

Тольятти 2016

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СОМДиРП

_____ В.В. Ельцов

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Власкина Елизавета Викторовна

1. Тема Разработка технологического процесса пайки медного испарителя кондиционера
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 20 июня 2016 г.
3. Исходные данные к бакалаврской работе Материалы производственной практики, курсовой работы по дисциплине «Основы научных исследований», курсового проекта по профилю подготовки, преддипломной практики, научно-техническая литература.
4. Содержание бакалаврской работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение (обоснование актуальности и цели бакалаврской работы)

1. Состояние вопроса (описание конструкции, свойств материала и условий эксплуатации изделия; пайка меди и ее сплавов; теплообменники и технологии их изготовления, задачи бакалаврской работы).

2. Разработка технологического процесса пайки испарителя (варианты технологического процесса, обоснование изменения конструкции изделия, обоснование содержания основных операций технологического процесса; выбор режимов, технологических и вспомогательных материалов, необходимого оборудования и приспособлений для двух вариантов).

3. Безопасность и экологичность (обеспечение безопасности при реализации технологического процесса).

4. Эффективность работы (расчет себестоимости изготовления испарителя по двум вариантам технологии, экономическое обоснование выбранного варианта, оценка достижения цели бакалаврской работы).

Закключение (выводы и рекомендации).
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала
Чертеж изделия (1 – 2 листа)
Пайка меди и ее сплавов
Технологический процесс (2 варианта – 2 листа)
Экономический лист

6. Консультанты по разделам

Безопасность и экологичность – И.В. Резникова

Эффективность работы – И.В. Краснопевцева

Нормоконтроль – В.Г. Виткалов

7. Дата выдачи задания «_____» _____ 20____ г.

Руководитель бакалаврской работы

А.Ю. Краснопевцев

Задание принял к исполнению

Е.В. Власкина

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой СОМДиРП
_____ В.В. Ельцов

« ____ » _____ 20 ____ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Власкиной Елизаветы Викторовны

по теме Разработка технологического процесса пайки медного испарителя кондиционера

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	20.05.2016			
Состояние вопроса	20.05.2016			
Разработка технологического процесса	10.06.2016			
Графическая часть	15.06.2016			
Безопасность и экологичность	14.06.2016			
Эффективность работы	16.06.2016			
Представление на нормоконтроль	17.06.2016			
Представление на предзащиту	20.06.2016			
Исправление замечаний	24.06.2016			
Представление на защиту	27.06.2016			

Руководитель бакалаврской работы

_____ А.Ю. Краснопевцев

Задание принял к исполнению

_____ Е.В. Власкина

АННОТАЦИЯ

Во многих отраслях используются теплообменники. Испаритель является одним из видов теплообменника. Широкое распространение испарители кондиционеров получили в отрасли производства автотранспорта. В настоящее время для комплектации автобусов их заказывают за границей, в то время как можно наладить производство такого типа теплообменников в нашей стране.

Цель бакалаврской работы – снижение стоимости ремонта автобусных кондиционеров.

В работе были решены следующие задачи:

1. Разработаны технологические процессы пайки медного испарителя кондиционера.
2. Упрощен процесс сборки , за счет изменения конструкции
3. Выбран более эффективный технологический процесс
4. Выявлены опасные и вредные факторы при выполнении технологического процесса.

Пояснительная записка составлена на 60 страницах с 3 рисунками, с 18 таблицами, графическая часть включает в себя 6 листов с чертежами формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	8
1.1 Описание конструкции изделия	8
1.2 Основные свойства меди	9
1.3 Пайка меди и ее сплавов	11
1.4 Общие сведения о теплообменниках	15
1.5 Задачи бакалаврской работы	16
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	17
2.1 Основные операции технологического процесса	17
2.2 Предлагаемые изменения конструкции	17
2.3 Обоснование содержания основных операций технологического процесса	18
3. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	29
3.1 Технологическая характеристика объекта	29
3.2 Идентификация персональных рисков	31
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	32
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	33
3.5 Заключение по разделу	37
4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	58

ВВЕДЕНИЕ

По схеме и принципу работы испаритель кондиционера является теплообменником. В различных отраслях широко применяются теплообменники. Теплообменник – устройство, в котором осуществляется теплообмен между двумя теплоносителями, имеющими различные температуры. Они применяются в технологических процессах нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, атомной, холодильной, газовой и других отраслях промышленности. При изготовлении теплообменников применяется пайка, так как изготавливаются из материалов обладающих хорошей теплопередачей.

Применение теплообменных аппаратов получило широкое распространение в такой отрасли как производство автотранспорта. Для комплектации автобусов применяются теплообменники, закупаемые за границей. В связи с изменением курса валюты, необходимо импортозамещение. Целью бакалаврской работы является снижение стоимости ремонта автобусных кондиционеров.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Описание конструкции изделия

Испаритель (рисунок 1) изготавливается из меди. Основной его частью являются 36 трубок диаметром 8-10 мм, соединяемые с пластинками толщиной 0,5 мм при помощи пайки. Расстояние между пластинками 2,5 мм. Длина L является величиной переменной и приводится в таблице 1. Расстояние от первой трубки до последней задается величиной $3 \times n$.

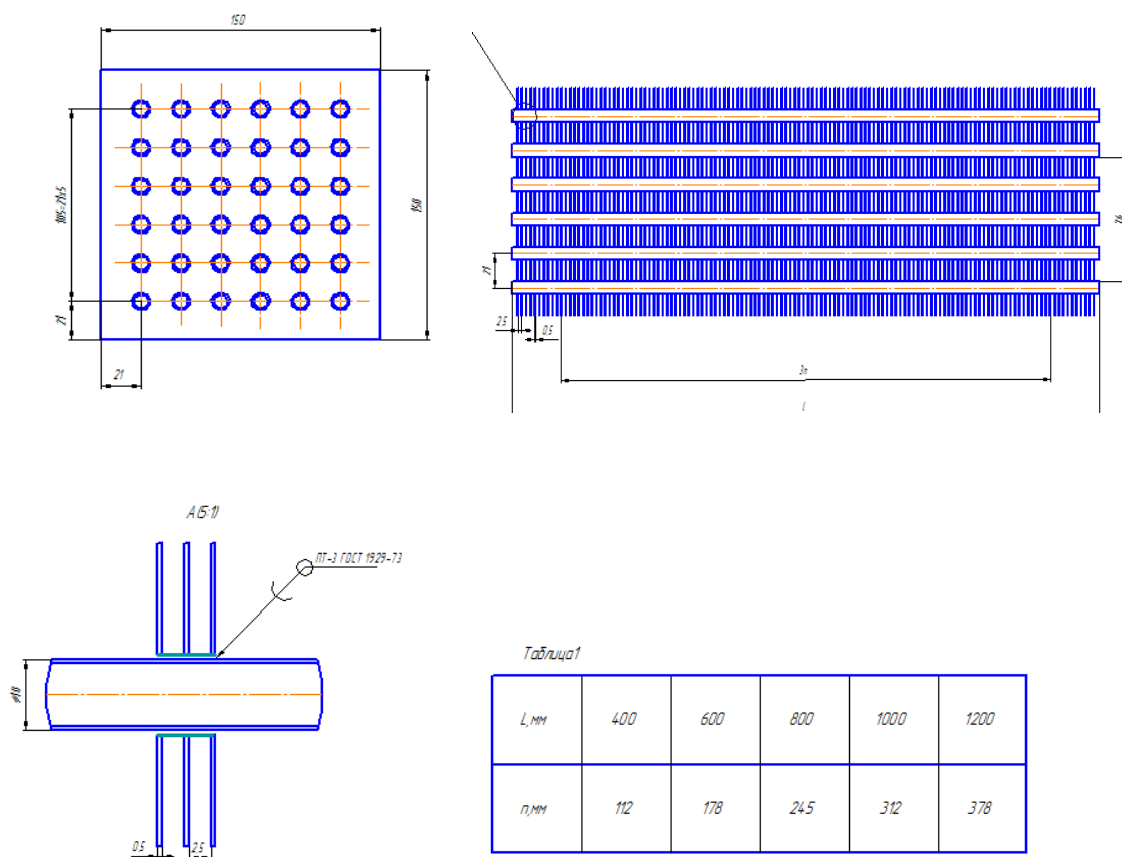


Рисунок 1– Испаритель

1.2 Основные свойства меди

Технически чистая медь обладает высокой теплопроводностью, электропроводностью и достаточно высокой коррозионной стойкостью. На поверхности меди образуется тонкая защитная пленка Cu_2O , благодаря которой она устойчива к атмосферной коррозии.. Медь является относительно прочным ($\sigma_{\text{в}} = 240 \text{ МПа}$) и пластичным металлом ($\delta = 45 \dots 50 \%$). С уменьшением количества газов в меди пластичность ее возрастает до 62 %; при повышенных температурах прочность меди уменьшается, а пластичность возрастает. Медь сохраняет свою пластичность до температуры жидкого гелия (-269°C) [2].

Для повышения прочностных показателей меди и придания ей особых свойств (жаропрочности, коррозионной стойкости и др.) ее легируют различными добавками. Медь и ее сплавы широко применимы в отраслях , с повышенными и криогенными температурами. [2].

Из-за образования на поверхности меди оксидной пленки, на воздухе она имеет яркий желтовато красный оттенок. В чистом виде медь достаточно мягкая, тягучая и легко прокатывается и вытягивается [3]. Повысить твердость можно путем введения примесей. Высокая электропроводность меди – главное свойство, определяющее её преимущественное использование. Такие примеси как железо, фосфор, олово, сурьма и мышьяк влияют на основные свойства и уменьшают электропроводность и теплопроводность. По данным показателям медь уступает лишь серебру.

Медь обладает высокими значениями плотности, температуры плавления и температуры кипения (таблица 1). Медь хорошо поддаётся обработке: прокатывается в медный лист и медный пруток, протягивается в медную проволоку с толщиной, доведённой до тысячных долей

миллиметра. Этот металл является диамагнетиком, то есть намагничивается против направления внешнего магнитного поля [3].

Таблица 1 – Основные физические свойства меди

Температура кипения °С	2600
Температура плавления °С	1083.4
Плотность , г/см ³	8,92
Теплопроводность Вт/(м*К)	401
Удельная проводимость , сим	55,5

Таблица 2 – Механические свойства меди

Свойства	Состояние	
	Деформированное	Отожженное
Предел прочности на разрыв, σ МПа	340 - 450	220 - 245
Относительное удлинение после разрыва, δ %	4 - 6	45 - 55
Относительное сужение, после разрыва, %	40 - 60	65 - 80
Твердость по Бринеллю, НВ	90 - 110	35 - 55

Медь сравнительно малоактивный металл. В нормальных условиях на сухом воздухе её окисления не происходит. Она легко реагирует с галогенами, селеном и серой. Кислоты без окислительных свойств не оказывают воздействия на медь. С водородом, углеродом и азотом химических реакций нет. На влажном воздухе происходит окисление с образованием карбоната меди [3].

1.3 Пайка меди и ее сплавов

На поверхности меди образуется оксидная пленка, которая является нестойкой и не создает особых затруднений при пайке.

Самыми распространенными видами пайки меди являются : пайка паяльником, газовыми горелками, погружением в расплавленный припой , в печах. Тонкостенные детали паяют паяльником с максимальной температурой 350 °С, пайку массивных деталей осуществляют газовыми горелками. Для трубчатых медных теплообменников применяется пайка погружением в расплавы солей и припоев. Для пайки погружением в расплавы солей используют чаще всего соляные печи-ванны. Соли обычно служат источником тепла и оказывают флюсующее действие, поэтому дополнительного флюсования при пайке не требуется. При пайке погружением в ванну с припоем предварительно офлюсованные детали нагревают в расплаве припоя, который при температуре пайки заполняет соединительные зазоры. Зеркало припоя защищают активированным углем или инертным газом. Недостаток пайки в соляных ваннах заключается в том, что невозможно в ряде случаев удалить остатки солей или флюса. [2].

Широко применяется пайка в печах. При такой пайке тепло распределяется равномерно и детали не деформируются. Из-за простоты и общедоступности большое распространение получила пайка низкотемпературными припоями. При пайке изделий из меди оловянно-свинцовыми и другими легкоплавкими припоями используют обычно канифольно-спиртовые флюсы, водные растворы хлористого цинка или хлористого аммония [2].

Для пайки серебряными припоями чаще всего используют флюсы на основе соединений бора и фтористых соединений калия. Они хорошо очищают поверхность меди от окисной пленки и способствуют растеканию припоя. Недостатком флюсовой пайки меди является : трудность получения

герметичных соединений. Кроме того остатки флюса являются очагами коррозии. Поэтому пайку меди чаще всего осуществляют в восстановительных или нейтральных газовых средах. Пайка меди в азоте производится при температурах 750 ... 800 °С. Недостатки этого метода – сложность оборудования по очистке азота, а также отсутствие возможности осуществлять пайку при температуре ниже 750 °С. Применяется пайка меди и в среде аргона припоем ЛС59-1 с дополнительным флюсованием мест пайки водным раствором буры [2].

Экономичным видом пайки меди является , пайка в вакууме. При этом такая пайка совершенно безопасна и производится в вакуумных печах или контейнерах, загружаемых в обычные печи. Паяные швы, полученные при использовании нагрева в вакууме, отличаются чистотой исполнения, прочностью металла шва и высокой коррозионной стойкостью. К недостаткам способа пайки в вакууме следует отнести сложность применяемого оборудования.

Низкотемпературную пайку осуществляют стандартными оловянно-свинцовыми припоями ПОССу30-0,5; ПОС40; ПОС30, ПОССу40-0,5, ПОС61 и свинцово-серебряными припоями ПСр1,5; ПСр2,5; ПСр3 с использованием флюсов на основе хлористого цинка или канифольно-спиртовых. Соединения, паянные оловянно-свинцовыми припоями, теплостойки до температур 100 ... 120 °С. При снижении температуры до -196 ... 253 °С предел прочности этих соединений увеличивается в 1,5 - 2,5 раза, достигая 45 ... 75 МПа; при этом пластичность соединений резко снижается [2].

Оловянно-свинцовые припои и паянные ими соединения при низких температурах являются хрупкими. Это объясняется аллотропическим превращением олова и образованием в шве хрупких интерметаллидов, которые при низких температурах являются очагами развития трещин. Для оловянно-свинцовых сплавов, содержащих менее 15 % олова, падения

ударной вязкости не происходит. Это обусловлено тем, что свинец, являясь основной сплава, с понижением температуры увеличивает ударную вязкость, давая во всех случаях вязкий излом. Высокая пластичность свинца делает его нечувствительным к надрезу. Поэтому, несмотря на низкую технологичность свинцовых припоев, вполне закономерны стремления применять для пайки изделий криогенной техники припои на основе свинца с содержанием олова менее 15 %. Например, применение припоя на основе свинца, легированного серебром (припой ПСрЗ), позволяет получать теплостойкие и хладостойкие соединения меди. Введение в этот припой 5 % Sn (ПСр2,5) улучшает его технологические свойства, однако при 20 °С соединения, паянные припоями ПСрЗ и ПСр2,5, имеют низкую прочность; предел прочности при срезе 12 ... 18 МПа. Легирование свинца оловом до 16 % и кадмием до 5 % делает припой ПСр1,5 более технологичным, однако он становится малопластичным даже при температуре 20 С [2].

Для пайки кадмиевыми припоями требуются специальные навыки, так как технологичность их значительно ниже, чем у оловянно-свинцовых. Соединения меди, паянные кадмиевыми припоями ПСр5КЦН, ПСр8КЦН, теплостойки до температуры 350 С, но нехладостойки. Образование хрупких интерметаллидов в шве приводит к низкой прочности ($\sigma = 29$ МПа). Медь растворяется в припоях на основе цинка, поэтому их крайне редко используют для пайки. Цинковые припои, легированные медью и серебром, плохо растекаются по меди, но даже если ввести в эти припои (ПЦА8М, ПЦКдПСрСУ25-5-5) олово или кадмий растекаемость повысится не намного, при этом швы станут хрупкими. Для пайки меди находят также применение припои на основе медно-фосфористой эвтектики с добавлением серебра. Швы, паянные этими припоями, достаточно прочны ($\sigma_{\text{в}} = 250 \dots 300$ МПа), теплостойки до 800 °С, но непластичны. В условиях низких температур прочность соединений меди, паянных этими припоями, увеличивается, но

пластичность резко падает. Для высокотемпературной пайки медных конструкций чаще всего применяют припои ПСр45, ПСр40, ПСр25, ПСр12. Пайку этими припоями осуществляют нагревом ацетилено-кислородным пламенем или в печах с использованием коррозионно-активных флюсов ПВ209, ПВ284Х. После пайки остатки флюса необходимо удалять промывкой в горячей воде. Пайку теплообменной аппаратуры осуществляют с применением припоя ПСр72 или ПСр71 в вакууме или аргоне [2].

При пайке изделий из медных сплавов, конструкция которых позволяет производить пайку под давлением, в качестве припоя можно использовать серебряное покрытие (10...25 мкм) или тонкую серебряную фольгу. При нагреве выше 779 °С медь взаимодействует с серебром с образованием в шве сплава тип припоя ПСр72. Пайка этим методом (контактно-реактивным) осуществляется без применения флюса – в вакууме или инертной среде.

Припои на медной основе тугоплавки и вызывают растворение (эрозию) основного металла, поэтому для пайки меди их применяют реже, чем серебряные.

Диффузионная пайка меди может быть выполнена галлием, индием, оловом, свинцом, припоями ПОССу40-2, ПОС61 путем поджатия деталей в вакууме или аргоне при температурах 650 ... 800 °С и длительных выдержках. Припой наносится путем напыления в вакууме, гальваническим способом или в виде тонкой фольги.

При капиллярной пайке, низкотемпературными припоями, в вакууме или аргоне должен обеспечиваться зазор 0,05 ... 0,5 мм и температура 650 ... 900 °С. При этом соединения меди, паянные индием, галлием, оловом, припоями ПОС61 и ПОС40, хрупкие и малопрочные; предел прочности на срез не превышает 40 ... 70 МПа [2].

При пайке меди свинцом соединения малопрочные, но имеют высокие показатели пластичности. При применении припоя системы Pb-Ag-Sn-Ni

(ПСр7,5) можно обеспечить предел прочности при растяжении 140 МПа с достаточно высокой пластичностью, угол изгиба образца, паянного встык, 130°[2].

1.4 Общие сведения о теплообменниках

Теплообменник это аппарат, в котором осуществляется теплообмен между рабочими средами, имеющими различные температуры. (подогреватели, выпарные аппараты, конденсаторы, пастеризаторы, испарители, деаэраторы, экономайзеры и др.).

Технологическое назначение теплообменников многообразно. Различают два основных вида теплообменников, в которых передача тепла является основным процессом и в которых тепловой процесс играет вспомогательную роль [1].

Классифицируются теплообменники по различным признакам, например по способу передачи тепла (теплообменники смешения, в которых рабочие среды непосредственно соприкасаются или перемешиваются, и поверхностные теплообменники-рекуператоры, в которых тепло передаётся через поверхность нагрева – твёрдую (металлическую) стенку, разделяющую эти среды).

По основному назначению различаются подогреватели, испарители, холодильники, конденсаторы.

В зависимости от вида рабочих сред теплообменники бывают:

- а) жидкостно-жидкостные (теплообмен между двумя жидкими средами) ;
- б) парожидкостные (теплообмен между паром и жидкостью) ;
- в) газожидкостные (теплообмен между газом и жидкостью)

По тепловому режиму различаются:

- а) теплообменники периодического действия (происходит нестационарный тепловой процесс);

б) непрерывного действия с установившимся во времени процессом [1].

Теплообменные аппараты должны обладать высокими показателями прочности и в каких-то случаях иметь малые габаритные размеры. При конструировании нужно учитывать все требования, предъявляющие к теплообменнику: возможность разборки рабочей части аппарата, герметичность системы каналов, высокие значения коэффициентов теплопередачи за счет повышения скорости движения рабочей среды при минимальных гидравлических потерях в аппарате [1].

Изготавливают теплообменники из разных материалов: алюминий, чугун, сталь и т.д. В нашем случае, для изготовления теплообменника, мы используем медь, так как медные теплообменники не подвержены процессам коррозии и имеют высокий коэффициент теплопередачи, при малом весе. Кроме этого они обладают небольшим объемом и компактностью. Медный теплообменник, несмотря на свои скромные размеры способен отдавать большое количество тепла. На единицу его массы приходится больший показатель теплоотдачи, нежели у стальных или чугунных теплообменников.

1.5 Задачи бакалаврской работы

Предлагаемая конструкция теплообменника является более простой, нежели конструкции уже существующих. Конструкция включает множество паяных соединений, но пайка меди не вызывает особых трудностей. Основной задачей бакалаврской работы является разработка технологического процесса пайки медного теплообменника. Однако при ее решении возникают дополнительные задачи, связанные с изменением конструкции изделия, обеспечением безопасности и экологичности, а также оценкой эффективности бакалаврской работы.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

2.1 Основные операции технологического процесса

Технологический процесс Основными операциями при технологическом процессе пайки являются: подготовка поверхностей под пайку; сборка деталей; включающая укладку припоя и в ряде случаев нанесение флюса; пайка; обработка деталей после пайки, контроль качества [4]. Очевидно, что особые сложности возникнут на этапе сборки. Так как при сборке нужно собрать большое количество тонких пластин, которые должны располагаться четко на определенном расстоянии друг от друга, для этого потребуется приспособление. В приспособлении изделие нужно прихватить, что тоже вызывает особые затруднения. Следовательно, если мы не предусматриваем прихватку из-за большой трудоемкости, то в этом же приспособлении должен идти нагрев. Это является не очень практичным вариантом. При пайке приспособление нагревается, в результате чего мы получаем увеличенные затраты энергии и деформацию приспособления. Если приспособление деформируется, то оно не будет выдерживать заданный шаг между пластинами.

2.2 Предлагаемое изменение конструкции

С целью упрощения операции сборки и последующей пайки предлагается изменение конструкции изделия, а именно наличие на каждой пластине отбортовок вокруг отверстий. Величина отбортовок должна соответствовать расстоянию между пластинами согласно требованиям чертежа (2,5 мм). Отбортовки могут быть получены при пробивании отверстий. Измененный вид конструкции представлен на рисунке 2.

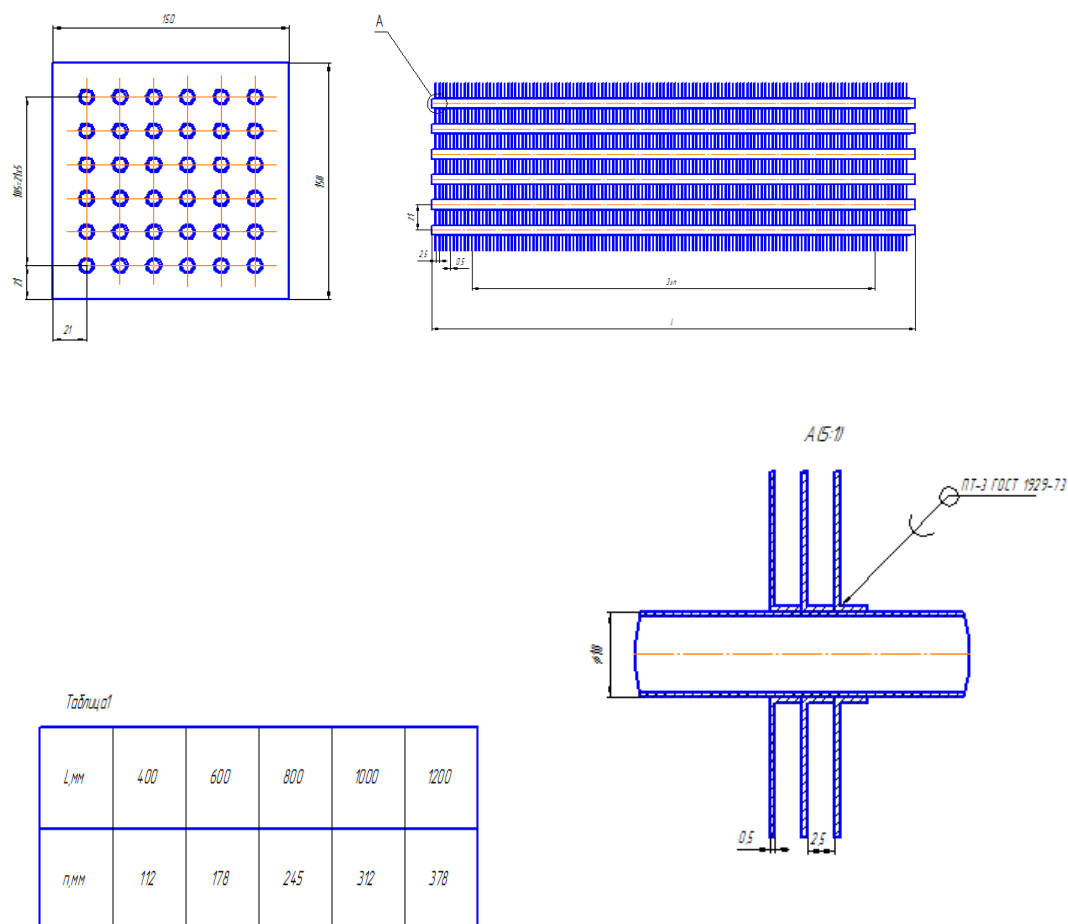


Рисунок 2 – Предлагаемая конструкция изделия

2.3 Обоснование содержания основных операций технологического процесса

Основной операцией технологического процесса является собственно пайка, остальные операции от нее зависящие. Для осуществления процесса пайки нам нужно выбрать припой и флюс. Припой можно наносить на этапе подготовки поверхности или на этапе сборки. Соответственно появляется два варианта технологического процесса. Припой будем выбирать из оловянно-свинцовых припоев. Марки припоев и область их применения представлены в таблице 3. Они обладают высокими технологическими свойствами, пластичны и при выполнении пайки не требуют дорогостоящего оборудования. Олово и свинец по отдельности

сравнительно редко применяют в качестве припоев. Олово обладает высокой коррозионной стойкостью, но паять им не всегда целесообразно, так как оно, имеет низкий предел ползучести. При низких температурах чистое олово может претерпевать аллотропическое превращение, переходя в серый порошок. Чаще всего используются оловянно-свинцовые припои, содержащие 30...60% Sn (ГОСТ 21930–76, ГОСТ 21931–76 и ряд ТУ) [2].

Оловянно-свинцовые припои применяют при низкотемпературной пайке сталей, никеля, меди и ее сплавов. В зависимости от содержания в припоях олова изменяются свойства и температура плавления (Рисунок 3). Минимальная температура плавления (183,3 °C) достигается при содержании 61,9% Sn. Сплав при этом имеет эвтектическую структуру, весьма пластичен, обладает высокими технологическими свойствами[2].

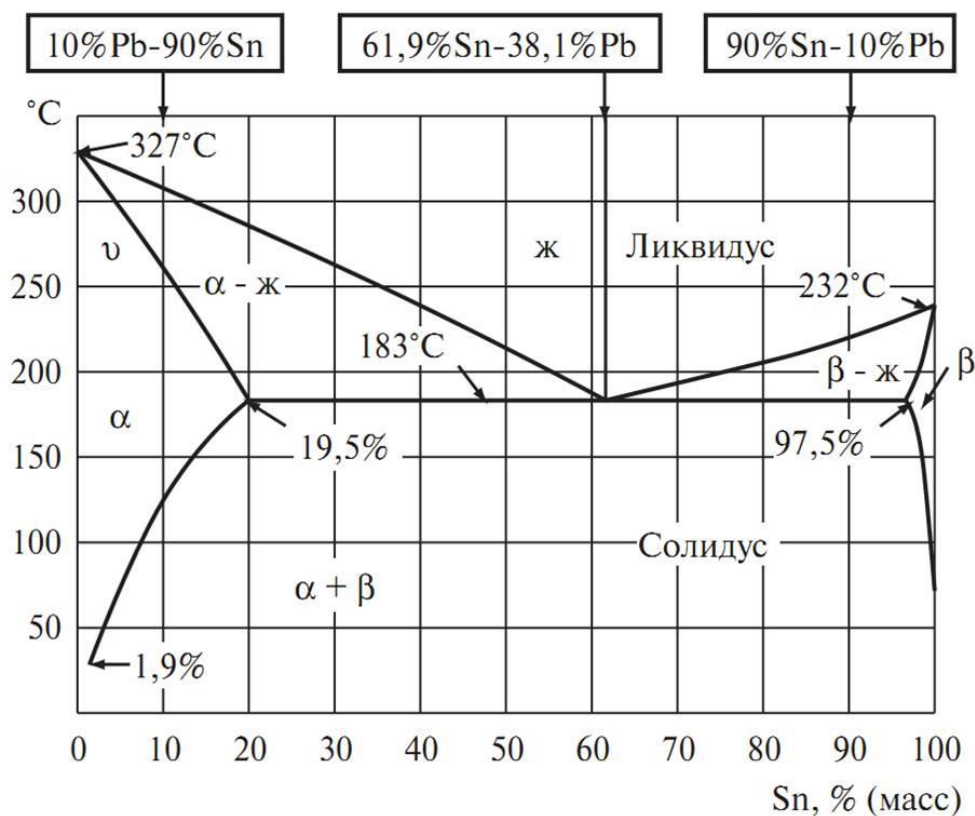


Рисунок 3– Диаграмма состояния сплавов системы олово-свинец

Таблица 3-марки припоев и область их применения

Марка припоя	Температура	Область применения
ПОС 90	222 °С	Пайка деталей и узлов, подвергающихся в дальнейшем гальванической обработке (серебрение, золочение)
ПОС 61	183°С	Лужение и пайка тонких спиральных пружин в измерительных приборах и других ответственных деталей из стали, меди, латуни, бронзы, когда не допустим или нежелателен высокий нагрев в зоне пайки. Пайка тонких (диаметром 0,05 - 0,08 мм) обмоточных проводов, , выводов обмоток, радиоэлементов и микросхем, пайка в тех случаях, когда требуется повышенная механическая прочность и электропроводность.
ПОС 50	222 °С	То же, но когда допускается более высокий нагрев, чем при ПОС 61

Продолжение таблицы 2.3

ПОС 40	235 °С	Лужение и пайка токопроводящих деталей неответственного назначения, наконечников, соединение проводов с лепестками, когда допускается более высокий нагрев, чем при ПОС 50 или ПОС 61.
ПОС 30	256 °С	Лужение и пайка механических деталей неответственного назначения из меди и её сплавов, стали и железа.
ПОС 18	277 °С	Лужение и пайка при пониженных требованиях к прочности шва, деталей неответственного назначения из меди и её сплавов, оцинкованного железа.
ПОССу 4 - 6	265 °С	Лужение и пайка деталей из меди и железа погружением в ванну с расплавленным припоем.

Продолжение таблицы 2.3

ПОСК 50	145 °С	Пайка деталей из меди и её сплавов, не допускающих местного перегрева. Пайка полупроводниковых приборов.
ПОСВ 33	130 °С	Пайка плавких предохранителей
ПОСК 47 - 17	180 °С	Пайка проводов и выводов элементов к слою серебра, нанесённого на керамику методом вжигания.

Выбираем припой ПОС 61, который имеет минимальную температуру плавления, высокие технологические свойства, позволяет получить соединение высокой прочности. При пайке легко паяемых материалов, к таким относится медь, достаточно использовать самые простые, не коррозионноактивные флюсы. Необходимо, чтобы до плавления припоя флюс был уже в жидком состоянии. Поэтому в качестве флюса используется канифоль. Плавится канифоль при температуре 170°С. Существует два основных вида пайки: низкотемпературная и высокотемпературная (ГОСТ 17349-71). Первой причиной, по которой была выбрана низкотемпературная пайка, является то, что изготавливаемому изделию не требуется высокая прочность, которую обеспечивает высокотемпературная пайка. Второй причиной является то, что при высоких температурах медь теряет твердость и по этой причине, предпочтение отдается низкотемпературной, а не высокотемпературной пайке. (нагрев места соединения или общий нагрев собранных деталей).

Первый вариант технологического процесса (нанесение припоя и флюса в виде дозированных колец).

Подготовка поверхности под пайку. От того, насколько хорошо будет подготовлена поверхность под пайку, зависит качество и стабильность свойств паяного соединения. Для устранения оксидной пленки, жировых пятен, эмульсий и других загрязнений используют химические, механические либо электрохимические методы подготовки поверхности под пайку. При механическом методе обработки происходит локальное внедрение частиц, например абразива, песка и т.д. в поверхностные слои обрабатываемого металла. Наличие их на поверхности резко снижает качество паяного соединения. Поэтому удалять загрязнения этим путем нецелесообразно. Так как поверхность меди легко очищается от любых загрязнений и оксидная пленка на поверхности не стойкая, то можно воспользоваться химическим способом (обезжиривание с помощью моющего средства МЛ-51). Препарат моющий синтетический МЛ-51 представляет собой смесь неорганических солей, поверхностно-активных веществ и модифицирующих добавок. Это средство отличается пониженным пенообразованием и высокой моющей способностью. Имеет ряд преимуществ по сравнению с другими моющими средствами. Хорошая растворимость в воде; высокая эффективность очистки в жесткой воде; высокая коррозионная защита в межоперационный период; не оказывает отрицательного воздействия при обработке поверхности цветных металлов, таких как алюминий, медь, латунь, бронза и их сплавы; отсутствие пожаробезопасности; экономичность при использовании. Концентрация МЛ-51 должна составлять 70 г/л; время обработки 10 мин; при температуре 70 С [5]. После обезжиривания необходимо провести промывку в проточной воде в течение 6 минут. Расход воды 2л/м.

Сборка. При сборке нужно собрать изделие, нанести припой и нанести флюс. Начинаем с того, что на трубки надеваем пластины до упора, затем наносим трубчатый припой с флюсом в виде колец под каждую пластину в место пайки. Припой ПОС 61. Температура плавления данного припоя составляет 183°C. Были выбраны трубчатые припои с флюсом на основании того, что они имеют достаточно большое количество преимуществ перед обычными припоями. Основными преимуществами трубчатых припоев являются: возможность нанесения припоя и флюса на место пайки за один прием; улучшение качества пайки; облегчение пайки в труднодоступных местах; существенное уменьшение потерь припоя и флюса, которые при работе кусковым или проволочным припоем и отдельно флюсом весьма значительны (около 20% припоя и 50% флюса); обеспечение подачи к месту пайки надлежащего количества флюса, дозировка которого определяется конструкцией и типом припоя; возможность плавления припоя в момент, когда флюс уже подогрет и находится в более активном состоянии; исключение возможности случайного загрязнения флюса. Расход флюса будет составлять 1,2 г на 1 метр шва. Расход припоя 0,003г на 1 см² шва. После нанесения припоя с флюсом изделие фиксируем в приспособлении.

Пайка. Для пайки выбрана камерная электропечь с выкатным подом: СНО 500/12-ВП. Температура пайки приблизительно рассчитывается как температура плавления припоя +20...30°C. Температура плавления припоя ПОС61 183°C, следовательно, температура пайки будет составлять 210 °C. Время выдержки при пайке может варьироваться от 4 до 10 мин. Экспериментально и температуру, и время пайки возможно уточнить.

Контроль качества. Основные требования к изделию – изделие должно обеспечивать хороший теплоотвод, иметь внешний вид без наплывов и загрязнений. Внешний вид изделия будем контролировать визуальным осмотром при помощи лупы с увеличением в ×5 раз, при

освещении не менее 500 лк. При визуальном осмотре будем контролировать паяные соединения. Для соединений не требуется герметичности, так как ее обеспечивают герметичные трубки, но требуется, что бы изделие обеспечивало хороший теплоотвод. Допускается непропай до 10% периметра соединения отдельной трубки с пластиной. Впоследствии (после общей сборки изделия) предусматриваются испытания работоспособности на испытательном стенде с контролем температуры выходящей жидкости при работе.

Технологический процесс для второго варианта изготовления теплообменника (нанесение припоя на всю поверхность пластин).

Подготовка поверхности под пайку. Химический метод . Обезжирить при помощи моющего средства МЛ-51. Концентрация МЛ-51 должна составлять 70 г/л; время обработки 10 мин; при температуре 70 °С. После обезжиривания проводим промывку в проточной воде в течение 6 минут. Расход воды 2л/м.

После обезжиривания нужно нанести покрытие. В первом варианте нанесение покрытия входит в операцию сборки, но во втором варианте технологического процесса нанесение припоя и флюса предусматривается в операции подготовка поверхности. Флюс и припой ПОС61 оставляем из первого варианта. Отличием будет только в том, что в этом варианте припой будет наноситься на всю поверхность деталей. Для нанесения покрытия пластины опустить сначала в ванну с флюсом, после погрузить в расплав припоя. Сверху жидкого припоя находится небольшой слой флюса. Он нужен для того, чтобы не окислялся припой и для того чтобы подготовилась поверхность под пайку, разрушилась оксидная пленка. После нанесения припоя снова опускаем во флюс для удаления излишков припоя.

Сборка. Собираем конструкцию. Для этого на трубку надеваем пластины. Пластины каждый раз должны доходить до упора и упираться выступами друг в друга. Между ними не должно оставаться никаких зазоров.

Низкотемпературная пайка. После сборки изделие загружается в печь. Режимы и печь оставляем из первого варианта. Электропечь с выкатным подом: СНО 500/12-ВП. Температура пайки приблизительно рассчитывается как температура плавления припоя $+20...30^{\circ}\text{C}$. Температура плавления припоя ПОС61 183°C , следовательно, температура пайки будет составлять 210°C . Время выдержки при пайке может варьироваться от 4 до 10 мин. Температура и время пайки впоследствии необходимо уточнить экспериментально.

Контроль качества. Основные требования к изделию остаются такими же, как и в первом варианте, а именно – изделие должно обеспечивать хороший теплоотвод, иметь внешний вид без наплывов и загрязнений. Внешний вид изделия будем контролировать визуальным осмотром при помощи лупы с увеличением в $\times 5$ раз, при освещении $> 500\text{лк}$. При визуальном осмотре будем контролировать паяные соединения. Допускается непропай до 10% периметра соединения отдельной трубки с пластиной. Для соединений не требуется герметичности, так как ее обеспечивают герметичные трубки, но требуется, чтобы изделие обеспечивало хороший теплоотвод. Для этого нужно провести испытания работоспособности после общей сборки изделия на испытательном стенде и проконтролировать отвод тепла при работе. Разработанные технологические процессы приведены ниже в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Технологический процесс пайки медного испарителя кондиционера (1)

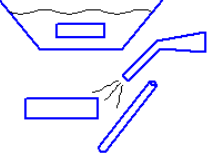
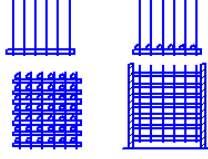
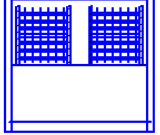
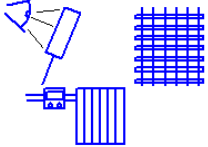
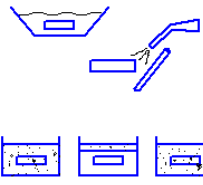
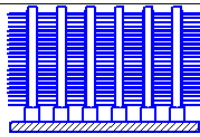
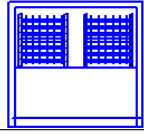
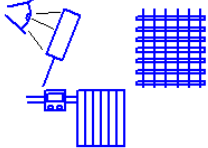
№ п/п	Операция	Содержание перехода и режимы обработки	Эскиз операции	Оборудование, приспособления, инструменты	Вспомогательные материалы
1	Подготовка поверхности под пайку	1.1 Очистить с помощью моющего средства при температуре 70°C в течение 10 мин. 1.2 Промыть в проточной воде 6 мин.		Ванна для обезжиривания	МЛ-51, концентрация 70 г/л H_2O $\rho_{\text{пл}}=2 \text{ г/мл}$
2	Сборка	2.1 Установить пластину 2.2 Нанести флюс 2.3 Нанести припой 2.4 Повторить пункты 2.1, 2.2, 2.3 для каждой пластины 2.5 Зафиксировать изделие в приспособлении		Фиксирующее приспособление для сборки	Трубчатый припой ПОС-61 с флюсом
3	Пайка	3.1 Загрузить изделие в приспособлении в печь при температуре 210°C, время пайки от 4 до 10 мин 3.2 Выгрузить		Приспособление для пайки Печь СНО 500/12-ВП	Перчатки
4	Контроль качества	4.1 Провести визуальный осмотр при освещении более 500лк 4.2 Провести испытание работоспособности после общей сборки изделия на испытательном стенде		Лупа X5	Перчатки

Таблица 5–Технологический процесс пайки медного испарителя кондиционера (2)

№ п/п	Операция	Содержание перехода	Эскиз операции	Материалы, оборудование, инструменты	Вспомогательные материалы
1	Подготовка поверхности под пайку	1.1 Очистить поверхность моющим средством при температуре 70 °С в течение 10 мин 1.2 Промыть в проточной воде 5 мин 1.3 Флюсовать пластины погружением в канифоль-этиловый спирт 1.4 Облудить пластины погружением в расплав припоя t=210 °С в течение 1 минуты 1.5 Погрузить в раствор флюса для удаления излишков припоя		Ванна для обезжиривания; МЛ-51, концентрация 70 г/л; Q _{кп} =1л/м канифоль-этиловый спирт; Припой ПОС-61; Припой и флюс	Перчатки; защитные очки
2	Сборка	2 Собрать изделие в приспособление для сборки		Приспособление для сборки	Перчатки
3	Пайка	3.1 Загрузить изделие в приспособлении в печь при температуре 210 °С, время пайки от 4 до 10 мин 3.2 Выгрузить		Приспособление для пайки Печь СНО 500/12-ВП	Перчатки
4	Контроль качества	4.1 Провести визуальный осмотр 4.2 Провести испытание работоспособности после общей сборки изделия на испытательном стенде		Лупа X5	Перчатки

Проанализировав оба варианта технологических процесса можно сделать вывод о том, что и первый процесс и второй имеют достоинства и недостатки. В первом варианте технологическом процессе к недостаткам можно отнести увеличенную трудоемкость в процессе укладки припоя. К преимуществам можно отнести более простое нанесение припоя и флюса (флюс отдельно не требуется). Во втором варианте технологического процесса недостатками являются вредные условия труда и разделение на две отдельных операции нанесение припоя и флюсование, к достоинствам можно отнести реализацию механизирования в дальнейшем.

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

3.1 Технологическая характеристика объекта

Технологический процесс пайки медного испарителя кондиционера предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) Подготовка поверхности под пайку;
- 2) Сборка;
- 3) Пайка
- 4) Контроль качества;

Эти операции осуществляются на участке, который содержит следующее технологическое оборудование:

- 1) Печь
- 2) Ванна с расплавленным припоем

Технологический процесс пайки медного испарителя кондиционера связан с опасностями, вызванными различными причинами, которые могут привести человека к временной или полной нетрудоспособности, в зависимости от стечения обстоятельств или интенсивности воздействия.

Таблица 3.1–Технологический паспорт объекта

Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.Подготовка поверхности	сборщик	Ванна для моющего средства	Синтетическое моющее средство МЛ 51, вода техническая
2. Сборка	Сборщик	Приспособления для сборки	перчатки
3.Пайка	Паяльщик	электродпечь с выкатным подом СНО 500/12-ВП	Флюс КЭ; Припой ПОС 61
4. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа 5 крат	перчатки

3.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка поверхности	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - Попадание в глаза или на поверхность кожи моющего средства	Синтетическое моющее средство МЛ 51, вода техническая
2. Сборка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; подвижные части производственного оборудования	Приспособление для сборки
3. Пайка	- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	электропечь с выкатным подом СНО 500/12-ВП
4. Контроль качества	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Лупа 5 крат

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 –Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	-
5. Попадание в глаза или на поверхность кожи моющего средства	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки; очки защитные

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4–Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываю тся)	Установка водяного тушения	Системы передачи извещений о пожаре	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок пайки	электропечь с выкатным подом СНО 500/12-ВП	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимическое воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	видов	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
--	---	-------	--

Продолжение таблицы 3.6

Пайка медного испарителя кондиционера	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.
---------------------------------------	---	---

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Пайка медного испарителя кондиционера	Подготовка, сборка, пайка	газообразные частицы;	Синтетическое моющее средство	упаковка от моющего средства; металлолом;; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Пайка
-----------------------------------	-------

Продолжение таблицы 3.8

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	установка различных контейнеров, для бытового мусора и для производственных отходов, отдельный контейнер для металлолома, соответствующие надписи на них, инструктаж среди производственного персонала, как правильно складывать в контейнера мусор, отходы.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Уменьшение сбрасывания сточных вод, за счет организации малоотходных и безотходных технологий; внедрить системы замкнутого оборотного водоснабжения; осуществлять принудительную очистку сточных производственных вод; предусматривать ограждения с отводом поверхностных вод по системе лотков в отстойники, с последующей их очисткой; упорядоченное складирование стройматериалов, контроль за расходом вод для различных нужд промышленно-строительного процесса.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Устанавливать очистное оборудование для улавливания загрязняющих веществ; Сооружать высокие и. сверхвысокие дымовые трубы; Осуществляют посадку зеленых насаждений; Создают санитарно-защитные зоны вокруг промышленных предприятий (шириной от 50 м до 1 км в зависимости от токсичности выбросов)

3.5 Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела были выявлены опасные и вредные производственные факторы при пайке медного испарителя кондиционера.

Сделан анализ возможности их устранения и уменьшения, который показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность работника при реализации предложенных технологических решений.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется. Имеет место угроза для экологической безопасности. Поэтому необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1 Сравнение двух вариантов

Таблица 4.1– Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Проектный вариант1	Проектный вариант2
В первом проектном варианте достоинством является более простое нанесение флюса и припоя. Недостаток: увеличенная трудоемкость в процессе укладки колец с припоем и флюсом.	Во втором проектном варианте недостатками являются вредные условия труда и разделение на две отдельных операции нанесение припоя и флюсование,. достоинством является реализация в дальнейшем, механизации.

Таблица 4.2–Исходные данные по проекту

№	Наименование показателей	Проектный вариант1	Проектный вариант2
1.	Норма расхода основного металла на изделие, кг	4	4
2.	Цена основного металла, руб./кг	280	280
2.	Цена припоя, руб./кг	1200	1200
3.	Цена флюса,руб/л	450	450
4	Цена оборудования	32000	32000

4.2 Расчет нормы штучного времени на выполняемые технологические операции

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{П-З}} + t_{\text{О}} + t_{\text{В}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{ОБСЛ.}} + t_{\text{Н.П.}} \quad (1)$$

(рассчитывается по двум сравниваемым вариантам)

где $t_{\text{П-З}}$ – подготовительно – заключительное время, учитывается только в мелкосерийном и единичном производствах $t_{\text{П-З}} = 0,05 \%$ от $t_{\text{О}}$, в остальных типах производства величиной $t_{\text{П-З}}$ пренебрегают;

$t_{\text{О}} = t_{\text{М}}$ – основное (машинное) время. Для процесса сварки это время работы сварочного оборудования, то есть время горения дуги.

$t_{\text{В}}$ – вспомогательное время $t_{\text{В}} = 5\text{--}25 \%$ от $t_{\text{О}}$, в зависимости от особенностей технологического процесса;

$t_{\text{ОТЛ.}}$ – время на отдых и личные надобности $t_{\text{ОТЛ.}} = 5 \%$ от $t_{\text{О}}$;

$t_{\text{ОБСЛ.}}$ – время обслуживания рабочего места $t_{\text{ОБСЛ.}} = 8 \%$ от $t_{\text{О}}$;

$t_{\text{Н.П.}}$ – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, определяется по картам технологического процесса.

Таблица 4.3–Трудоемкость технологического процесса (вариант 1)

Операции	$t_{п-з}$	t_o	t_B	$t_{отл.}$	$t_{обсл.}$	$t_{шт}$
Подготовка поверхности	0,08	16	1,6	0,8	0,64	19,12
Сборка	0,005	10	1	0,5	0,8	12,30
Пайка	0,005	10	1	0,5	0,8	12,30
Контроль качества	0,0025	5	0,5	0,25	0,4	6,15
Итого:						49,87

Таблица 4.4 – Трудоемкость технологического процесса (вариант 2)

Операции	$t_{п-з}$	t_o	t_B	$t_{отл.}$	$t_{обсл.}$	$t_{шт}$
Подготовка поверхности	0,03	60	6	3	4,8	73,83
Сборка	0,003	6	0,6	0,3	0,48	7,38
Пайка	0,005	10	1	0,5	0,8	12,30

Продолжение таблицы 4.4

Контроль качества	0,0025	5	0,5	0,25	0,4	6,15
Итого:						99,66

4.3 Определение типа производства

Таблица 4.5 – Типы производства

Масса сварного изделия (кг)	Годовой выпуск продукции Nг по типам производства			
	Единичное и мелкосерийное	Серийное (среднесерийное)	Крупносерийное	Массовое

Продолжение таблицы 4.5

	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук
до 25	до 0,125	до 5	0,125 – 5	5 – 200	5 – 10	200– 800	Св.10	Св. 800
25 – 100	0,2	2 – 8	0,2 – 10	8 – 100	10 – 20	100– 400	Св.20	Св.40 0
100 – 500	0,25	0,5 – 25	0,25 – 15	25 – 150	15 – 35	150– 350	Св.35	Св.35 0
500 – 1000	0,3	0,3 – 2,6	0,3 – 5	2,6 – 10	5,0 – 50	10– 100	Св.50	Св.10 0
1000 – 5000	1,0	0,2 – 1,0	1,0 – 10	1,0 – 17	10 – 70	17–70	Св.70	Св. 70
5000 – 25000	2,5	0,1 – 0,5	2,5 – 15	0,5 – 10	15 – 100	10–25	Св.10 0	Св.25
25000 – 100000	5,0	0,05 – 0,2	5,0 – 100	0,2 – 4	100 – 250	4,0– 10	Св. 250	Св.10
50000 – 100000	1,0	до 0,01	1,0	Св. 0,01	–	–	–	–

4.4 Расчет капитальных вложений в оборудование

Прямые капитальные вложения рассчитываем для двух сравниваемых вариантов (проектный1 и проектный2) по формуле:

$$K_{пр1} = n_{об1} \cdot Ц_{об} \cdot k_3 = 0,6 * 32000 * 0,6 = 11520 \text{ руб.} \quad (2)$$

$$K_{пр2} = n_{об2} \cdot Ц_{об} \cdot k_3 = 1,22 * 32000 * 0,6 = 23424 \text{ руб.} \quad (3)$$

где $n_{об}$ - количество единиц оборудования, шт.;

$Ц_{об}$ - цена единицы оборудования, руб.

k_3 - коэффициент загрузки оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования рассчитывается по формуле:

$$k_{з1} = \frac{n_{об.расч1}}{n_{об.прин1}} = \frac{0,6}{1} = 0,6 \quad (4)$$

$$k_{з2} = \frac{n_{об.расч2}}{n_{об.прин2}} = \frac{1,22}{2} = 0,6 \quad (5)$$

где $n_{об.расч}$ - расчетное количество единиц оборудования;

$n_{об.прин}$ - принятое количество единиц оборудования.

$$n_{об.расч1} = \frac{N_{г} \cdot t_{шт1}}{\Phi_{эф} \cdot 60} = \frac{3000 * 49,87}{4060 * 60} = 0,6 \quad (7)$$

$$n_{\text{об.расч}}^2 = \frac{N_{\Gamma} \cdot t_{\text{шт2}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} = \frac{3000 \cdot 99,66}{4060 \cdot 60} = 1,22 \quad (8)$$

где N_{Γ} – годовая производственная программа выпуска изделий, шт. (берется по данным предприятия или задается руководителем бакалаврской работы).

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{эф.}} = (D_{\text{раб.}} \cdot T_{\text{см.}} - D_{\text{пред.}} \cdot T_{\text{сокр.}}) \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п.}}) = (277 \cdot 8 - 8 \cdot 7) \cdot 2 \cdot (1 - 0,06) = 4060 \quad (9)$$

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

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

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

$T_{\text{сокр.}}$ – сокращенная рабочая смена ($T_{\text{см.}} - 1$), час;

S – количество рабочих смен;

$k_{\text{р.п.}}$ – коэффициент потерь времени работы оборудования на ремонт и переналадку, принимаем $= 0,06$.

Округляя $n_{\text{об.расч}}$ до ближайшего бóльшего целого числа, получаем

$n_{\text{об.прин}}$, т.е. целое число единиц оборудования.

4.5 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов

Затраты на материалы.

Затраты на материалы (ЗМ), необходимые для изготовления сварной конструкции рассчитываются по формуле:

$$ЗМ = ЗМ_{осн.} + ЗМ_{техн.} + ЗМ_{всп.} \quad (10)$$

где $ЗМ_{осн.}$ - затраты на основной материал, руб.;

$ЗМ_{техн.}$ -затраты на технологические материалы, руб.;

$ЗМ_{всп.}$ - затраты на вспомогательные материалы, руб.

Расчет ведем только по применяющимся статьям

$$ЗМ_{св.} = З_{прип.} + З_{всп.} = 16,8 + 8 = 24,8 \text{ руб} \quad (11)$$

$З_{прип.}$ - затраты на припой для пайки, руб.;

$З_{всп.}$ - затраты на флюс, газ, покрытие, материалы для обезжиривания, руб.

При пайке норма расхода припоя на одну деталь рассчитывается по формуле:

$$Н_{п.д.} = Q_{п.д.} \cdot \frac{100 + \alpha}{100} = 0,014 \cdot \frac{100 + 1}{100} = 0,01414 \text{ г.} \quad (12)$$

где $Q_{п.д.}$ - масса припоя, наносимого на одну деталь при сборке под пайку, г,

α - % угара и безвозвратных потерь припоя при пайке

$$Q_{п.д.} = a \cdot b \cdot \rho \cdot \varphi \cdot L_{п.ш} = 0,01 \cdot 0,5 \cdot 0,085 \cdot 31,4 = 0,014 \quad (13)$$

где a – величина сборочного зазора;

b – ширина шва; ρ – плотность припоя;

$L_{п.ш}$ – длина паяного шва;

φ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода припооя на наплывы, принимаем = 1,1...1,4 (без учета галтелей).

Затраты на технологическую электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитывают исходя из полезной мощности оборудования:

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\eta \cdot 60} \cdot Ц_{э-э} = \frac{5 \cdot 10}{0,7 \cdot 60} \cdot 3 = 4,1 \text{ руб.} \quad (14)$$

где $P_{об}$ - полезная мощность оборудования кВт;

η - коэффициент полезного действия оборудования (см. характеристики выбранного оборудования);

$Ц_{э-э}$ - цена 1 кВт·часа электроэнергии.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$З_{об1} = A_{об1} + P_{т.р1} = 71,4 + 0,011 = 71,411 \text{ руб.} \quad (15)$$

$$З_{об2} = A_{об2} + P_{т.р2} = 142,8 + 0,011 = 142,811 \text{ руб.} \quad (16)$$

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

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

а) амортизационные отчисления на оборудование:

$$A_{об1} = \frac{\Sigma Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{шт1}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot k_{в.н}} = \frac{32000 \cdot 20 \cdot 49,87}{4060 \cdot 100 \cdot 1,1} = 71,4 \text{ руб.} \quad (17)$$

$$A_{об2} = \frac{\Sigma \Pi_{об} \cdot N_a \cdot t_{шт2}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot k_{в.н}} = \frac{32000 \cdot 20 \cdot 99,66}{4060 \cdot 100 \cdot 1,1} = 142,8 \text{ руб.} \quad (18)$$

где $\Pi_{об}$ - цена единицы технологического оборудования, руб.;

N_a - норма амортизационных отчислений на технологическое оборудование

$k_{в.н}$ - коэффициент выполнения норм = 1,1.

б) затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р1} = \frac{\Sigma \Pi_{об} \cdot N_{т.р} \cdot k_{з1}}{\Phi_{эф} \cdot 100} = \frac{32000 \cdot 0,24 \cdot 0,6}{4060 \cdot 100} = 0,011 \text{ руб.} \quad (19)$$

$$P_{т.р2} = \frac{\Sigma \Pi_{об} \cdot N_{т.р} \cdot k_{з2}}{\Phi_{эф} \cdot 100} = \frac{32000 \cdot 0,24 \cdot 0,6}{4060 \cdot 100} = 0,011 \text{ руб.} \quad (20)$$

где $\Pi_{об}$ - цена единицы технологического оборудования, руб.;

$N_{т.р.}$ - норма отчислений на текущий ремонт оборудования, принимаем = 24%;

k_z - коэффициент загрузки оборудования.

4.6 Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$\begin{aligned} Z_{плоч1} &= \frac{S_{плоч} \cdot \Pi_{плоч} \cdot N_{аплоч} \cdot k_{д.пл} \cdot k_z}{100 \cdot N_r} = \\ &= \frac{3045 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 4,5 \cdot 0,6}{100 \cdot 3000} = 246,64 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned}
Z_{\text{пл.пл.2}} &= \frac{S_{\text{пл.пл.}} \cdot C_{\text{пл.пл.}} \cdot N_{\text{а пл.пл.}} \cdot k_{\text{д.пл.}} \cdot k_3}{100 \cdot N_{\Gamma}} = \\
&= \frac{3045 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 4,5 \cdot 0,6}{100 \cdot 3000} = 246,64 \text{ руб.}
\end{aligned}
\tag{22}$$

где $S_{\text{пл.пл.}}$ - производственная площадь, занимаемая оборудованием, м²;

$C_{\text{пл.пл.}}$ - цена 1 м² занимаемой производственной площади,;

$N_{\text{а пл.пл.}}$ - норма амортизационных отчислений на производственные площади

$k_{\text{доп.пл.}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь

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

Фонд заработной платы основных производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗП}_{\text{осн1}} + \text{ЗП}_{\text{доп1}} = 312,45 + 37,49 = 349,94 \text{ руб.}
\tag{23}$$

$$\text{ФЗП} = \text{ЗП}_{\text{осн2}} + \text{ЗП}_{\text{доп2}} = 624,53 + 74,94 = 699,47 \text{ руб.}
\tag{24}$$

а) основная заработная плата определяется по формуле:

$$\text{ЗП}_{\text{осн1}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зпл}} = 200 \cdot \frac{49,87}{60} \cdot 1,88 = 312,45 \text{ руб.}
\tag{25}$$

$$\text{ЗП}_{\text{осн2}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зпл}} = 200 \cdot \frac{99,66}{60} \cdot 1,88 = 624,53 \text{ руб.}
\tag{26}$$

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

$t_{\text{шт}}$ - время изготовления одного изделия, (час);

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

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{в.н} \cdot k_y \cdot k_{пф} \cdot k_n = 1,88 \quad (27)$$

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

$k_{в.н} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_n = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

б) дополнительная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

$$ЗП_{доп1} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗП_{осн1} = \frac{12}{100} 312,45 = 37,49 \text{ руб.} \quad (28)$$

$$ЗП_{доп2} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗП_{осн2} = \frac{12}{100} 624,53 = 74,94 \text{ руб.} \quad (29)$$

где k_d – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой, %

в) отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{с.н1} = \frac{H_{соц} \cdot \Phi ЗП_1}{100} = \frac{0,366 \cdot 349,94}{100} = 1,28 \text{ руб.} \quad (30)$$

$$O_{с.н2} = \frac{H_{соц} \cdot \Phi ЗП_2}{100} = \frac{0,366 \cdot 699,47}{100} = 2,56 \text{ руб.} \quad (31)$$

где $H_{соц}$ – норма отчислений на социальные нужды = 36,6%.

4.7 Технологическая себестоимость изготовления изделия

Рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{тех1}} = 3M1 + 3_{\text{э-э1}} + 3_{\text{об1}} + 3_{\text{плоч1}} + \Phi 3\Pi + O_{\text{с.н1}} = 24,8 + 4,1 + 7,211 + 246,64 + 349,94 + 1,28 = 633,97 \text{ руб.} \quad (32)$$

$$C_{\text{тех2}} = 3M2 + 3_{\text{э-э2}} + 3_{\text{об2}} + 3_{\text{плоч2}} + \Phi 3\Pi + O_{\text{с.н2}} = 24,8 + 4,1 + 142,811 + 246,64 + 699,47 + 2,56 = 1120,38 \text{ руб.} \quad (33)$$

Цеховая себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{цех1}} = C_{\text{тех1}} + P_{\text{цех1}} = 633,97 + 781,125 = 1415,09 \text{ руб.} \quad (34)$$

$$C_{\text{цех2}} = C_{\text{тех2}} + P_{\text{цех2}} = 1120,38 + 1561,32 = 2681,7 \text{ руб.} \quad (35)$$

где $P_{\text{цех}}$ - общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.

Цеховые (общепроизводственные) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению цехом и его обслуживанию.

$$P_{\text{цех1}} = k_{\text{цех}} \cdot 3\Pi\Pi_{\text{осн1}} = 2,5 \cdot 312,45 = 781,125 \text{ руб.} \quad (36)$$

$$P_{\text{цех2}} = k_{\text{цех}} \cdot 3\Pi\Pi_{\text{осн2}} = 2,5 \cdot 624,53 = 1561,32 \text{ руб.} \quad (37)$$

где $k_{\text{цех}}$ - коэффициент общепроизводственных расходов, принимаем = 2,5.

Производственная (общезаводская) себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{произв1}} = C_{\text{цех1}} + P_{\text{произв1}} = 1415,09 + 562,41 = 1977,5 \text{ руб.} \quad (38)$$

$$C_{\text{произв2}} = C_{\text{цех2}} + P_{\text{произв2}} = 2681,7 + 1124,15 = 3805,85 \text{ руб.} \quad (40)$$

где $P_{\text{произв}}$ - общехозяйственные (общезаводские) расходы, руб.

Общехозяйственные (общезаводские) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению производством продукции на предприятии и обслуживанию предприятия.

$$P_{\text{произв2}} = k_{\text{произв}} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн1}} = 1,8 \cdot 312,45 = 562,41 \text{ руб.} \quad (41)$$

$$P_{\text{произв2}} = k_{\text{произв}} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн2}} = 1,8 \cdot 624,53 = 1124,15 \text{ руб.} \quad (42)$$

где $k_{\text{произв}}$ - коэффициент общехозяйственных расходов, принимаем = 1,8.

Полная себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{полн1}} = C_{\text{произв1}} + P_{\text{вн1}} = 1977,5 + 98,87 = 2076,37 \text{ руб.} \quad (43)$$

$$C_{\text{полн2}} = C_{\text{произв2}} + P_{\text{вн2}} = 3805,85 + 190,28 = 3996,13 \text{ руб.} \quad (44)$$

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

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

$$P_{\text{вн1}} = k_{\text{вн}} \cdot C_{\text{произв1}} = 0,05 \cdot 1977,5 = 98,87 \text{ руб.} \quad (45)$$

$$P_{\text{вн2}} = k_{\text{вн}} \cdot C_{\text{произв2}} = 0,05 \cdot 3805,85 = 190,28 \text{ руб.} \quad (46)$$

где $k_{\text{вн}}$ - коэффициент внепроизводственных расходов, принимаем = 0,05.

4.8 Составление калькуляции себестоимости изделия

На основании выполненных расчетов, проводим сравнение себестоимостей изготовления испаритель кондиционера по вариантам 1 и 2 и составляем калькуляцию (таблица 4.6).

$$\Delta C_{\text{полн}} = \frac{C_{\text{полн}}^{\text{пр2}} - C_{\text{полн}}^{\text{пр1}}}{C_{\text{полн}}^{\text{пр2}}} \cdot 100\% = \frac{3996,13 - 2076,37}{3996,13} \cdot 100\% = 48\% \quad (47)$$

где $C_{\text{полн}}^{\text{баз}}$ - полная себестоимость изделия по базовому варианту, руб.;

$C_{\text{полн}}^{\text{пр}}$ - полная себестоимость изделия по проектному варианту, руб.

Таблица 4.6–Калькуляция себестоимости изготовления

Статьи затрат	Условные обозначени я	Проектный Вариант1	Проектный вариант2
1. Затраты на материалы за вычетом отходов	ЗМ	24,8	24,8
2. Затраты на электрическую энергию	З _{э-э}	4,1	4,1
3. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования	З _{об}	71,411	142,811
4. Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей	З _{площ}	246,64	246,64
9. Затраты на заработную плату основных производственных рабочих (ФЗП)	ФЗП	349,94	699,47
10. Отчисления на социальные нужды	О _{с.н}	1,28	2,56
Технологическая себестоимость	С _{тех}	633,97	1120,38

Продолжение таблицы 4.6

Общепроизводственные (цеховые) расходы	$P_{\text{цех}}$	781,125	1561,32
Цеховая себестоимость	$C_{\text{цех}}$	1415,09	2681,7
Общехозяйственные (общезаводские) расходы	$P_{\text{произв}}$	562,41	1124,15
Производственная себестоимость	$C_{\text{произв}}$	1977,5	3805,85
Внепроизводственные расходы	$P_{\text{вн}}$	98,87	190,28
Полная себестоимость	$C_{\text{полн}}$	2076,37	3996,13

4.9 Проводим сравнение трудоемкости изготовления испарителя кондиционера по вариантам 1 и 2

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{шт}}^{\text{пр}2} - t_{\text{шт}}^{\text{пр}1}}{t_{\text{шт}}^{\text{пр}2}} \cdot 100 = \frac{99,66 - 49,87}{99,66} \cdot 100\% = 49\% \quad (48)$$

где $t_{\text{шт}}^{\text{баз}}$ – штучное время изготовления изделия по базовому варианту, мин;

$t_{\text{шт}}^{\text{пр}}$ – штучное время изготовления изделия по проектному варианту, мин.

Рассчитываем, на сколько производительность труда при работе по варианту 1 будет выше, нежели при работе по варианту 2,

$$\Delta_{\text{пт}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} = \frac{100 \cdot 49}{100 - 49} = 96 (\%) \quad (49)$$

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

Из двух сравниваемых вариантов более экономичным является вариант 1.

1. В варианте 1 трудоемкость ниже на 49 %, чем в варианте 2.
2. В варианте 1 себестоимость изготовления испарителя кондиционера ниже на 48% , чем в варианте 2.
3. В варианте 1 производительность труда выше на 96% , чем в варианте 2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам бакалаврской работы можно сделать следующие выводы и рекомендации.

ВЫВОДЫ:

1. Предложенное изменение конструкции пластин позволит упростить процесс сборки изделия.
2. Разработанные технологические процессы изготовления не требуют использования сложного и дорогостоящего оборудования и могут быть реализованы даже в условиях малого предприятия.
3. Каждый из предложенных двух вариантов технологического процесса имеет свои достоинства и недостатки. По результатам экономического расчета предпочтительным является первый вариант. При выборе варианта следует учитывать возможности конкретного предприятия.
4. Внедрение предлагаемых технологических процессов позволит самостоятельно изготавливать испарители и отказаться от их закупок за рубежом, снизить стоимость ремонта автобусных кондиционеров и, таким образом, достичь цели бакалаврской работы.

РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Предлагаемые технические решения требуют экспериментальной проверки.
2. В качестве дополнительного варианта можно рассмотреть возможность использования высокотемпературной пайки.

3. Работу целесообразно продолжить в рамках магистерской подготовки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теплообменные аппараты [Электронный ресурс] . – М.,[2010]. –
Режим доступа : http://www.studmed.ru/view/kursovoy-proekt-raschet-teploobmennika_302f9413d64.html
2. Петрунин, И.Е. Справочник по пайке / Под ред. И.Е.Петрунина.-М.:
Машиностроение, 2003.- 480 с.- ISBN: 5-217-03167-0
3. Cu-prum цветной металлопрокат Режим доступа : <http://cu-prum.ru/med.html>
4. allRefs [Электронный ресурс] . – М.,[2016]. – Режим доступа :
<http://allrefs.net/c12/3uh1t/p97/>
5. Логосиб промышленная химия [Электронный ресурс] . – Н.,[2016]. –
Режим доступа : <http://www.logosib.ru/smt-ml-51>
6. Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ
по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-
методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н.
Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, - 135с.
7. ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое
описание. – Взамен ГОСТ 7.1–84, ГОСТ 7.16–79, ГОСТ 7.18–79, ГОСТ
7.34–81, ГОСТ 7.40–82 ; введ. 2004–07–01. – М. : Изд-во стандартов,
2004. – III, 48 с.
8. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы
«Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-
методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –22 с.
9. Федоров А.Л. Технология изготовления паяных конструкций : учебно-
методическое пособие / Федоров А.Л. Краснопевцев А.Ю. Шашкин

- О.В. –Тольятти : изд-во ТГУ, 2013–60 с.
10. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
 11. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет.: К.В. Фролов (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение. – Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. III-7 / В.В. Ключев [и др.]; под общ. Ред. В.В. Ключева – 1996, 464 с.
 12. Лоцманов С. Н. Руководство по пайке металлов (подготовлено комитетом пайки американского общества сварщиков)– М.: Оборонгиз, 1960.– 191 с.
 13. Мтомд.инфо [Электронный ресурс] . – М.,[2009]. – Режим доступа : <http://www.mtomd.info/archives/2118>
 - 14.Пайка: опыт, искусство, наука: сб. докл. науч.- техн. конф. за 1967-2002 гг.: [в 2 т.]. Т. 1 / [сост. и ред. В.П. Фролов и др., отв. за вып. Ю.Б.Михайлова]. - ВУЗ/изд. - М.: Альфа Доминанта, 2005. - 239 с. - Библиогр. в конце докл. - ISBN 5-98112-006-1: 143-00.
 15. Справочник по сварке, пайке, склейке и резке металлов и пластмасс / под ред. А. Ноймана, Е. Рихтера; пер. с нем. А.А. Шарапова; под ред. В.Н. Волченко. - М.: Металлургия, 1980. - 463 с.: ил. - Библиогр. в конце разд.
 16. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ: Учеб. пособие / О. Н. Куликов, Е. И. Ролин. - Гриф МО. - М.: Академия, 2004. - 176 с.: ил. - (Проф. образование). - Библиогр.: с. 170-173. - ISBN 5-7695-1654-2: 88-93.
 17. Хренов К. К. Сварка, резка и пайка металлов: Изд. 4-е, стереотип. – М.: Машиностроение, 1973. – 408 с

18. Технология металлов и материаловедение: Учеб. для вузов / Кнорозов Б. В., Усова Л. Ф., Третьяков А. В. и др. / Под. ред. Л. Ф. Усовой. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с.
19. Пайка металлов / Лашко Н. Ф., Лашко С. В. - М.: Машиностроение, 1977, 328 с.
20. Copyright Mycorp[Электронный ресурс] . – М.,[2016]. – Режим доступа : <http://zazsila.ru/publ/10-1-0-58>