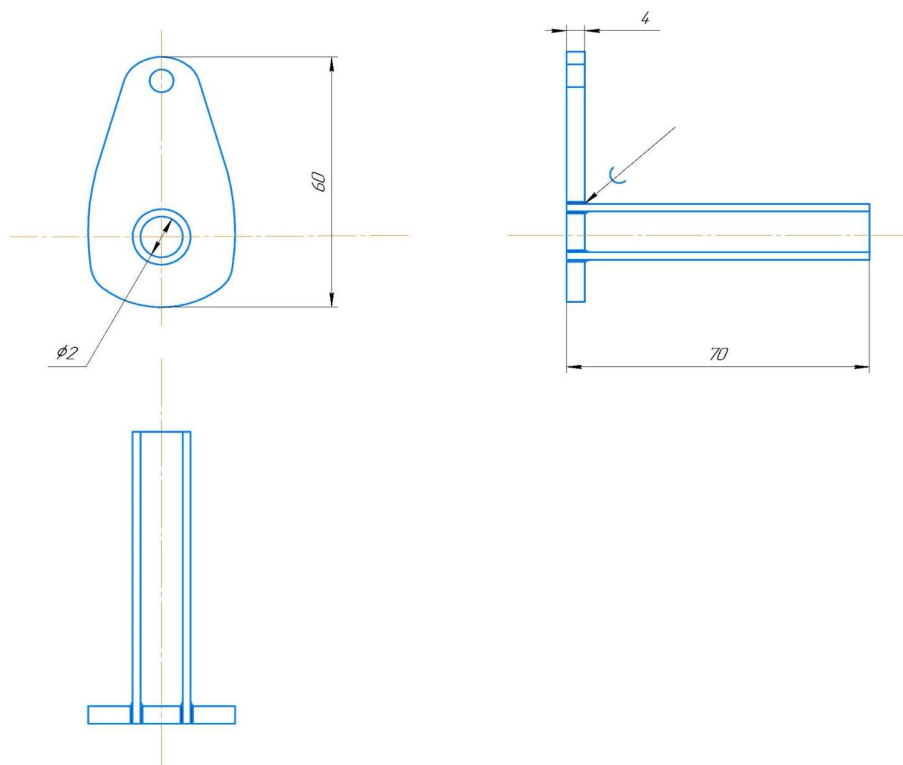


Рисунок 1 – Узел типа трубка-фланец

Основным назначением данной детали является защита детали от потери герметичности и опасных растягивающих напряжений.



### 1.3 Выбор способов пайки

Руководствуясь технологической классификацией способов пайки, я выбрал три способа пайки по нагреву:

1. Индукционная пайка;
2. Газопламенная пайка;
3. Пайка в печи.

Существует несколько типов припоев для пайки стали:

- Припой на основе железа;
- Серебряные припои;
- Припой на основе меди.

Припой для данных видов пайки подойдет латунный Л-63, т.к. он подходит для выбранных способов пайки и материала изделия. Таблица с характеристиками припоев представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Механические свойства швов, паянных медно-цинковыми припоями:

Марка припоя	Предел прочности на растяжение, кг/мм <sup>2</sup>	Сопротивление срезу, кг/мм <sup>2</sup>	Угол загиба, гр.
ПМц-48	27,8-34,0	18,0-25,0	5-25
Л63	40,6-44,8	25,0-33,3	30-10-2
ЛОК 62-06-04	41,0-45,6	30,2-33,4	62,86.

## 1.4 Задачи бакалаврской работы

В ходе анализа состояния вопроса были представлены квалификационные способы выбора пайки, была рассмотрена деталь-представитель, на примере которого будет строиться работа, а также, исходя из квалификационных способов были выбраны три способа пайки, которые будут подробно рассмотрены.

Следуя из того, что целью данной работы является снижение затрат в зависимости от объёма производства, были поставлены следующие задачи:

- Оценка технических преимуществ и недостатков отобранных способов пайки;
- Разработка маршрутного технологического процесса;
- Оценка безопасности и экологичности отобранных способов пайки
- Оценка экономической эффективности выбранных способов пайки в зависимости от программы выпуска.

## **2 Оценка технических преимуществ и недостатков отобранных способов пайки.**

### **2.1 Индукционная пайка**

Первый вид пайки, который хотелось бы рассмотреть – индукционная пайка. Данная технология представляет собой, бесконтактную пайку деталей твёрдым или мягким припоем посредством индукционного нагрева, который образуется из-за вихревых токов.

«Технические требования, предъявляемые к производственному и сборочному оборудованию, заставляют ведущих производителей систем пайки разрабатывать новые технические инновации для повышения производительности и качества. Наиболее заметной новой тенденцией в технологии пайки является индукционная пайка в контролируемой атмосфере, благодаря ее чистоте в производстве и превосходному внешнему виду» [26].

Данная технология может быть реализована в виде участков ручной пайки или полностью автоматических установок пайки. Установки индукционной пайки состоят из индукционной петли (индуктора), высокочастотного силового трансформатора, охлаждающего агрегата и системы управления. Кроме того, их конструкция может включать в себя зажимы для спаиваемых заготовок, механизм подачи проволочного припоя и внешний контроллер температуры. Процесс пайки может осуществляться в окружающем воздухе или в среде защитного газа.

«Пайка при индукционном нагреве производится с помощью «твердых» припоев, которые обладают температурой плавления больше 450°C, и «мягких» припоев с температурой плавления менее 450°C. Твердые припои обеспечивают получение более высокой прочности в зоне пайки. Наиболее распространена в промышленной практике пайка при питании индукторов от высокочастотных генераторов 60 кГц – 80 кГц и даже током промышленной частоты (50 Гц).» [16].

Индукционную пайку проводят, в основном, для трубопроводов из углеродистой и нержавеющей стали. Чаще всего данный метод используют при пайке концевых соединений труб. Реже, для промежуточных соединений, т.к., необходимо использовать устройства, которые фиксируют соединительные детали на трубе. Для такой пайки используют высокочастотные генераторы типа ЛГЗ-10А (мощность: 8 кВт; сила тока: 30А; частота: 300-450 кГц) и ЛГ 13-37 (мощность: 30кВт; сила тока: 90А; частота: 60-79 кГц).

Припой в данном случае применяют в виде колец, которые предварительно погнули из проволоки или полос и накладывают на изделие. Для труб с толщиной стенок 1-2 мм используют проволоку или полосу припоя с диаметром 1.5-2 мм. При подготовке соединения к пайке, припой обезжиривают и надевают на конец трубы. Для защиты внутренней поверхности зачастую обеспечивают продувку аргоном. Расход аргона составляет 1,6-2,4 л/мин.

Для пайки трубопроводов применяют индукторы с одним витком из трубок диаметром 8-10 мм профильного или круглого сечения.

На качество пайки влияет и скорость нагрева. Очень быстрый нагрев способен ухудшить качество соединения. Равномерный нагрев, в основном, зависит от теплопроводности соединения, которая определяется величиной зазора между деталями. Эта величина устанавливается в зависимости от диаметра детали, концентрации зоны нагрева мощности генератора.

Увеличение воздушного зазора замедляет процесс нагрева деталей и последующую пайку. Генератор включается короткими импульсами, более продолжительными в начальной стадии нагрева.

«Детали при пайке припоями с температурой плавления более 750°C нагревают со скоростью 100 град/сек, при пайке припоями с температурой ниже 750 °С – не более 50 град/сек. Продолжительность пайки одного соединения составляет меньше минуты. Паяный узел выводят из индуктора уже через 10-15 секунд после окончания пайки» [16].

Высокий нагрев при индукционной пайке способен вызвать вытекание припоя через зазор и перекрытие внутренней полости трубы. Такие дефекты устраняются довольно просто. Для решения данной проблемы индуктор устанавливают ниже паяного шва, для расплава припоя, затем продувают аргоном. Однако это способно привести к браку, так как при выдувании припоя аргон его разбрызгивает и засоряет трубопровод.

Данный вид пайки подходит для деталей небольших размеров, а благодаря высокой скорости нагрева отлично приспособлен к массовому производству. Требования к системам индукционной пайки промышленного применения определяют два типа:

- системы с ручным управлением;
- системы с автоматизированным процессом.

Обычно, индукционные системы предлагаются в качестве альтернативы газопламенной пайке.

## **2.2 Газопламенная пайка**

Следующий способ пайки – газопламенный.

«Газопламенная пайка, несмотря на значительный возраст существования, продолжает широко применяться в производственных процессах. Меняются материалы, из которых изготавливается горелка, оптимизируется состав газовых смесей, однако основной принцип источника нагрева для газопламенной пайки (сжигание горючего газа) является неизменным» [18].

«В отличие от газовой сварки, где пламя непосредственно плавит присадочный стержень, пайка использует тепло трубы для расплавления присадочного металла» [24].

«Источником нагрева при газопламенной пайке является пламя. В качестве основного инструмента используют сварочную горелку. При пайке

крупногабаритных изделий применяют многопламенные горелки. Припой применяют в виде проволоки, прутков, полос, порошковой проволоки, порошков и пасты. Перед процессом пайки необходима предварительная подготовка поверхности деталей.

Степень участия оператора в процессе пайки может быть различной. В полностью ручном процессе оператор несет ответственность за следующие действия:

- Расположение отдельных деталей;
- Применение источника тепла;
- Нанесение флюса;
- Введение присадочного металла;
- Очистка готовой сборки;
- Проверка готового соединения.

В газовых горелках для пайки применяют различные горючие газовые смеси» [3]. Данную смесь выбирают в зависимости от возможности производства, паяемого металла, применяемого припоя и требуемой температуры, основные свойства газов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства газов для газопламенной пайки

Наименование газа	Формула газа	Соотношение кислорода к горючему газу	Температура пламени смеси
Ацетилен	$C_2H_2$	1.1	3100
Пропан	$C_3H_8$	3.5	2500
Метан	$CH_4$	1.0	2500
Водород	$H_2$	0.4	2400

Наибольшую температуру сгорания имеет ацетилен. «Однако пайка газопламенной горелкой не проводится при температурах более 1100 °С, при

пайке не требуется высокая концентрация мощности нагрева, как при сварке. Нагрев припоя должен идти в основном за счет тепла основного металла» [18].

Во время сгорания горючего газа образуется пламя, которое зависит от вида горючего и от соотношения его с  $O_2$ . Различают три вида пламени:

- нормальное;
- окислительное;
- науглероживающее.

При газопламенной пайке, соединяемые кромки основного металла подогревают до температуры плавления припоя, поэтому нет особой необходимости в интенсивном нагреве изделия.

При пайке малоразмерных узлов со среднеплавкими припоями применяют специализированные паяльные лампы. При ручной пайке, место пайки покрывают флюсом и нагревают до процесса плавления припоя. Пайка происходит при непрерывном подводе флюса и припоя.

Горелка представляет собой рукоять с несколькими вентилями и наконечником. Горючий газ и окислитель подаются отдельно. Наконечник (сменный узел) состоит из смесительной камеры и сопла. По способу подачи горючего газа горелки делят на:

- Инжекторные (низкого давления 1-4 кПа) рисунок 1;
- Безинжекторные (высокого давления 40-100 кПа).

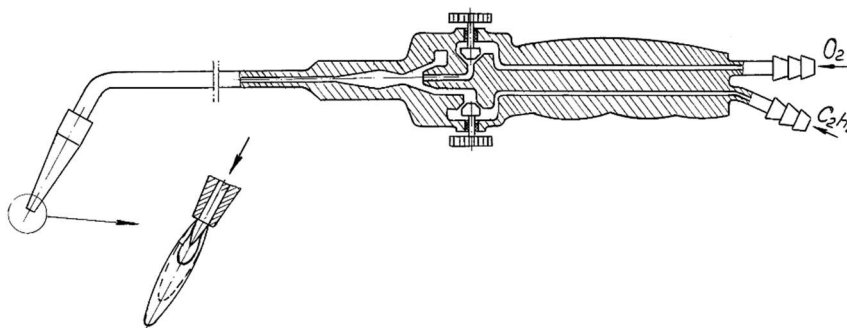


Рисунок 2 – Горелка для пайки (инжекторная)

Интенсивность пламени определяется объемом смесительной камеры, диаметром сопла и изменением подачи газа.

Сменные наконечники позволяют применять одну и ту же горелку для пайки металлов с различными толщинами и свойствами.

«Следует отметить, что отношение горючего газа к кислороду выставляется вручную рабочим, и качество пламени с точки зрения восстановительного или окислительного характера определяется на глаз паяльщика.

При пайке сталей, теплопроводность которых не очень высокая, замена высокотемпературного пламени ацетилена на заменители происходит безболезненно, так как способность основного материала отводить подаваемое пламенем тепло ограничена. Нагрев изделий в таком случае происходит достаточно быстро» [18].

### **2.3 Пайка в печах**

Заключительный рассматриваемый вариант пайки углеродистых сталей – это пайка в печах. Она позволяет равномерно распределять припой по дефектным участкам детали и равномерно прогревать сборку, что особенно важно, когда приходится паять крупногабаритные заготовки со сложной структурой.

Различают пайку в печах без защитной атмосферы (среды), с защитной атмосферой, в вакууме. Иногда изделия размещаются в контейнере, внутри которого может создаваться требуемая среда.

Пайка без защитной атмосферы проводится путем нагрева в печи соединяемых деталей, с предварительно нанесённым флюсом и припоем.

Процесс пайки в защитной среде заключается в печном нагреве, собранных с соответствующими зазорами элементов, с положенным на них припоем в виде проволоки, фольги, паяльной пасты или колец. Из особой установки в камеру печи постоянно подается специальная атмосфера, состав которой регулируется.



За счет использования защитной среды в виде газа, востребованность во флюсе отпадает, т.к. она выполняет функцию флюса, защищая детали от окисления при пайке

Пайка в вакууме в печах производится в том случае, когда при соединении ответственных деталей недопустимо окисление поверхности. Защита всего изделия при помощи флюсов затруднена. Для обеспечения надежной защиты металла от окисления из камеры пайки откачивают вакуумным насосом воздух.

Для пайки используют специальные вакуумные печи, соединенные с насосами, создающими необходимое разрежение.

«Процесс пайки в вакуумных электропечах проводится в условиях безокислительного нагрева узлов сложной конфигурации и с объемным расположением паяных швов. Пайка может быть штучная – для крупно- и среднегабаритных узлов (сотовых уплотнений, направляющих аппаратов компрессора, топливных коллекторов) и групповая – для мелких и среднегабаритных узлов (трубопроводов, лопаток, форсунок, крыльчаток, теплообменников)» [19].

«Часто предпочтительным процессом сварки является сварка вольфрамовым инертным газом. Однако этот процесс приводит к укрупнению зерен в зоне плавления, искажению, повышенной склонности к горячему растрескиванию и остаточным напряжениям. Вакуумная пайка используется для устранения недостатков сварки TIG» [26].

«При пайке в вакууме должен быть обеспечен текущий постоянный контроль за следующими параметрами:

- давлением остаточных газов в течение термического цикла;
- скоростью нагрева;
- температурой пайки (при установленных температурных перепадах на нагреваемом узле);

– длительностью и температурой промежуточных изотермических выдержек (при необходимости их применения), длительностью выдержки при температуре пайки;

– скоростью охлаждения;

– температурой выгрузки паяного узла.

Контроль температуры нагрева под пайку следует осуществлять с помощью термопар, которые надежно контактируют с металлом паяемого узла. Если основной металл после пайки должен быть термически обработан, то при общем нагреве узла необходимо применять припой с температурой пайки выше температуры термообработки или совмещать операции пайки и термообработки. Нагрев легированных сталей от температур выше 1100°C до температуры пайки рекомендуется осуществлять с возможно более высокими скоростями и малыми выдержками при температуре пайки во избежание образования крупнозернистой структуры и ухудшения свойств основного металла (жаропрочности, сопротивления усталости, ударной вязкости)» [14].

«Пайка в контейнерах. Для пайки небольших деталей в электрических печах применяют контейнеры, представляющие собой ящики, изготовленные из стали, в которые, вмонтированы патрубки для ввода и вывода во время пайки газа-восстановителя.

Контейнер вместе с помещенными в него деталями устанавливают в печь и нагревают до температуры пайки. После окончания пайки контейнер извлекают из печи и охлаждают. При этом подача в него восстановительной атмосферы не прекращается» [13].

## 2.4 Достоинства и недостатки способов пайки

Проведя небольшое исследование, стоит выбрать наиболее оптимальный способ пайки, который подойдет для оптимизации процесса изготовления стальных узлов малого диаметра. Сопоставленные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Достоинства и недостатки способов пайки

Способы пайки	Достоинства	Недостатки
Индукционная пайка	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Возможность наблюдения за процессом пайки</li> <li>2) Отсутствуют колебания плотности энергии, свойственные газовому пламени;</li> <li>3) Обеспечивается абсолютно постоянный подвод энергии к спаиваемым деталям.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Большие затраты на приобретение оборудования;</li> <li>2) Неравномерность нагрева</li> <li>3) Каждая деталь требует индуктор подходящей формы;</li> <li>4) Чувствительность к величине зазора между деталью и индуктором</li> <li>5) Вредность высокочастотного излучения.</li> </ol>
Газопламенная пайка	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Простота, невысокая стоимость и универсальность оборудования;</li> <li>2) Возможность наблюдения за процессом пайки</li> <li>3) Возможна настройка пламени: восстановительное, нейтральное или окислительное.</li> <li>4) Портативность ручных горелок.</li> <li>5) Соединения, не предназначенные для самофиксации, можно спаять газовой горелкой.</li> <li>6) Соединения с неравномерным сечением могут быть спаяны за счет перемещения горелки.</li> <li>7) Управление капиллярным течением припоя от холодной стороны к горячей в процессе пайки.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Большая зависимость качества от квалификации паяльщика;</li> <li>2) Неравномерность нагрева;</li> <li>3) Взрывоопасность газа.</li> </ol>

Продолжение таблицы 3

<p>Пайка в печи</p>	<p>Равномерный нагрев, минимальные деформации и остаточные напряжения</p> <p>Наилучшая возможность использования контролируемых атмосфер</p> <p>В некоторых случаях могут не требоваться последующие операции механической обработки и удаления остатков флюса</p> <p>Групповой способ обработки (пайка партии изделий или сложных узлов с большим количеством соединений)</p> <p>При пайке в контролируемой атмосфере отсутствие окисления всей поверхности изделия (хороший товарный вид)</p> <p>По сравнению с другими способами – простота механизации и автоматизации, лучшие условия труда и высокая культура производства</p>	<p>дороговизна оборудования;</p> <p>При флюсовой пайке – сложность добавления флюса</p> <p>При вакуумной пайке – большое время охлаждения, сложность использования припоев, содержащих легкоиспаряющиеся компоненты</p> <p>Невозможность наблюдения за процессом пайки</p> <p>При пайке в восстановительной или инертной среде – большой расход, взрывоопасность и вредность газов.</p>
---------------------	--	---

Следуя из выше перечисленного, мной было принято решение рассмотреть, более подробно, особенности данных типов пайки и проанализировать их с точки зрения экологии, безопасности и экономики.

### 3 Разработка маршрутного технологического процесса

Основные операции любого технологического процесса пайки – подготовка поверхности, сборка, пайка и доработка (при необходимости)

#### Подготовка поверхностей под пайку

Качество подготовки поверхности под пайку во многом определяет уровень и стабильность свойств паяного соединения.

Чтобы процесс протекал с высокой скоростью, а толщина удаляемого слоя была одинаковой, с поверхности изделия следует удалить все загрязнения и следы масел. Для этого подойдут обычные моющие и чистящие средства (мыльные растворы и тёплая вода).

#### Нанесение флюса

При сборке элементов конструкции под пайку необходимо нанести флюс. Флюс в виде порошка разводят в дистиллированной воде до состояния жидкой пасты и наносят шпателем или стеклянной палочкой, затем элементы сборки подсушивают в термостате около 70-80°C 30-60 минут. Однако, для печной пайки в защитной атмосфере нанесение флюса не нужно. Т.к. роль флюса в пайке с защитной атмосферой играет газ или вакуум, вводимый в камеру печи.

Для газопламенной и индукционной пайки углеродистых сталей в качестве флюса можно использовать буру  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , температура ее плавления находится в интервале 600-750°C.

Бура отлично растворяется в воде и при воздействии нагрева преобразуется в стеклянную массу, обеспечивающую защиту в зоне пайки. После расплавления буры участки, на которых расплавился флюс- очищаются, а окислы, которые на них присутствуют, растворяются в разогретом флюсе.

В процессе исполнения пайки, для которой применяется подобный тугоплавкий флюс, как бура, образуются соли, кристаллизирующиеся на поверхности создаваемого соединения.

### Укладка припоя

Припой в данном случае применяют в виде колец, которые предварительно погнули из проволоки или полос. Широкое распространение в качестве припоев получили латуни, которые являются сплавом меди с цинком. Латуни Л63 и ЛОК-62-06-04 дают прочные паяные соединения.

### Пайка

Пайка выполняется при температурах, которые превышают температуру плавления припоя, как правило, на 30 – 50 °С.

### Удаление флюса

Бура и подобные ему флюсы образуют на шве сложно удаляемую в воде плотную стеклообразную корку, которая крепко прицепилась к поверхности металла. Данную корку можно удалить замачиванием в 10 – 12 %-ном водном растворе кислого сернокислого калия ( $\text{KHSO}_4$ ) при комнатной температуре в течение двух часов или в подогретом до 40 – 50 °С растворе в течение 15 – 30 минут.

### **Заключение по разделу**

В ходе данного раздела был составлен основной технологический процесс, который позволит оценить безопасность и рассчитать примерный уровень затрат на производстве.

## **4 Оценка безопасности и экологичности отобранных способов пайки**

### **4.1 Влияние способов пайки на здоровье человека**

Любое промышленное производство характеризуется комплексом опасных для человека факторов, такие как:

- шум;
- вибрация;
- электромагнитное поле;
- различные излучения;
- недостающая освещенность;
- пыль;
- вредные и ядовитые вещества.

Часто на здоровье человека воздействует несколько вредоносных факторов. Metallургическое производство характеризуется комплексным воздействием вредных факторов на организм работающего.

Следуя из этого стоит подобрать более оптимальную, с точки зрения влияния на окружающую среду и здоровья человека, пайку. Необходимо сравнить приведенные выше способы и выделить их негативные стороны.

#### **Влияние индукционной пайки на окружающую среду**

«Многочисленные исследования в области биологического действия ЭМП определили наиболее чувствительные системы организма: нервную, иммунную, эндокринную, половую. Биологический эффект ЭМП в условиях многолетнего воздействия накапливается, вследствие чего возможно развитие отдаленных последствий дегенеративных процессов в центральной нервной системе, новообразований, гормональных заболеваний

Влияние на нервную систему. Нарушается передача нервных импульсов. В результате появляются вегетативные дисфункции (неврастенический и астенический синдром), жалобы на слабость, раздражительность, быструю

утомляемость, нарушение сна нарушается высшая нервная деятельность - ослабление памяти, склонность к развитию стрессовых реакций.

Влияние на сердечно-сосудистую систему. «Нарушения деятельности этой системы проявляются, как правило, лабильностью пульса и артериального давления, склонностью к гипотонии, болями в области сердца. В крови отмечается умеренным снижением количества лейкоцитов и эритроцитов» [1].

Влияние на иммунную и эндокринную системы. Установлено, что при воздействии ЭМП нарушается иммуногенез, чаще в сторону угнетения. У животных организмов, облученных ЭМП, отягощается течение инфекционного процесса. Влияние электромагнитных полей высокой интенсивности проявляется в угнетающем эффекте на Т-систему клеточного иммунитета. Под действием ЭМП увеличивается выработка адреналина, активизируется свертываемость крови, снижается активность гипофиза.

Влияние на половую систему. Многие ученые относят электромагнитные поля к тератогенным факторам. Наиболее уязвимыми периодами являются обычно ранние стадии развития зародыша. Наличие контакта женщины с электромагнитным излучением может привести к преждевременным родам, повлиять на развитие плода и, наконец, увеличить риск врожденных уродств» [1].

### **Влияние газопламенной пайки на здоровье человека.**

Так как данный вид пайки схож с газовой сваркой, то и влияние на среду идентично. В процессе газовой пайки или сварки образуется смесь газов и испарений, именуемая сварочным дымом, который оказывает токсичное воздействие на организм человека.

«Сварочный дым состоит из множества химических веществ, оказывающих вредное воздействие на биоорганизмы. Согласно данным OSHA, среди этих химических веществ значатся свинец, ртуть, окись углерода, асбест, фосген, двуокись азота, двуокись кремния, кадмий, никель,



хром, марганец и мышьяк. В зависимости от уровней содержания химикатов различаются и последствия вдыхания сварочного дыма» [9].

«В связи с тем, что сварочный дым содержит в себе различные химические вещества, то и воздействие их на организм человека усиливается. К примеру, свинец может нанести вред всем органам человека, вызывая усталость, раздражительность и рвоту. Вдыхание ртути ведет к неврологическим осложнениям, ведущим к потере координации и сенсорным нарушениям. Соляная кислота – производное фосгена и ультрафиолетового излучения во время сварки – может повредить легочную ткань. Даже небольшое воздействие марганца может привести к ухудшению кратковременной памяти и переменам настроения. Двуокись азота раздражает глаза, слизистую носа и горла, а также вызывает скопление жидкости в легких» [9].

## **4.2 Оценка безопасности и экологичности технологического объекта**

### **4.2.1 Технологическая характеристика объекта**

Технологический процесс пайки стальной трубы с фланцем предусматривает следующие операции:

- Подготовка поверхности;
- Пайка;
- Обработка.

«Эти операции осуществляются на участке, который содержит технологическое оборудование и материалы

Технологический процесс пайки малоразмерных труб связан с разными опасностями, вызванными различными причинами, которые могут привести к временной или полной нетрудоспособности человека, в зависимости от

стечения обстоятельств или интенсивности воздействия» [9].

Технологический паспорт технического объекта представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление
Подготовка поверхности	Паяльщик	Ванна
Пайка	Паяльщик	Установка для пайки
Обработка	Паяльщик	Щётка

#### 4.2.2 Идентификация персональных рисков

Идентификация профессиональных рисков представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный или вредный производственный фактор
Подготовка поверхности	Острые кромки инструмента и оборудования
Пайка	Острые кромки инструмента и оборудования, высокое напряжение в электросети, электромагнитное излучение, повышенная температура оборудования и материалов
Обработка	Острые кромки инструмента и оборудования.

### 4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности

Технические средства обеспечения пожарной безопасности представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства тушения пожара	Мобильные средства тушения пожара	Стационарные установки и системы тушения пожара	Средства пожароавтоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Связь и оповещение при пожаре
Огнетушитель, короб с песком	Автомобиль пожарной службы	Установка водяного тушения	Система извещения	Пожарные краны, пожарные рукава	План эвакуации	Лопата, топор	Кнопка пожарной тревоги

Идентификация классов и опасных факторов пожара представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Установка для пайки (печная, газопламенная, индукционная)	Пожары связанные с воспламенением и горением веществ	Пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура	Вынос высокого электрического напряжения на токоподводящие части установок

Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности представлены в таблице 8.

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

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Пайка труб с фланцем	Обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	На участке необходимо иметь средства пожаротушения, индивидуальные средства защиты, вентиляция

Идентификация экологических факторов технического объекта представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействие технологического объекта на атмосферу	Воздействие технологического объекта на гидросферу	Воздействие технологического объекта на литосферу
Пайка стальных труб	Подготовка поверхности	Газообразные вещества	-	-

Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Пайка стальной трубы с фланцем
Мероприятие по снижению негативных антропогенных воздействий на атмосферу.	Устанавливать оборудование для улавливания загрязняющих веществ, осуществить посадку зелёных насаждений, создать санитарно-защитные зоны, вокруг промышленных предприятий.

## **Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»**

В результате выполнения раздела данного раздела были обнаружены опасные и вредные производственные факторы при пайке малогабаритных стальных узлов.

При индукционной пайке велик риск нарушения функций половой, эндокринной, нервной и сердечно-сосудистой систем.

При газопламенной пайке происходят выбросы газов, которые негативно влияют на окружающую среду и здоровье человека.

Сделан необходимый анализ возможности их устранения и уменьшения других производственных непредвиденных ситуаций, обеспечивающий безопасность сотрудника при реализации предложенных решений.

## 5 Оценка экономической эффективности способов пайки

В разделе представлен расчет технологических, цеховых и производственных расходов при пайке трубы с фланцем.

### 5.1 Расчёт себестоимости изделия при индукционной пайке

Исходные данные для выполнения расчетов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные для выполнения расчетов

Название основных показателей	Ед. изм.	Стоимость
Тарифная ставка рабочего	р/час	125
Отчисления на социальные нужды	%	26
Норма амортизации оборудования	%	24
Норма амортизационных отчислений на здания	%	3
Норма расхода воды	м <sup>3</sup> /ч	1
Стоимость 1м <sup>3</sup> воды для охлаждения установки	Руб.	18
Стоимость 1 кВт/ч электроэнергии	Руб.	7
Стоимость 1м <sup>2</sup> площади здания цеха	Руб.	3000
Площадь, занимаемая оборудованием	м <sup>2</sup>	3
Стоимость буры Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> , 1 г	Руб.	3
Стоимость припоя Л-63, 1 г	Руб.	0,35
Стоимость установки	Руб.	149000

### 5.1.1 Расчет заработной платы рабочих

Фонд заработной платы основных производственных рабочих является суммой основной и дополнительной заработной плат.

а) Основная заработная плата рабочего рассчитывается по формуле:

$$\text{ЗП}_{\text{осн.}} = \sum C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зпл}}, \quad (1)$$

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

$t_{\text{шт}}$  - время изготовления одного изделия;

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

$$\text{ЗП}_{\text{осн.}} = 125 \cdot 0,07 \cdot 1,7 = 14,8 \text{ р.}$$

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{н}}, \quad (2)$$

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;

$k_{\text{пф}} = 1$  - коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,13$  - коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,13 = 1,7$$

б) «Дополнительная заработная плата:

$$\text{ЗП}_{\text{доп.}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗП}_{\text{осн.}}, \quad (3)$$

где  $k_{\text{д}}$  - коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой = 14%» [8].

$$\text{ЗП}_{\text{доп.}} = \frac{14}{100} \cdot 14,8 = 2 \text{ р.}$$

в) «Отчисления на социальные нужды:

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{N_{\text{соц}} \cdot \text{ФЗП}}{100}, \quad (4)$$

где  $N_{\text{соц}}$  - норма отчислений на социальные нужды = 35%» [8].

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{35 \cdot 16,8}{100} = 5,88 \text{ р.}$$



### 5.1.2 Расчёт затрат на электроэнергию

$$З_{э-э} = \frac{(\sum P_{об}) \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot Ц_{э-э}, \quad (5)$$

где  $P_{об} = 20$  – полезная мощность оборудования кВт;

$t_0$  – основное время работы установки при изготовлении одного изделия мин;

$\eta$  – КПД оборудования;

$I_{св}$  – сила тока А;

$U_d$  – напряжение В;

$Ц_{э-э}$  – цена коммерческой электроэнергии за 1 кВт/ч;

$$З_{э-э} = \frac{24,5 \cdot 2}{0,98 \cdot 60} \cdot 7,18 = 5,9 \text{ р.}$$

### 5.1.3 Затраты на техническую воду

$$\langle \text{Зв. тех.} = N_{в. тех.} \cdot Ц_{в. тех.} \cdot t_{в}, \quad (6)$$

где  $t_{в}$  – время подачи воды для охлаждения установки при изготовлении одного изделия (час);

$N_{в}$  – норма расхода воды на одно изделие, м<sup>3</sup>/час;

$Ц_{в}$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, руб.» [8].

$$З_{в.тех.} = 5 \cdot 6,78 \cdot 0,05 = 1,69 \text{ р.}$$

#### 5.1.4 Расходы на содержание оборудования

$$\langle Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} + Z_{в.тех} + Z_{э-э}, \quad (7)$$

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

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

$Z_{в.тех}$  – затраты на воду техническую;» [8].

$$Z_{об} = 0,62 + 4,7 + 1,69 + 5,9 = 12,91 \text{ р.}$$

А) «Амортизационные отчисления на оборудование:

$$A_{об} = \frac{\sum C_{об} \cdot N_{аоб} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot K_{В.Н}}, \quad (8)$$

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

$N_{а}$  – норма амортизационных отчислений на технологическое оборудование;

$K_{В.Н.}$  – коэффициент выполнения норм= 1,1» [15].

$$A_{об} = \frac{158000 \cdot 24 \cdot 0,07}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1} = 0,0006 \text{ р.}$$

« $\Phi_{эф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования

$$\Phi_{эф} = (D_{раб} \cdot T_{см} - D_{пред} \cdot T_{сокp}) \cdot S \cdot (1 - k_{р.п}), \quad (9)$$

где  $D_{раб}$  – количество рабочих дней в году;

$D_{пред}$  – количество предпраздничных дней в году;

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

$T_{сокp}$  – сокращенная смена ( $T_{см}-1$ ), час;

$S$  – кол-во рабочих смен.» [8].

$$\Phi_{эф} = 3654,72 \text{ р.}$$

Б) «Затраты на текущий ремонт оборудования:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{\sum C_{\text{об}} \cdot N_{\text{т.р}} \cdot K_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100}, \quad (10)$$

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

$K_3$  – коэффициент загрузки оборудования» [8].

$$P_{\text{т.р}} = \frac{156000 \cdot 35 \cdot 0,33}{3654,72 \cdot 100} = 4,99 \text{ р.}$$

В) «затраты на амортизацию занимаемой под оборудование площади:

$$Z_{\text{пл.ощ.}} = \frac{S_{\text{пл.ощ.}} \cdot C_{\text{пл.ощ.}} \cdot N_{\text{а.пл.ощ.}} \cdot k_{\text{д.пл.}} \cdot k_3}{100 \cdot N_{\Gamma}}, \quad (11)$$

где  $S_{\text{пл.ощ.}}$  – площадь, занимаемая оборудованием,  $\text{м}^2$ ;

$C_{\text{пл.ощ.}}$  – цена 1  $\text{м}^2$  занимаемой производственной площади;

$N_{\text{а.пл.ощ.}}$  – норма амортизационных отчислений на производственные здания;

$N_{\Gamma}$  – годовая программа выпуска изделий;

$K_{\text{д.пл.}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь» [8].

$$Z_{\text{пл.ощ.}} = \frac{3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 3,5 \cdot 0,33}{100 \cdot 5000} = 0,06 \text{ р.}$$

### 5.1.5 Затраты на припой

$$Z_{\text{рп}} = \left( \frac{V \cdot \rho \cdot 100 + \alpha}{100} \right) \cdot 0,35, \quad (12)$$

где  $V$  – объём припоя,  $\text{см}^3$ ;

$\rho$  – плотность припоя,  $\text{г/см}^3$

$\alpha$  – потери припоя, %

$$Z_{\text{рп}} = \frac{6,28 \cdot 8,5 \cdot 100 + 6}{100} \cdot 0,35 = 19,8 \text{ р.}$$

### 5.1.6 Затраты на флюс

$$З_{\phi} = k_{\phi} \cdot \left( \frac{H_{\text{рп}}}{0.35} \right) \cdot 3 = 16,9 \text{ р.} \quad (13)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент расхода флюса.

### 5.1.7 Расчёт себестоимости изделия

А) Определение технологической себестоимости изготовления изделия:

$$C_{\text{тех}} = З_{\phi} + З_{\text{э-э}} + З_{\text{об.}} + З_{\text{плоч}} + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{с.н.}}, \quad (14)$$

$$C_{\text{тех}} = 16,9 + 5,9 + 12,91 + 0,06 + 16,8 + 5,88 = 58,44 \text{ р.}$$

Б) «Определение цеховой себестоимости:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}}, \quad (15)$$

где  $P_{\text{цех}}$  – общепроизводственные расходы, руб.» [8].

$$C_{\text{цех}} = 58,44 + 42 = 100,44 \text{ р.}$$

$$P_{\text{цех}} = K_{\text{цех}} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}}, \quad (16)$$

где  $K_{\text{цех}}$  – коэффициент общепроизводственных расходов

$$P_{\text{цех}} = 2,5 \cdot 16,8 = 42 \text{ р.}$$

В) «Определение заводской себестоимости:

$$C_{\text{произв}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{произв}}, \quad (17)$$

где  $P_{\text{произв}}$  – общезаводские расходы, руб.» [8].

$$C_{\text{произв}} = 100,44 + 30,2 = 130,64 \text{ р.}$$

$$P_{\text{произв}} = K_{\text{произв}} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}}, \quad (18)$$

где  $K_{\text{произв}}$  – коэффициент общехозяйственных расходов

$$P_{\text{произв}} = 1,8 \cdot 16,8 = 30,2 \text{ р.}$$

Г) «Определение полной себестоимости:

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{произв}} + P_{\text{вн}}, \quad (19)$$

где  $P_{\text{вн}}$  – сумма внепроизводственных расходов, руб.

$$C_{\text{полн}} = 130,64 + 6,53 = 137,17 \text{ р.}$$

«Внепроизводственные расходы – расходы, связанные с реализацией изготовленной продукции.

$$P_{\text{вн}} = K_{\text{вн}} \cdot C_{\text{произв}}, \quad (20)$$

где  $K_{\text{вн}}$  – коэффициент внепроизводственных расходов» [8].

$$P_{\text{вн}} = 0,05 \cdot 130,64 = 6,53 \text{ р.}$$

### 5.1.8 Калькуляция себестоимости изделия

На основании выработанных расчетов составляем калькуляцию себестоимости изделия в таблице 12.

Таблица 12 – Калькуляция себестоимости изделия при индукционной пайке

Наименование статей затрат	Условные обозначения	Величина затрат, руб.
Затраты на электроэнергию	З <sub>э-э.</sub>	5,9
Затраты на воду техническую	З <sub>в.тех.</sub>	1,75
Затраты на защитный газ	З <sub>з.г.</sub>	3,86
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	З <sub>об.</sub>	12,91
Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей	З <sub>плоч.</sub>	0,006
Затраты основных рабочих	ФЗП	14,8

Продолжение таблицы 12

Отчисления на социальные нужды	Ос.н.	2
Технологическая себестоимость	Стех.	58,44
Цеховые расходы	Рцех.	42
Цеховая себестоимость	Сцех.	100,4
Общезаводские расходы	Р <sub>произв.</sub>	30,2
Производственная себестоимость	С <sub>произв.</sub>	130,64
Внепроизводственные расходы	Р <sub>в.н.</sub>	6,53
Полная себестоимость	С <sub>полн.</sub>	137,17

## 5.2 Расчёт себестоимости изделия при газопламенной пайке

Таблица 13 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование показателей	Ед. изм.	Стоимость
Тарифная ставка	Руб./час	125
Отчисления на социальные нужды	%	26
Норма амортизации на оборудование	%	24
Норма амортизационных отчислений на здания	%	3
Норма расхода воды	м <sup>3</sup> /ч	1
Норма расхода горючего газа	л/мин	0,2
Стоимость 1м <sup>3</sup> воды для охлаждения установки	Руб.	18
Стоимость 1 кВтч электроэнергии	Руб.	7
Стоимость 1м <sup>2</sup> площади здания цеха	Руб.	3000
Площадь, занимаемая оборудованием	м <sup>2</sup>	1,5
Стоимость 1м <sup>3</sup> метана	Руб.	19

### Продолжение таблицы 13

Стоимость 1м <sup>3</sup> кислорода	Руб.	5,4
Стоимость установки	Руб.	5000
Стоимость ангидрида хрома за 1г	Руб.	0,282
Стоимость ванны с нагревателем	Руб.	80000

#### 5.2.1 Расчет заработной платы рабочих

Фонд заработной платы основных производственных рабочих является суммой основной и дополнительной заработной плат.

а) Основную заработную плату рабочего рассчитываем по формуле (1):

$$ЗП_{\text{осн.}} = 125 \cdot 0,08 \cdot 1,7 = 17 \text{ р.}$$

б) Дополнительную заработную плату рассчитываем по формуле (3):

$$ЗП_{\text{доп.}} = \frac{14}{100} \cdot 17 = 2,38 \text{ р.}$$

в) Отчисления на социальные нужды рассчитываем по формуле (4):

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{35 \cdot 19,38}{100} = 6,78 \text{ р.}$$

#### 5.2.2 Расчёт затрат на горючий газ

$$З_{\text{з.г.}} = N_{\text{з.г.}} \cdot Ц_{\text{з.г.}} \cdot t_{\text{г}} = 0,1 \cdot ((2 \cdot 5,4) + 19) \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 0,02 \text{ р.} \quad (21)$$

где  $N_{\text{з.г.}}$  – норма расхода защитного газа, литр/мин;

$Ц_{\text{з.г.}}$  – цена защитного газа, руб./м<sup>3</sup>;

$t_{\text{г}}$  – время подачи газа при изготовлении одного изделия, мин.

#### 5.2.3 Расход припоя

Расход припоя рассчитываем по формуле (12):

$$З_{\text{рп}} = \frac{6,28 \cdot 8,5 \cdot 100 + 8}{100} \cdot 0,35 = 20,1 \text{ р.}$$

#### 5.2.4 Расход флюса

Затраты флюса рассчитывается по формуле (13):

$$З_{\phi} = k_{\phi} \cdot \left( \frac{H_{pp}}{0.35} \right) \cdot 3 = 17,3 \text{ р.}$$

#### 5.2.5 Расчёт расходов на использование оборудования

Затраты расходов на использование оборудования проводим по формуле (7):

$$З_{об} = 0,07 + 0,04 + 0,02 = 0,13 \text{ р.}$$

А) Амортизационные отчисления на оборудование рассчитываются по формуле (8):

$$A_{об} = \frac{13000 \cdot 24 \cdot 0,1}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1} = 0,07 \text{ р.}$$

Б) Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываем по формуле (10):

$$P_{т.р} = \frac{13000 \cdot 35 \cdot 0,033}{3654,72 \cdot 100} = 0,04 \text{ р.}$$

В) Затраты на амортизацию занимаемой под оборудование площади определяем по формуле (11):

$$З_{пл.ш.} = \frac{3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 3,5 \cdot 0,033}{100 \cdot 5000} = 0,006 \text{ р.}$$

#### 5.2.6 Расчёт себестоимости изделия

А) Определение технологической себестоимости изготовления изделия проводим по формуле (14):

$$C_{тех} = 17,3 + 0,02 + 0,13 + 0,006 + 19,38 + 6,78 = 43,6 \text{ р.}$$



Б) Рассчитываем общепроизводственные расходы по формуле (16) и цеховую себестоимость по формуле (15):

$$P_{\text{цех}} = 2,5 \cdot 17 = 42,5 \text{ р.}$$

$$C_{\text{цех}} = 43,6 + 42,5 = 86,1 \text{ р.}$$

В) Определяем общезаводские расходы по формуле (18) и заводскую себестоимость по формуле (17):

$$P_{\text{произв}} = 1,8 \cdot 17 = 30,6 \text{ р.}$$

$$C_{\text{произв}} = 86,1 + 30,6 = 116,7 \text{ р.}$$

Г) Рассчитываем полную себестоимость по формуле (19):

$$C_{\text{полн}} = 116,7 + 5,83 = 122,5 \text{ р.}$$

Д) Внепроизводственные расходы, связанные с реализацией изготовленной продукции, рассчитываем по формуле (20).

$$P_{\text{вн}} = 0,05 \cdot 58,56 = 5,83 \text{ р.}$$

### 5.2.7 Калькуляция себестоимости изделия

На основании выработанных расчетов оформляем калькуляцию себестоимости изделия в таблице 14.

Таблица 14 – Калькуляция себестоимости изделия

Наименование статей затрат	Условные обозначения	Величина затрат, руб.
Затраты на электроэнергию	З <sub>э.э.</sub>	1,09
Затраты на защитный газ	З <sub>з.г.</sub>	0,02
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	З <sub>об.</sub>	1,58
Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей	З <sub>плещ.</sub>	0,006

Продолжение таблицы 14

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих (ФЗП)	ФЗП	19,38
Отчисления на социальные нужды	Ос.н.	6,78
Технологическая себестоимость	С <sub>тех.</sub>	43,6
Цеховые расходы	Р <sub>цех.</sub>	42,5
Цеховая себестоимость	С <sub>цех.</sub>	86,1
Общезаводские расходы	Р <sub>произв.</sub>	30,6
Производственная себестоимость	С <sub>произв.</sub>	116,7
Внепроизводственные расходы	Р <sub>в.н.</sub>	5,83
Полная себестоимость	С <sub>полн.</sub>	122,5

### 5.3 Расчёт себестоимости изделия при печной пайке

Таблица 15 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование показателей	Ед. изм.	Стоимость
Тарифная ставка	р/час	125
Отчисления на социальные нужды	%	26
Норма амортизации на оборудование	%	24
Норма амортизационных отчислений на здания	%	3
Норма расхода воды	м <sup>3</sup> /ч	1
Стоимость 1м <sup>3</sup> воды для охлаждения установки	Руб.	18

Продолжение таблицы 15

Стоимость 1 кВт ч электроэнергии	Руб.	7
Стоимость 1м <sup>2</sup> площади здания цеха	Руб.	3000
Площадь, занимаемая оборудованием	м <sup>2</sup>	3
Стоимость 1 кг цинка	Руб.	170
Стоимость 1 кг угля	Руб.	13
Стоимость припоя за 1 гр.	Руб.	0,35
Стоимость установки	Руб.	170000

### 5.3.1 Расчет заработной платы рабочих

Фонд заработной платы основных производственных рабочих является суммой основной и дополнительной заработной плат.

а) Основная заработная плата рабочего рассчитывается по формуле (1):

$$ЗП_{\text{осн.}} = 125 \cdot 0,03 \cdot 1,7 = 6,37 \text{ р.}$$

б) Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле (3):

$$ЗП_{\text{доп.}} = \frac{14}{100} \cdot 6,37 = 0,89 \text{ р.}$$

в) Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле (4):

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{35 \cdot 7,2}{100} = 2,52 \text{ р.}$$

### 5.3.2 Расчёт затрат на электроэнергию

Расчёт затрат на электроэнергию проводим по формуле (5):

$$З_{\text{э-э}} = \frac{8,4 \cdot 2}{0,65 \cdot 60} \cdot 7 = 3,01 \text{ р.}$$

### 5.3.3 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Расчет проводим по формуле (7):

$$З_{\text{об}} = 0,3 + 5,37 + 4,35 + 3,01 = 13,03 \text{ р.}$$

А) Амортизационные отчисления на оборудование рассчитываются по формуле (8):

$$A_{об} = \frac{170000 \cdot 24 \cdot 0,03}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1} = 0,3 \text{ р.}$$

При этом эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле (9):

$$\Phi_{эф} = 3654,72 \text{ р.}$$

Б) Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываем по формуле (10):

$$P_{т.р} = \frac{170000 \cdot 35 \cdot 0,33}{3654,72 \cdot 100} = 5,37 \text{ р.}$$

В) Затраты на амортизацию занимаемой под оборудование площади рассчитываем по формуле (11):

$$З_{пл.} = \frac{5 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 3,5 \cdot 0,33}{100 \cdot 5000} = 0,1 \text{ р.}$$

### 5.3.4 Затраты на защитную среду

Для создания защитной среды используем цинк и уголь

$$З_{зс} = \left( \frac{C_{ц}}{3 \cdot C_{у}} \right), \quad (22)$$

где  $C_{ц}$  – стоимость цинка;

$C_{у}$  – стоимость угля.

$$З_{зс} = \left( \frac{0,17}{3 \cdot 0,013} \right) = 4,35 \text{ р.,}$$

### 5.3.5 Затраты на припой

Расчет проводим по формуле (12):

$$З_{\text{рп}} = \frac{6,28 \cdot 8,5 \cdot 100}{100} \cdot 0,35 = 19,6 \text{ р.}$$

### 5.3.6 Расчёт себестоимости изделия

А) Определяем технологическую себестоимость изготовления изделия по формуле (14):

$$C_{\text{тех}} = 4,35 + 3,01 + 13,03 + 0,1 + 6,37 + 2,52 = 29,38 \text{ р.}$$

Б) Определяем общепроизводственные расходы по формуле (16) и цеховую себестоимость по формуле (15):

$$P_{\text{цех}} = 2,5 \cdot 6,37 = 15,92 \text{ р.}$$

$$C_{\text{цех}} = 29,38 + 15,92 = 45,3 \text{ р.}$$

В) Определяем общезаводские расходы по формуле (18) и заводскую себестоимость по формуле (17):

$$P_{\text{произв}} = 1,8 \cdot 6,37 = 11,46 \text{ р.}$$

$$C_{\text{произв}} = 45,3 + 11,46 = 56,76 \text{ р.}$$

Г) Определяем полную себестоимость по формуле (19):

$$C_{\text{полн}} = 56,76 + 2,83 = 59,59 \text{ р.}$$

Внепроизводственные расходы, связанные с реализацией изготовленной продукции, рассчитываем по формуле (20):

$$P_{\text{вн}} = 0,05 \cdot 56,76 = 2,83 \text{ р.}$$

### 5.3.7 Калькуляция себестоимости изделия

На основании выработанных расчетов оформляем калькуляцию себестоимости изделия в таблице 16.

Таблица 16 – Калькуляция себестоимости изделия

Наименование статей затрат	Условные обозначения	Величина затрат, руб.
Затраты на электроэнергию	З <sub>э.э.</sub>	3,01
Затраты на защитный газ	З <sub>з.г.</sub>	4,35
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	З <sub>об.</sub>	13,03
Затраты на содержание и эксплуатацию площади	З <sub>площ.</sub>	0,1
Затраты на заработную плату основных производственных рабочих (ФЗП)	ФЗП	7,2
Отчисления на социальные нужды	О <sub>с.н.</sub>	2,52
Технологическая себестоимость	С <sub>тех.</sub>	29,38
Цеховые расходы	Р <sub>цех.</sub>	15,92
Цеховая себестоимость	С <sub>цех.</sub>	45,3
Общезаводские расходы	Р <sub>произв.</sub>	11,46
Производственная себестоимость	С <sub>произв.</sub>	56,76
Внепроизводственные расходы	Р <sub>в.н.</sub>	2,83
Полная себестоимость	С <sub>полн.</sub>	59,59

## 5.4 Построение графика зависимости затрат от программы выпуска

Исходя из приведённых выше расчётов, можно построить график зависимости затрат от программы выпуска изделия типа трубка-фланец.

Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$Z_{\text{общ}} = K \cdot E_n + C \cdot N, \quad (23)$$

где  $K$  – капитальные затраты на покупку оборудования, руб.;

$E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности

$C$  – себестоимость одного изделия, руб.;

$N$  – годовая программа выпуска, шт./год.

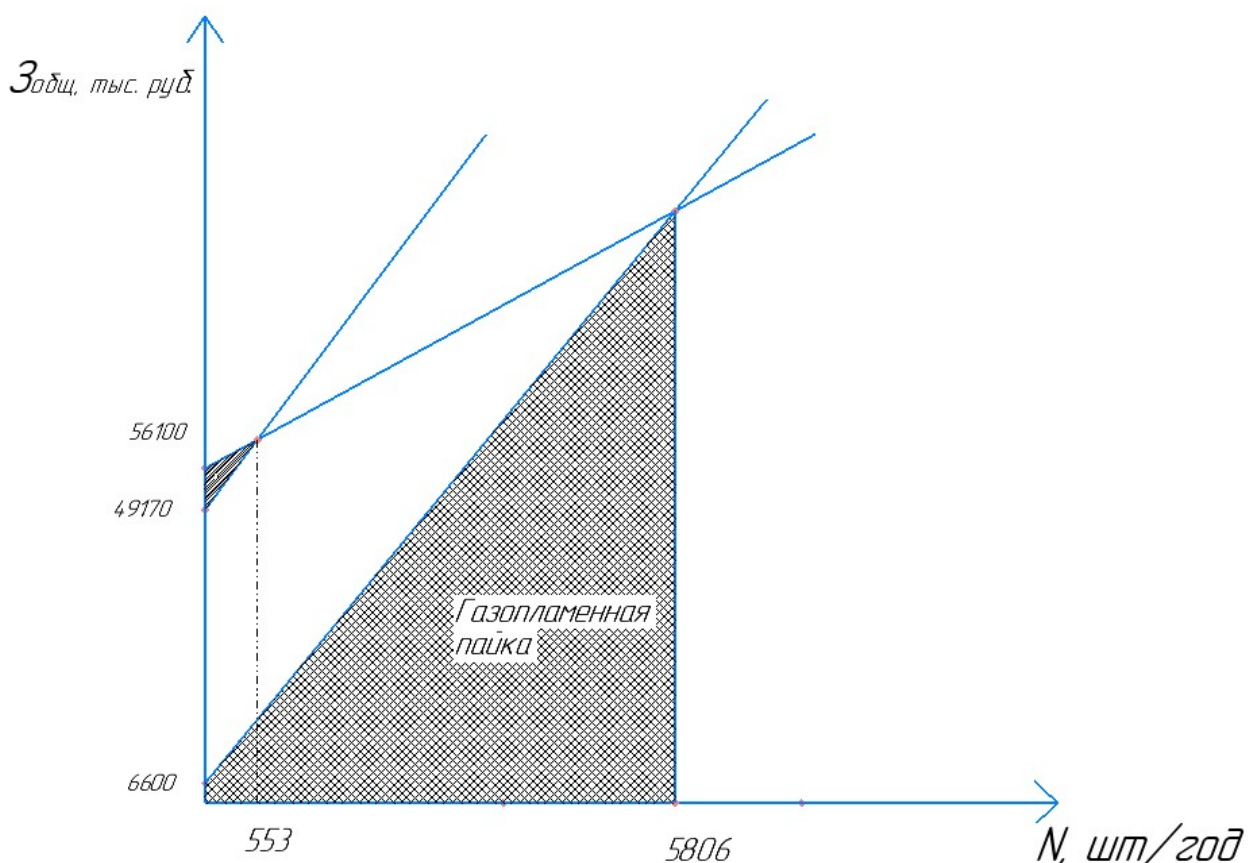


Рисунок 3 – График зависимости затрат от объёма производства

Из графика видно, что при объёме выпуска продукции до 553 шт./год индукционная пайка является выгодней печной, однако, до 5806 шт./год дешевле использовать газопламенную пайку. А дальше более экономичней будет использовать печную пайку.

### **Заключение по разделу**

В ходе выполнения данного раздела были произведены расчёты себестоимости изделия при индукционной, газопламенной и печной пайки. А также было произведено сравнение данных видов пайки. Из полученных результатов видно, что более экономичным вариантом с точки зрения себестоимости является печная пайка – её себестоимость составляет 59,59 рублей, на втором месте газопламенная пайка- 122,5 рубля, а самым дорогостоящим способом является индукционная пайка с себестоимостью одного изделия 137,7 рублей.

Так же был построен график зависимости капитальных затрат от объёма производства, в котором было выявлено, что при объёме выпуска продукции до 553 шт./год индукционная пайка является выгодней печной, однако, от 553 шт./год до 5806 шт./год дешевле использовать газопламенную пайку. А дальше более экономичней будет использовать печную пайку.



## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе были проанализированы способы пайки с точки зрения затрат. В результате проведённых исследований, удалось выяснить, что менее затратным способом является печная пайка.

Стоит отметить, что при выборе варианта следует учитывать и готовность производства к использованию того или иного варианта: имеющееся оборудование, опыт и квалификацию рабочих и специалистов, имеющиеся свободные площади для размещения оборудования, требования энерго- и газоснабжения и др.

Были выявлены опасные для человека и окружающей среды производственные факторы при пайке малоразмерных стальных труб. Сделан анализ возможности их устранения, который показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства обеспечит безопасность сотрудника при реализации предложенных решений.

Так же был построен график зависимости капитальных затрат от объёма производства, в котором было выявлено, что при разных программах выпуска общие затраты играют важную роль в выборе способа пайки.

Исходя из выше представленного, можно сделать вывод, что цель выпускной квалификационной работы достигнута, однако, данную тему можно развивать и дальше в рамках магистерской подготовки.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека и способы защиты от их вредного воздействия // Управление Роспотребнадзора по Республике Мордовия URL: [http://13.rospotrebnadzor.ru/center/services/zdorov\\_obraz/135871](http://13.rospotrebnadzor.ru/center/services/zdorov_obraz/135871) (дата обращения: 15.04.2021).
2. Вреден ли для здоровья сварочный дым? // Федеральный институт повышения квалификации URL: <https://fi.ru/index.php/stati-po-okhrane-truda/269-vreden-li-dlya-zdorovya-svarochnyj-dym> (дата обращения: 13.04.2021).
3. Газопламенная пайка металлов // [weldering.com](http://weldering.com), 2021 URL: <https://weldering.com/gazoplamennaya-payka-metallov> (дата обращения: 13.04.2021).
4. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –51 с.
5. Индукционная пайка: назначение, виды, достоинства и недостатки // [ElectricalSchool.info](http://ElectricalSchool.info) URL: <http://electricalschool.info/main/electrotehnolog/1990-indukcionnaya-payka-naznachenie-vidy-dostoinstva-i-nedostatki.html> (дата обращения: 13.04.2021).
6. Казаков, Ю.В. Преддипломная практика. – Тольятти: ТГУ, 2007 – 13 с.
7. Китаев А.М., Губин А.И. Сварка и пайка тонкостенных трубопроводов. 2 изд. М.: Машиностроение, 1972.
8. Краснопевцева И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ; Ин-т

финансов, экономики и управления ; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 183 с.

9. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Пайка металлов. - 4 изд. - М.: Машиностроение, 1988. - 376 с.

10. Мосиндуктор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mosinductor.ru/info/articles/elektromagnitnoe-izluchenie-induktsionnoy-rechi/>. – Дата доступа: 29.04.2021.

11. Новые методы пайки металла // [www.prosvarky.ru](http://www.prosvarky.ru) URL: <http://www.prosvarky.ru/specialmethods/newmethodssoldering/1.html> (дата обращения: 13.04.2021).

12. Пайка автомобильных деталей: электронный источник/ [электронный ресурс] – URL: [http://press.ocenin.ru/pajka-detalej-avtomobilya/#h\\_80775289211550051631698](http://press.ocenin.ru/pajka-detalej-avtomobilya/#h_80775289211550051631698) - Режим доступа: свободный доступ.

13. Пайка в печах // [Pereosnastka.ru](http://Pereosnastka.ru) URL: <http://pereosnastka.ru/articles/paika-v-pechakh> (дата обращения: 17.04.2021).

14. ПАЙКА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ В ВАКУУМНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ ТОРГОВОЙ МАРКИ «НИТТИН» // НИТТИН URL: <http://nittin.ru/pajka-vy-sokolegированныh-stalej/> (дата обращения: 12.03.2021).

15. Пайка, история ее развития и роль в условиях современного производства: электронный/ [электронный ресурс] — URL: [https://studopedia.ru/4\\_151774\\_payka-istoriya-ee-razvitiya-i-rol-v-usloviyah-sovremennogo-proizvodstva.html](https://studopedia.ru/4_151774_payka-istoriya-ee-razvitiya-i-rol-v-usloviyah-sovremennogo-proizvodstva.html) — Режим доступа: свободный доступ.

16. Петрунин И.Е., Березников Ю.И., Бунькина Р.Р., Ильина И.И., Маркова И.Ю., Киселев И.И., Николаев Г.А., Новосадов В.С., Орлова В.В., Парфёнов А.Н., Пашков И.Н., Семёнов В.Н., Фролов В.П., Шеин Ю.Ф. Справочник по пайке. 3-е изд. изд. М.: Машиностроение, 2003.

17. Разнообразие видов пайки // [www.Svaring.com](http://www.Svaring.com) URL: <https://svaring.com/soldering/tehnologii/vidy-pajki> (дата обращения: 13.04.2021).
18. Современная газопламенная пайка: выбор возможностей // журнал "Ритм машиностроения интернет-издание URL: <https://ritm-magazine.ru/ru/public/sovremennaya-gazoplammennaya-pauka-vybor-vozmozhnostey> (дата обращения: 13.04.2021).
19. Технологические правила проектирования объектов строительства "МД 3.02-2000 Технологические правила проектирования" от 23.06.1998 № 3.02-2000 // Госстрой России. - М.: ФГУП ЦНС Госстроя России. - 2001
20. Технология пайки углеродистых и низколегированных сталей // [www.prosvarky.ru](http://www.prosvarky.ru) URL: <http://www.prosvarky.ru/brazing/process/1.html> (дата обращения: 13.04.2021).
21. Управление Роспотребнадзора по Республике Мордовия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://13.rospotrebnadzor.ru/center/services/zdorov\\_obraz/135871](http://13.rospotrebnadzor.ru/center/services/zdorov_obraz/135871). – Дата доступа: 29.04.2021.
22. Федеральный институт повышения квалификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fi.ru/index.php/stati-ro-okhrane-truda/269-vreden-li-dlya-zdorovya-svarochnyj-dym>. – Дата доступа: 29.04.2021.
23. Archaka.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archaka.ru/vakuumnaya-pajka-i-kamery-dlya-neyo/#:~:text=K%20недостаткам%20вакуумной%20пайки%20относят,пайка%20может%20совершаться%20двумя%20способами>. – Дата доступа: 26.04.2021.
24. Chris Cordia, Greg Mitchell Brazing Best Practices: 12 Tips for HVAC Technicians // *Welding Journal*. - 2014. - №11. - С. 62-64.

25. Greg Mitchell Tips for Producing Strong Soldered and Brazed Joints // Welding Journal. - 2010. - №9. - С. 40-48.
26. Huei LIN, Jiun-Ren HWANG, Chin-Ping FUNG Optimization of vacuum brazing process parameters in AA6061 using Taguchi method // Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing. - 2016. - №2. - С. 1-10.
27. Klaus Kurt Kunh, Richard Detty Controlled-Atmosphere Induction Brazing Brightens Surface Finish // Welding Journal. - 2014. - №11. - С. 58-61.
28. Nittin.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nittin.ru/pajka-vy-sokolegirovanny-h-stalej/>. – Дата доступа: 26.04.2021.
29. Paul T. Vianco Hand Soldering Basics // Welding Journal. - 2011. - №9. - С. 47-53.