

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 Технологический процесс пайки соединительного провода станций сотовой связи

Студент

А.А. Карпов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Тольятти 2022

Аннотация

Цель работы – экономия материальных ресурсов, повышение производительности и качества на операции пайки провода соединительного станций сотовой связи.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выбран способ пайки, обеспечивающий повышение производительности;
- выбран припой, заменитель серебряного;
- разработан технологический процесс пайки выбранным способом и с применением выбранного припоя;
- разработаны мероприятия по защите производственного персонала от вредных факторов, сопровождающих новую технологию;
- оценен экономический эффект от предложенных мероприятий.

Пояснительная записка содержит 56 стр. машинописного текста, 8 рисунков, 13 таблиц, графическая часть 7 листов формата А1.

Вместо нагрева газовым пламенем, предложено использовать способ пайки электросопротивлением. Указанный способ характеризуется сравнительной простотой оборудования и достаточно высокими показателями скорости нагрева.

Вместо применяемого припоя FELDER 15 предложено использовать припой ПМФ-7.

Рассчитан экономический эффект от внедрения предлагаемых технических решений, который составит 43691 руб.

Содержание

Введение.....	4
1 Современное состояние технологий при пайке проводов соединительных станций сотовой связи	5
1.1 Описание соединительного провода и условий его эксплуатации.....	5
1.2 Базовый технологический процесс	8
1.3 Особенности пайки меди.....	12
1.4 Задачи выпускной квалификационной работы	15
2. Разработка технологического процесса сборки – пайки изделия	17
2.1 Исследования свойств соединений паяных припоем П-14.....	17
2.2 Технологический процесс пайки	20
3.1 Технологическая характеристика объекта	22
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	23
3.3 Меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов.....	25
3.4 Пожарная безопасность на производстве	27
3.5 Экологическая безопасность проектной технологии	29
4 Экономическая эффективность проекта.....	32
4.1. Расчет заводской себестоимости модернизации	33
4.2. Расчет технологической, цеховой и заводской себестоимости пайки провода	40
4.3. Определение экономической эффективности внедрения нового технологического процесса.....	48
Заключение	52
Список используемых источников и литературы.....	53

Введение

Сотовая связь в настоящее время находит все более широкое распространение. Это требует все большего количества передающих устройств. Данные устройства закупаются «под ключ» у зарубежных производителей. Но монтаж производится в местных условиях согласно техническим условиям производителя. Поэтому работы направленные на повышение качества, снижение стоимости монтажа являются актуальными. Например, анализ технологического процесса монтажа показывает, что имеется ряд узких мест, например, при пайке проводов, соединяющих передатчик и антенну. Для пайки, согласно требованиям производителя, используют серебросодержащие припои. Серебро дорогой материал, дефицитный. Поэтому поиск полноценной замены припоев на основе серебра ведется достаточно давно, и положительные результаты внедряются в различные отрасли промышленности. Серебряные припои хороши тем, что у них прекрасные технологические свойства, сравнительно невысокая температура пайки, высокая прочность. Но в настоящее время разработаны сравнительно дешевые припои, по своим технологическим и эксплуатационным характеристикам совпадающим с характеристиками серебряных. Пайка меди возможна различными припоями, но применительно к данному изделию требуется обеспечить, помимо прочности соединения, еще и низкое электрическое сопротивление соединения.

С учетом изложенного сформулируем цель выпускной квалификационной работы – экономия материальных ресурсов, повышение производительности и качества на операции пайки провода соединительного станций сотовой связи.

1 Современное состояние технологий при пайке проводов соединительных станций сотовой связи

1.1 Описание соединительного провода и условий его эксплуатации

Сотовая связь в настоящее время находит все более широкое распространение. Это требует все большего количества приемо-передающих устройств, базовых станций. Для обеспечения нормального функционирования системы сотовой связи необходимы базовые станции и мобильные радиотелефоны. Базовые станции поддерживают радиосвязь с мобильными радиотелефонами в УВЧ диапазоне [7].

Данные устройства закупаются «под ключ» у зарубежных производителей. Принципиальная электрическая схема базовой станции показана на рисунке 1. Выглядит впечатляюще, однако все оборудование помещается в сравнительно небольшой шкаф, рисунок 2. Ну и на высоте располагаются непосредственно антенны, рисунок 3.

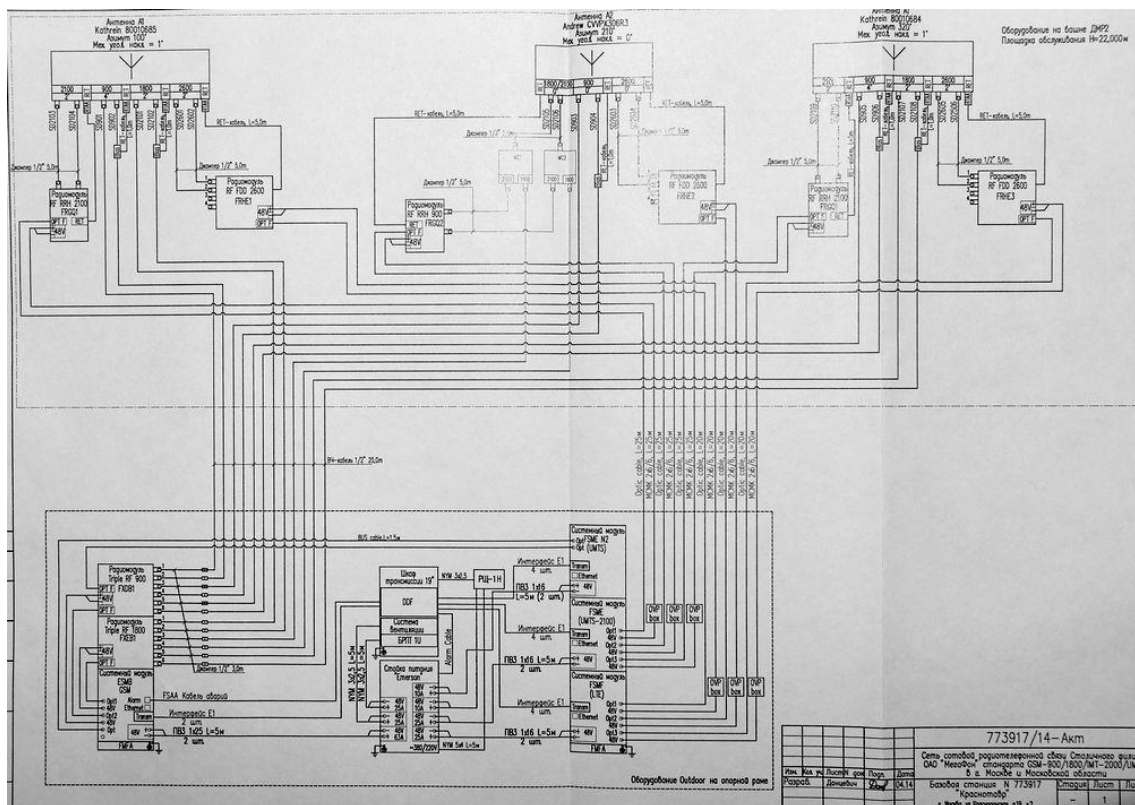


Рисунок 1 – Схема электрическая базовой станции



Рисунок 2 – Шкаф с оборудованием

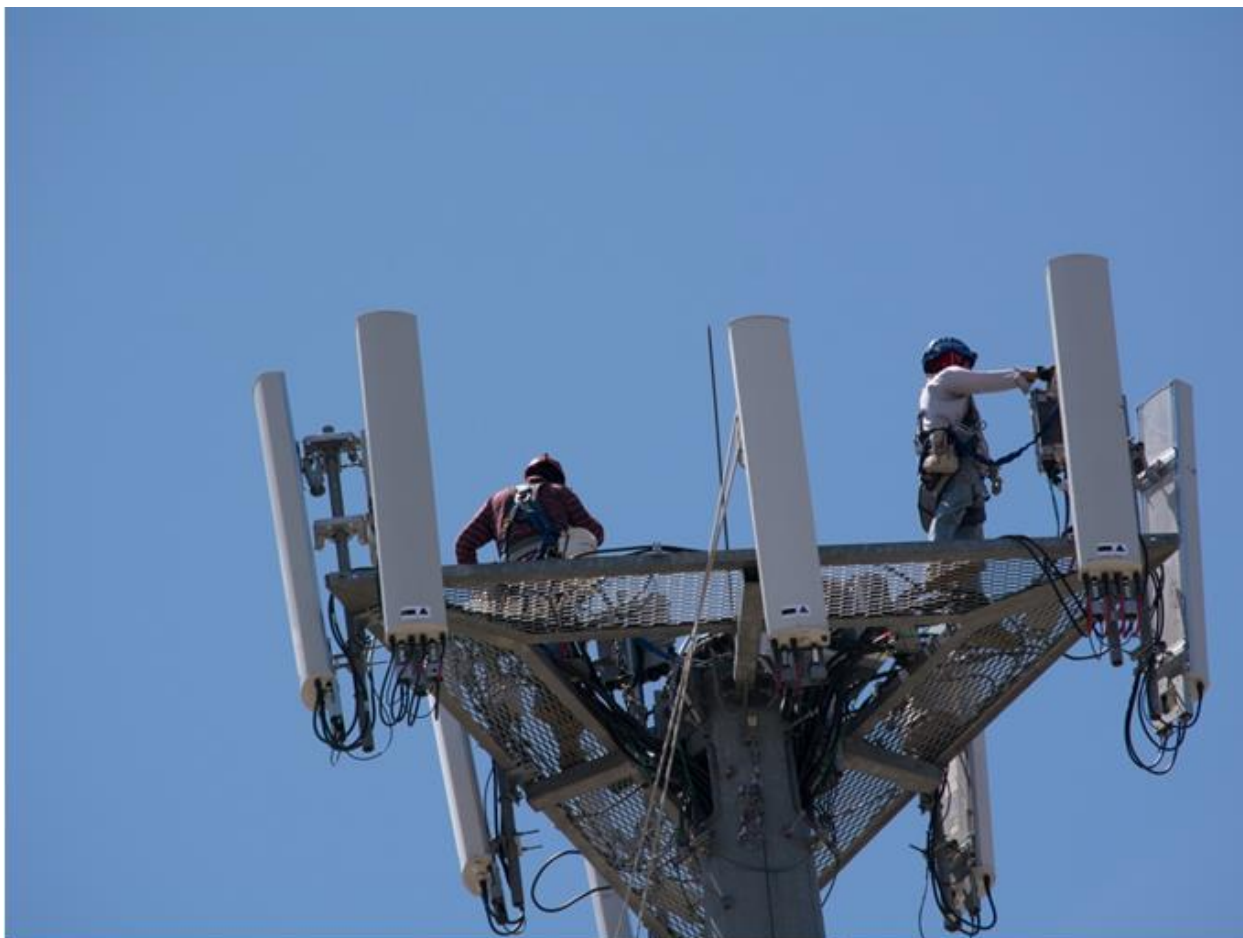


Рисунок 3 – Антенны приемо-передающие

В настоящее время диапазоны сотовой связи подразделяются на четыре диапазона частот:

- 850 мегагерц,
- 900 мегагерц,
- 1800 мегагерц,
- 1900 мегагерц.

Обращает на себя внимание такие преимущества стандарта как низкий вес телефонного аппарата, по сравнению с аналоговыми. Еще преимущество, базовая станция непрерывно анализирует величину сигнала от телефона, и когда он превышает нужный, на телефон подается команда уменьшить величину сигнала [1]. Данный прием позволяет снизить скорость разрядки

аккумулятора. Он работает дольше, чем в аналоговых сетях. Еще одно преимущество – при переходе абонента из одной сети в другую сохраняется исходный номер абонента [2].

Монтаж базовых станций производится в местных условиях согласно техническим условиям производителя. Например, при пайке проводов, соединяющих передатчик и антенну. Технология пайки здесь необходима, так как на антенну идет высокочастотный сигнал, механическое соединение проводов будет создавать высокое электрическое сопротивление высокочастотному сигналу [3]. Для пайки, согласно требованиям производителя, используют серебросодержащие припои. Серебряные припои хороши тем, что у них прекрасные технологические свойства, сравнительно невысокая температура пайки, высокая прочность [4]. Пайка меди возможна различными припоями, но применительно к данному изделию требуется обеспечить, помимо прочности соединения, еще и низкое электрическое сопротивление соединения.

1.2 Базовый технологический процесс

На начальной операции базового технологического процесса – выполняется входной контроль. «Все барабаны с проводом, удлинители, оконечные устройства и другие линейно-кабельные изделия по мере поступления на монтажную площадку от поставщиков (или от заказчика) должны быть зарегистрированы в специальных ведомостях с указанием наименования, марки, заводского номера, даты поступления, номера транспортного документа (накладной, акта)» [6].

Также подвергаются операции входного контроля электромонтажные шкафы, рисунок 2. Проверка выполняется на соответствие комплектации шкафа приложенной спецификации. Выполняет данные контрольные операции заказчик.

Кроме того, визуальному контролю подлежат барабаны с соединительными проводами. Внешний вид барабана не должен

характеризоваться какими то повреждениями, провод должен быть намотан аккуратно по поверхности барабана. Также контролируется техническая документация на провод [5].

Непосредственно перед запуском в работу проверяют электрические характеристики соединительного провода. Для проверки используется соответствующая приборная база.

Кабель и оборудование (арматура, устройства, конструкции), не соответствующие нормам и требованиям стандартов (техническим условиям) прокладке и монтажу не подлежат.

Оборудование данной сотовой станции укомплектовано припоем FELDER 15. Указанный припой содержит Ag 15%, P 5%, Cu-остальное. Температурный диапазон плавления данного припоя, ликвидус-солидус, 650-800°C. За счет содержания некоторого количества фосфора припой обладает самофлюсующими свойствами и при пайке меди флюс не нужен [8].

Технологический процесс получения паяных соединений при монтаже станции включает в себя следующие операции, зачистка т.н. стриппером от изоляции проводов. Для снятия изоляции применяют т.н. стрипперы, рисунок 4.



Рисунок 4 – Устройство для снятия изоляции

Данное несложное устройство подрезает изоляцию и затем снимает с конца провода требуемую часть изоляции. Поставщики базовых станций не комплектуют данными устройствами поставляемое оборудование.

На первом этапе снимают наружную изоляцию, получаем доступ к экрану. Экран аккуратно подрезается специализированным инструментом, и снимается стриппером, затем снимается внутренняя изоляция.

Затем наступает очередь нагрева. Нагрев применительно к данному припою, FELDER 15, паяльником невозможен, поэтому применяют нагрев газовым пламенем [8]. В настоящее время широкое распространение получили газовые горелки предназначенные для установки на малогабаритные баллончики со смесью methylacetylene-propadiene propane смесь из пропина (метилацетилен), пропадиена (Allen) и пропана, рисунок 5.



Рисунок 5 - Горелка с баллончиком.

При помощи таких горелок успешно выполняется нагрев соединения. После чего в соприкосновение с нагретым металлом подают припой. Припой должен плавиться от тепла паяемого изделия. После чего обеспечивается заполнение паяльного зазора припоем. Горелки снабжены пьезоподжигом. Поставщики также не комплектуют такими горелками поставляемое оборудование [11].

Ну и для контроля величины сопротивления полученного паяного соединения применяют специализированные приборы, рисунок 6.



Рисунок 6 - Прибор

Зачистка наждачной шкуркой и обезжиривание ацетоном. Затем подготовленные к пайке провода соединяют по нахлесточному типу, при

этом должны быть одеты на руки хлопчатобумажные чистые перчатки. Нахлестку разогревают пламенем газовой горелки и подают пруток припоя. Подают так, чтобы он касался разогретого провода и плавился от его тепла. Следят чтобы все зазоры нахлестки равномерно заполнялись припоем. Убирают газовое пламя и минуты 3 ждут, пока соединение остынет. При этом стремятся к тому, чтобы соединение было неподвижным [9].

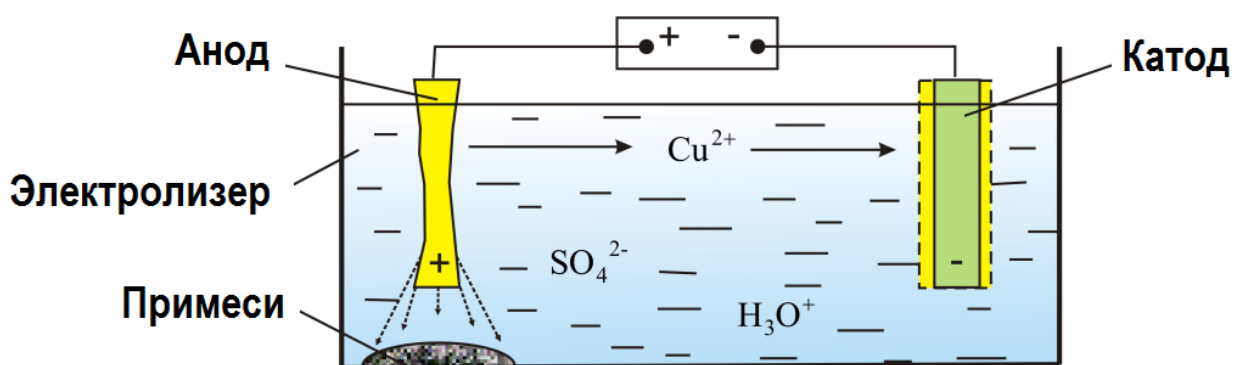
По окончании пайки осматривают соединение, визуальный контроль проводят. После чего еще дополнительно проверяют сопротивление паяного соединения. Затем выполняют изоляцию места пайки [10].

1.3 Особенности пайки меди

Медь по маркам подразделяется на М00, М0, М1, М2, М3. Для соединительных проводов станций сотовой связи нашла применение медь марки М1. К ее характеристикам можно отнести высокие значения теплопроводности и электропроводности.

Медь получают посредством электролиза, гидрометаллургическими методами, и пирометаллургическими способами.

Схема процесса получения меди способами электролиза показана на рисунке 7.

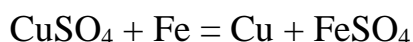


- Диссоциация: $\text{CuSO}_4 = \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
- Катод: $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$
- Анод: $\text{Cu} - 2e = \text{Cu}^{2+}$

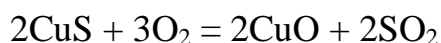
Рисунок 7 – Получение меди способом электролиза

Способами электролиза получение меди обеспечивает высокую чистоту продукта.

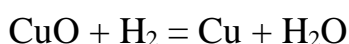
Гидрометаллургический метод основан на поглощении меди разбавленным раствором серной кислоты, и последующим вытеснением ее оттуда железом [12]. Реакция при этом протекает примерно следующим образом:



Основу пирометаллургического метода составляет получение меди из сульфидов. При этом химические реакции проходят в несколько стадий. На первой стадии выполняется обжиг сульфидов [17]. Идет он по химической реакции:



Следующим этапом идет восстановление меди из оксида по реакции:



Для меди характерным является предел прочности $\sigma_{\text{в}} = 240$ МПа. Пластичность меди составляет $\delta = 45\text{—}50\%$. Следует обратить внимание, что медь характеризуется высокими показателями пластичности до температур минус 269°C [19].

«Увеличить прочность меди и придать ей особые свойства (жаропрочность, коррозионную стойкость и др.) в нее вводят различные легирующие добавки» [28].

«Поэтому во многих отраслях техники для изделий, работающих в условиях повышенных и криогенных температур, в качестве основного металла широко применяются медь и ее сплавы, имеющие необходимый комплекс свойств. Пайка этих материалов может производиться всеми известными способами» [28].

«К числу особенностей меди и ее сплавов, влияющих на выбор способа пайки, относятся химическая стойкость оксидов; содержание во многих сплавах легкоиспаряющихся элементов — цинка, кадмия, марганца; склонность кислородсодержащей меди и некоторых ее сплавов к водородной

хрупкости; повышенная способность меди образовывать интерметаллиды с некоторыми компонентами припоев; повышенная способность меди и ее сплавов к хрупкому разрушению в контакте с жидкими припоями; повышенная горячеломкость некоторых медных сплавов» [24].

Медные сплавы могут быть классифицированы на две разновидности:

- сплавы меди оксиды на поверхности которых легко распадаются;
- сплавы меди оксиды на поверхности которых распадаются с трудом;

К первому варианту следует причислить медь, сплавы в своем составе содержащие следующие химические элементы: Zn, Sn, Pb, P, Sb, Fe, Ni, Mn.

Оксиды на поверхности перечисленных сплавов образуются по следующей реакции:



Данная реакция начинается уже при 200°C. Распад оксидов начинается при температуре около 800°C.

Для первого варианта сплавов меди возможны такие варианты нагрева как паяльник, газовая горелка, погружением и в печах. Пайка припоями на основе олово свинец получила широкое распространение посредством простоты оборудования и технологии. Припайке деталей с большими габаритам и массой применение нашел газопламенный нагрев, как обеспечивающий большую величину тепловложения. Пайка теплообменной аппаратуры реализуется, преимущественно погружением. Если погружение осуществляется в расплав соли, то помимо высокой скорости нагрева обеспечивается такой положительный эффект как флюсующее воздействие соли. Если погружение осуществляется в расплав припоя, необходимо дополнительное флюсование. При этом необходима защита расплава припоя в ванне от воздействия кислорода воздуха [23].

Пайка в печах является высокопроизводительным методом, при котором паяемые детали получают минимум короблений по завершении процесса пайки.

Для пайки изделий из перечисленных выше сплавов легкоплавкими

припоями могут быть применены флюсы на основе канифоли, хлориды цинка или хлористого аммония.

Для пайки изделий из перечисленных выше сплавов серебряными припоями, как правило, применяют флюсы BF_3 и KCl . К минусам технологического процесса флюсовой пайки следует отнести сложность получения соединений обеспечивающих герметичность. Также в технологический процесс должна быть введена операция удаления флюсов. Наличие флюсов на поверхности паяемых изделий может послужить инициатором коррозии [18]. По этой причине рекомендуется получение паяных соединений из меди в восстановительных или нейтральных газовых средах. Возможна пайка в бескислородной среде, в вакууме, например. Указанный метод характеризуется сложностью применяемого оборудования и низкой производительностью [20]. Еще в качестве недостатков технологического процесса пайки в вакууме следует назвать отсутствие конвективного теплообмена [21]. При нагреве, когда к нагревателям вакуумной печи подводится полная мощность данный негативный момент не является принципиальным, но при охлаждении паяемых изделий отсутствие конвективного теплообмена приводит к увеличению длительности общего технологического цикла. Поэтому в некоторых случаях вакуумные печи выполняют с возможностью напуска аргона в объем камеры [22]. Однако качество выполненных паяных соединений находится на высоком уровне.

1.4 Задачи выпускной квалификационной работы

Выполненный анализ применяемого на практике технологического процесса получения паяных соединений провода соединительного характеризуется таким недостатком как необходимость участия двух человек при пайке провода. Один при этом обеспечивает нагрев и подачу припоя в зону нагрева второй обеспечивает фиксацию провода соединительного в требуемом положении.

Следующий недостаток применяемого на практике технологического процесса получения паяных соединений провода соединительного припоя содержащего серебро.

Поэтому для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать способ пайки, обеспечивающий повышение производительности;
- выбрать припой, заменитель серебряного;
- разработать технологический процесс пайки выбранным способом и с применением выбранного припоя;
- разработать мероприятия по защите производственного персонала от вредных факторов, сопровождающих новую технологию;
- оценить экономический эффект от предложенных мероприятий.

2. Разработка технологического процесса сборки – пайки изделия

2.1 Исследования свойств соединений паяных припоем П-14

Свойства припоя П 14 показаны в таблице 1 и таблице 2 [22].

Таблица 1 - Химический состав припоя П 14, % по ГОСТ 19738-79

Медь	Фосфор	Олово	Примеси, не более
основа	5,3-6,3	3,5-4,5	0,2

Таблица 2 - Физические свойства припоя П 14

Плотность, кг/м ³	Температура начала плавления, °С	Температура полного расплавления, °С	Удельное электросопротивление, Ом·м
8300	640	680	46

Для исследования свойств припоя использовали ГОСТ 23047-78. Образцы принимали типа IV [25]. Пайку образцов производили по следующей последовательности. Поверхности, подлежащие пайке, зачищали бумагой абразивной, обезжировали ацетоном, просушивали. Затем, производили сборку образцов, нахлестку обеспечивали 2 мм, зажимали клещами для пайки. «Включали электрический ток, производили нагрев зоны пайки до температуры пайки затем подавали прутки припоя П 14. Нагрев поддерживали таким образом, чтобы температура не опускалась, но и не поднималась. Для чего периодически включали и выключали ток. Грели до плавления прутка припоя, следили, чтобы припой затек в зазор. Затем прекращали подачу тока, но клещи не разжимали, пока соединение не остынет, чтобы припой затвердел и набрал прочность» [26].

Для поиска оптимального параметра режима пайки нагрев производили при разных температурах. Учитывая температуру полного расплавления припоя П 14, таблица 2.2. температуру пайки принимали в пределах 710 – 850°С. Температуру контролировали хромель-алюмелевой термопарой. Термопару тарировали по алюминию. Поправку вносили при измерении. Термопара находилась в контакте с паяемым образцом, непосредственно в месте получения соединения. Для перевода значений ЭДС термопары в градусы использовали потенциометр КСП-4. При каждой температуре паяли 3 образца [27].

После контроля соединения производили разрушение на разрывной машине Р 18. Образцы зажимали в губках машины, давали нагрузку, в момент разрушения стрелка фиксировалась, и мы записывали величину силы при которой разрушилось соединение [33].

Затем делили величину нагрузки на площадь разрушения и получали напряжения на срез.

Результаты исследований показаны на графике, рисунок 8. Показано среднее значение по результатам испытаний 3-х образцов. Видно, что прочность соединения полученного припоем П 14 на 10 МПа ниже, чем припоем ПСр 15. Однако, величина прочности находится в соответствии с требованиями к соединению для данного вида изделий.

Отмечено снижение прочности соединения при увеличении температуры пайки припоем П 14, рисунок 8. Это можно объяснить тем, что фосфор из припоя начинает испаряться, и пористость снижает прочность.

Помимо исследования прочности надо замерить такую важную величину как электросопротивление. Измерение электросопротивления производили на натуральных образцах. Пайку натуральных образцов припоем П 14 производили при температуре 720-740°С. Поверхности, подлежащие пайке, зачищали бумагой абразивной, обезжиривали ацетоном, просушивали. Производили сборку образцов, зажимали клещами для пайки [32]. Включали электрический ток,

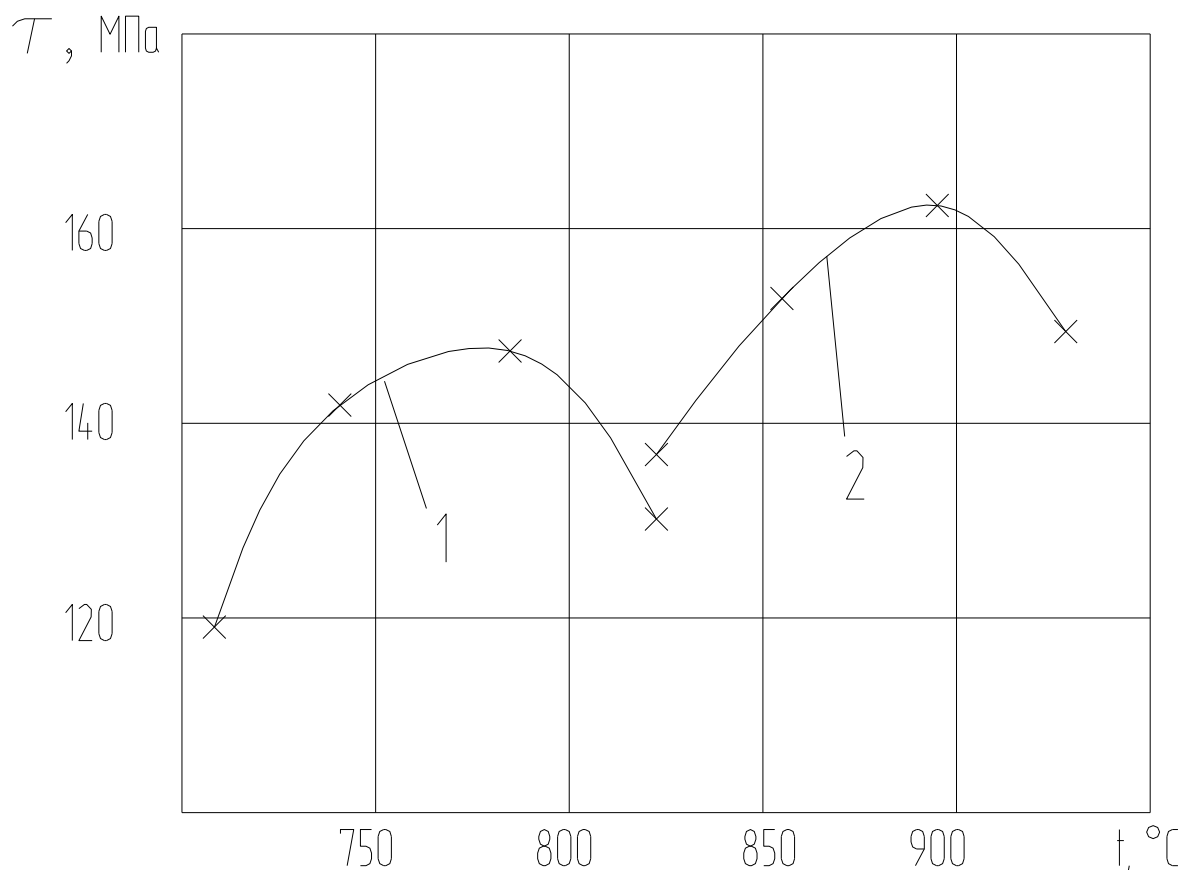


Рисунок 8 - Прочность соединений, паяных припоем П 14

производили нагрев зоны пайки, подавали пруток припоя П 14. «Периодически включали и выключали ток. Грели до плавления прутка припоя, следили, чтобы припой затек в зазор. Затем прекращали подачу тока, но клещи не разжимали, пока соединение не остынет, чтобы припой затвердел и набрал прочность. Аналогично производили пайку натуральных образцов припоем FELDER 15. Только температуру пайки брали в пределах 800-820°C» [29].

Исследования электрических свойств соединения производили прибором АВО-13/846. Полученные значения электросопротивления для соединений паяных припоем П 14 были на 6,5% больше, чем припоем ПСр 15. Данное превышение допускается изготовителем, соответствует его техническим требованиям [30]. Таким образом рекомендуем припой П 14,

температуру нагрева при пайке рекомендуем 720-740°C. На основании данных исследований разработан технологический процесс.

2.2 Технологический процесс пайки

Проектируемый технологический процесс включает в себя следующие основные операции:

- подготовка к пайке провода соединительного;
- сборка провода соединительного изделий согласно чертежу;
- нагрев и выдержка;
- охлаждение;
- контроль паяного соединения.

Подготовку к пайке изделия оставляем такой же как и в базовом варианте технологического процесса. На первом этапе снимают наружную изоляцию, получаем доступ к экрану. Экран аккуратно подрезается специализированным инструментом, и снимается стриппером, затем снимается внутренняя изоляция. Выполняется зачистка подлежащих пайке, поверхностей бумагой абразивной. На следующем этапе подготовки поверхности обезжириваются ацетоном, затем выполняется просушка поверхностей. После чего производится сборка соединяемых проводов соединительных. После чего производим сборку с проводом обмоточным. Выполняем зажатие собранных проводов клещами предназначенными для пайки. После контроля геометрии собранного узла устанавливаем термопару к месту соединения, подключаем термопару к потенциометру КСП-4 для того, чтобы контролировать температуру. Включаем ток. Периодически включая и выключая ток доводим температуру до 720-740°C, после достижения заданной температуры подаем с одной стороны соединения пруток припоя П 14. Следим чтобы пруток расплавился, и заполнил зазор. Следует обратить внимание, чтобы припой появился с обратной стороны

зазора. При этом должна быть сформирована равномерная галтель по всему периметру соединения.

По завершении формирования галтели следует выключить электрический ток, и дождаться полной кристаллизации припоя. Только убедившись что припой затвердел, следует разжать клещи.

«Контроль запаянного изделия проводим как и в базовом технологическом процессе, визуально. Сначала удаляем остатки флюса. Затем контролируем визуально галтель, она должна быть равномерная и непрерывная по всей длине. Не допускаются непропаи, наплывы припоя, трещины. Для 1% соединений производим контроль на разрушение. Вырезаем соединение и отдаем на испытания в лабораторию» [31]. Исследования электрических свойств соединения производим прибором АВО-13/846.

Исправление брака – пламенем газовой горелки, вначале разогреваем дефектный участок затем подают припой, затем припой, после плавления припоя убираем газовое пламя.

3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности пайки провода соединительного станций сотовой связи.

При выполнении базовой технологии пайки предусматривается применение серебросодержащего припоя. Проектная технология восстановительной наплавки предусматривает применение бессеребрянного припоя П-14.

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса: снятие изоляции, зачистка паяемых поверхностей, сборка провода соединительного, пайка посредством клещей, визуальный контроль, исправление дефектов.

Изменение технологии пайки сопровождается изменением опасных и вредных производственных факторов, которые оказывают негативное воздействие на персонал и окружающую среду. Поэтому в настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, оценить их влияние и предложить меры по защите от них персонала.

Кроме того, предстоящий анализ позволит не только устранить профессиональные риски, но и повысить пожарную безопасность технического объекта, паспорт которого представлен в таблице 3.

Также анализ проектной технологии позволит выявить негативные факторы, влияние которых на атмосферу, гидросферу и литосферу следует устранить в рамках повышения экологической ответственности.

Таблица 3 – Технологический паспорт участка пайки

«Наименование операции технологического процесса»	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции» [15]
Снятие изоляции	слесарь-сборщик,	стриппер	-
Зачистка паяемых поверхностей	слесарь-сборщик,	-	Шкурка абразивная
Сборка соединительного провода	паяльщик	клещи	-
Пайка провода соединительного	паяльщик	клещи	Припой П-14
визуальный контроль	дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, прибор	Ветошь
Исправление дефектов	паяльщик	Горелка с газом МАПП	Припой П-14

Технологический паспорт объекта – участка для проведения пайки провода соединительного – позволяет разделить технологический процесс по операциям и указать для каждой операции применяемое оборудование. Также для каждой операции указывается привлекаемый персонал, который может оказаться под негативным воздействием опасных и вредных факторов, сопровождающих выполнение данной операции технологического процесса.

Дальнейшие работы будут направлены на идентификацию персональных рисков, для устранения которых будут предложены технологические и организационные мероприятия. Также будут предложены работы по обеспечению пожарной и экологической безопасности производства.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Для того, чтобы выделить и выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектной

технологии, необходимо рассмотреть каждую операцию, как показано в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникающих при осуществлении проектной технологии

«Операция технологического процесса»	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник негативного фактора» [15]
Снятие изоляции	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	- провод соединительный - паяльные клещи; - стриппер.
Зачистка паяемых поверхностей	- повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;	- шкурка абразивная
Сборка соединительного провода	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	- провод соединительный - паяльные клещи.
Пайка и контроль	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - движущиеся машины и механизмы; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	- паяльные клещи

На основании данных таблицы 8 были указаны следующие опасные и вредные производственные факторы:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механические взаимодействие с движущимися частями технологического оборудования;

- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур.

В результате дальнейшего анализа перечисленных негативных факторов могут быть предложены стандартные решения, позволяющие уменьшить их влияние на работающий персонал до приемлемого уровня.

3.3 Меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов

Ранее были выделены опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают негативное воздействие на работающий персонал в ходе выполнения каждой операции проектного технологического процесса.

Для каждого такого фактора на основании литературного анализа источников [14], [15] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 5, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Таблица 5 – Мероприятия по устранению негативных производственных факторов

«Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов» [15]
наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	<ul style="list-style-type: none"> - проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
возможность повреждения кожных покровов, связок и костей из-за воздействия оборудования для получения паяных соединений	<ul style="list-style-type: none"> - установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	<ul style="list-style-type: none"> - установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты
опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	<ul style="list-style-type: none"> - применение устройств защитного отключения электропитания оборудования; - применение защитного заземления и зануления оборудования; - контроль состояния защитных устройств и изоляции; - инструктаж по электробезопасности 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
нагрев поверхности деталей до высоких температур	<ul style="list-style-type: none"> - автоматизация технологических процессов; - инструктаж персонала 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
инфракрасное излучение	<ul style="list-style-type: none"> - установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой

Представленные в таблице технические средства и организационные мероприятия направлены на снижение травматизма работников производства и уровня профессиональных заболеваний.

Однако реализация проектной технологии не только сопровождается появлением опасных и вредных производственных факторов, но и риском образования пожаров, в результате которых могут пострадать как сами работники, так и имущество предприятия.

Исходя из этого, дальнейшие работы при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы направим в сторону обеспечения пожарной безопасности.

3.4 Пожарная безопасность на производстве

Проектная технология, предложенная в настоящей выпускной квалификационной работе, является источником возникновения рисков образования пожара. Для устранения этих рисков следует предложить технические средства и организационные мероприятия. Также следует рассмотреть возможность устранения пожара, если он всё-таки возникнет на предприятии, несмотря на принятые меры.

В таблице 6 представлена идентификация факторов пожара.

В качестве основных негативных факторов возможного пожара следует отметить: повышение температуры вокруг источника возгорания, выделение в окружающую среду токсичных продуктов вследствие сгорания пластмасс, в зависимости от состава пластмассы, часть кислорода расходуется на обеспечение горения.

В качестве сопутствующих проявлений пожара следует отметить: негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания.

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Класс пожара и идентификация его негативных факторов

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Производственный участок пайки провода соединительно го с установленным на нём технологическим оборудованием	Стриппер, клещи для пайки, оборудование для зачистки паяемых поверхностей	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [15]	«Пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму» [15]	негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания

Таблица 7 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

«Наименование технологического процесса»	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности» [15]
снятие изоляции, нагрев перед пайкой, подача припоя, контроль электрического сопротивления.	«Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими» [15]	Для ограничения разлёта искр при пожаре необходимо оснастить участок специальными защитными экранами. На участке должны в достаточном количестве находиться первичные средства пожаротушения.

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка предлагается применение средств, представленных в таблице 8. Эти средства должны быть размещены на

производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии.

Таблица 8 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарная автоматика	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошмар, огнетушитель ОП-15	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таким образом, предложенные в выпускной квалификационной работе мероприятия позволяют уменьшить риск возникновения пожара на предприятии при реализации проектной технологии.

3.5 Экологическая безопасность проектной технологии

Реализация предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений не только приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, борьбе с которыми посвящена предыдущая часть раздела, но и вызывает негативное воздействие на окружающую среду. Необходимость повышения экологической ответственности предприятий повышает актуальность экологической повестки и заставляет принимать меры по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.

Негативные факторы, действие которых на окружающую среду возможно при реализации проектной технологии, представлены в таблице 9.

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 10.

Таблица 9 – Идентификация негативных экологических факторов проектной технологии

Технологический процесс	Операции, технологического процесса	Негативные факторы проектной технологии, которые отрицательно влияют на окружающую среду		
		в атмосфере	в гидросфере	в литосфере
Пайка провода соединительного	Снятие изоляции	-	-	Стружка, частицы упаковки, бытовой мусор
	Зажатие в клещах	-	-	частицы упаковки, бытовой мусор
	Пайка	вредные испарения	-	частицы упаковки, бытовой мусор
	Контроль	-	-	Частицы упаковки, бытовой мусор

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок восстановительной наплавки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [15]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	-
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [15]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Реализация проектной технологии приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых позволила предложить стандартные технические и организационные решения.

Идентификация опасных факторов пожара на рассматриваемом предприятии позволила предложить мероприятия и технические решения по устранению опасности возгорания. Также в настоящем разделе предложены средства борьбы с пожаром, если он все-таки произошёл несмотря на принятые меры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволят соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Все предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия являются стандартными и не требуют повышения эффективности за счёт разработки специализированных средств и методик.

4 Экономическая эффективность проекта

В настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы повышения эффективности пайки провода соединительного станций сотовой связи.

При выполнении базовой технологии пайки провода соединительного предусматривается применение газового нагрева, причем применяется серебрясодержащий припой FELDER 15. Устраняемые недостатки указанной технологии пайки:

- низкая производительность пайки, которая не может быть увеличена путём корректировки параметров режима газового нагрева;
- при пайке провода соединительного применяется серебрясодержащий припой FELDER 15.

Проектная технология пайки предусматривает электроконтактного нагрева.

При этом предусматривается выполнение следующих операций: снятие изоляции, зачистка поверхностей подлежащих пайке, сборка, пайка, визуальный контроль, контроль электрических характеристик полученного соединения.

При этом получаем перечисленные преимущества, высокая производительность, которая многократно превышает производительность при газовом нагреве. Следующий момент переходим на медно-фосфорный припой П14. В котором нет дорогостоящих компонентов.

Таким образом, для выполнения экономических расчётов по оценке эффективности проектной технологии следует свести в таблицу 11 исходные данные по применяемому в настоящее время и предлагаемому вариантам технологии.

При расчётах предстоит определить фонд времени работы оборудования, оценить себестоимость проведения работ по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитать капитальные затраты

4.1. Расчет заводской себестоимости модернизации

Таблица 11 – Исходные данные для экономической оценки эффективности проектной технологии по сравнению с базовой технологией

№ п/п	Показатели	Усл. обоз.	Един. Измерения	Значение
1	2	3	4	5
1	Транспортно-заготовительные затраты выраженные через коэффициент	Ктз	-	1,05
2	Расходы на один час отработанного времени слесаря-сборщика	Сч	Р/ч	200
3	Расходы на один час отработанного времени паяльщика	Сч	Р/ч	250
4	Коэффициент доплат к основной зарпл.	Кд	-	1,88
5	Коэффициент отчислений на зарплату.	Кдоп		0,12
6	Стоимость оборудования: для пайки	Цоб.п	руб.	8000
7	Требуемая для модернизации паяльных клещей площадь		м ²	21
8	Стоимость эксплуатации площадей нужных для модернизации клещей	S	Р/м ² г	2500
9	Стоимость приобретения площадей	Сэксп	Р/м ²	4000
10	Норма амортизации: площади		%	5
11	сварочного оборудования	Цпл	%	18
12	оборудования для снятия изоляции	Напл	%	12,5
13	Потребляемая мощность: сварочн. обор.	Нас	кВ	4
	оборудования для мехобработки	Нам	кВ	12
14	Стоимость электроэнергии	Мс	Р/кВ	3,2
15	Расходы цеховые, выраженные через коэффициент накладных расходов	Мм	-	2,15
16	Расходы заводские, выраженные через коэффициент накладных расходов	Цэ-э	-	2,5
17	Время штучное: сварки	t _{штп}	час	0,05
18	Переделки деталей клещей	t _{штс}	час	0,05

Расчет норм времени

В календарном году принимается число рабочих дней $D_p = 277$ при стандартной продолжительности смены $T_{см} = 8$ часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на $T_{п} = 1$ час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет $D_{п} = 7$. С учётом вышеизложенного для количества смен $K_{см} = 1$ рассчитаем фонд времени, воспользовавшись формулой:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

При подстановке исходных значений в формулу (1) получаем:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ часов.}$$

Далее следует рассчитать величину эффективного фонда времени с учётом запланированных потерь рабочего времени $B = 7 \%$, воспользовавшись формулой:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

При подстановке исходных значений в формулу (2) получаем:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ часов.}$$

Расчет норм времени производим с учетом машинного времени выполнения сварных швов трубок для прохода термопары с клещевиной. Сварка проводится неплавящимся электродом.

Рассчитанный выше эффективный фонд времени работы оборудования расходуется на выполнение операций проектного и базового технологического процесса. Годовую программы выполнения работ можно рассчитать, зная штучное время, которое определяет временные затраты на выполнение проектного и базового процессов применительно к одной единице изделия из годовой программы. Величину штучного времени для

проектного и базового вариантов технологии определяем с учётом нормирования труда сварщика по технологической карте.

В состав штучного времени $t_{шт}$ входит несколько слагаемых. Во-первых, это машинное время $t_{маш}$, которое затрачивается на выполнение основных операций технологического процесса, $t_{машб} = 0,79$ часа

Во-вторых, это вспомогательное время $t_{всп}$, которое затрачивается на выполнение подготовительных операций и задаётся как 10 % от машинного времени $t_{маш}$. В-третьих, это время обслуживания рабочего места $t_{обсл}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В-четвёртых, это время личного отдыха $t_{отд}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В-пятых, это подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$, которое задаётся как 1% от машинного времени $t_{маш}$. С учётом исходных данных расчёт штучного времени проводим, воспользовавшись формулой:

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

$$t_{шт} = 0,79 + 0,79 \cdot 10\% + 0,79 \cdot 10\% + 0,79 \cdot 5\% + 0,79 \cdot 1\% = 1 \text{ час}$$

Выполнение операций согласно проектной и базовой технологий предусматривает использование материальных и людских ресурсов в течение определённого количества времени. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата персонала, который задействован при выполнении операций технологического процесса. Также затрачиваемое время влияет на величину расходов на амортизацию оборудования и производственные площади.

В настоящем разделе выполним расчёт фонда времени, который одинаков для проектного и базового вариантов технологического процесса, так как в обоих случаях технология выполняется за одинаковое число смен в сутках.

Затраты на основные и вспомогательные материалы для модернизации клещей.

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{tz}, \quad (4)$$

где C_m – стоимость материала;

N_p – норма расхода;

K_{tz} – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

Усовершенствование клещей предусматривает расходы по материалам, полуфабрикатам и комплектующим изделиям. Для фиксации в нужном положении термопары применим трубку. Трубку присоединяем сваркой к клещевине. На рукоять крепим милливольтметр.

Произведем расчет, сгруппировав затраты на модернизацию паяльных клещей в таблицу 16.

Таблица 12 – Результаты расчетов

№ п/п	Наименование материала	Ц.м. Р/ед	Нр	Ктз	Значение, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Трубка нержавеющая.	102	0,7	1,05	74,97
3	Керамика	8,9	2	1,05	18,69
4	«Проволока термопарная	9,2	5	1,05	48,3
6	илливольтметр	720	1	1,05	756
7	Электродная проволока	250	0,05	1,05	13,12
8	Винт крепежный» [22]	0,5	4	1,05	2,1
В целом, расходы на материалы составят					913,18

Затраты на оплату труда

Расчёт основной заработной платы $Z_{осн}$ при изменении конструкции клещей выполняем по ранее определённым величинам штучного времени $t_{шт}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки $C_ч$. Для этого воспользуемся формулой:

$$Z_{осн} = [(C_{чсв} \cdot t_{штсв}) + (C_{чмех} \cdot t_{штмех})] \cdot K_d \quad (5)$$

где $S_{чсв}$ – расходы на один час отработанного времени паяльщика;

$t_{штсв}$ – время расходуемое на пайку одного соединения;

$S_{чмех}$ – расходы на один час отработанного времени слесаря-сборщика;

$t_{штмех}$ – время расходуемое на пайку одного соединения;

K_d – коэффициент доплат к основной заработной плате.

$$Z_{осн} = [(250 \cdot 0,05) + (200 \cdot 0,05)] \cdot 1,88 = 165,13 \text{ рублей.}$$

Расчёт дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ проводим с использованием ранее определённого значения основной заработной платы $Z_{осн}$ для проектного и базового вариантов и с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} \quad (6)$$

где $K_{доп}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на заработную плату.

$$Z_{доп} = 165,13 \cdot 0,12 = 19,81 \text{ рублей}$$

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ и основной заработной платы $Z_{осн}$.

$$ФОТ = Z_{осн} + Z_{доп}. \quad (7)$$

$$ФОТ = 165,13 + 19,81 = 184,94 \text{ рубля}$$

Величину отчислений на социальные нужды $O_{сн}$ определяем с учётом ранее рассчитанного фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{сн}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$O_{сн} = ФОТ \cdot K_{сн} \quad (8)$$

При подстановке исходных значений в формулу (10) получаем:

$$O_{сн} = 184,94 \cdot 26,2/100 = 48,45 \text{ рублей}$$

Затраты на оборудование $Z_{об}$ рассчитываем с учётом амортизационных

отчислений $A_{об}$ и затрат на электрическую энергию $P_{э}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{об} = A_{об} + P_{э-э} \quad (9)$$

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации N_a , цены оборудования $C_{об}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{маш}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot T_{маш} \cdot N_a}{Фр \cdot 100} \quad (10)$$

Для сварки:

$$A_{обс} = \frac{8000 \cdot 18 \cdot 0,6}{1737 \cdot 100} = 0,5 \text{ рубля}$$

Для мех. обработки:

$$A_{обм} = \frac{60000 \cdot 12,5 \cdot 1}{1737 \cdot 100} = 4,32 \text{ рубля}$$

$$A_{об} = 0,5 + 4,32 = 4,82 \text{ рубля}$$

Расчёт затрат на электрическую энергию при изменении конструкции клещей $P_{э}$ выполняем с учётом установленной мощности оборудования $M_{уст}$, цены электрической энергии для промышленных предприятий $C_{э}$ и коэффициента полезного действия КПД для рассчитанного выше штучного времени $t_{шт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot C_{э-э} \cdot T_{маш}}{КПД} \quad (11)$$

При подстановке исходных значений в формулу (13) получаем

$$P_{э-э} = \left(\frac{4 \cdot 0,6}{0,7} + \frac{12 \cdot 1}{0,85} \right) \cdot 1,79 = 9,42 \text{ руб}$$

$$P_{об} = 4,82 + 8,42 = 13,24 \text{ руб.}$$

Величину технологической себестоимости $C_{тех}$ при выполнении производственного процесса по модернизации клещей определим как сумму затрат на материалы M , фонд заработной платы ФЗП, отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ и затраты на оборудование $Z_{об}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{тех} = M + ФОТ + O_{сн} + P_{об} + Зпл \quad (12)$$

$$C_{тех} = 913,18 + 184,94 + 48,45 + 13,24 + 94,9 = 1254,71 \text{ рубля}$$

Величину цеховой себестоимости $C_{цех}$ при выполнении производственного процесса по модернизации клещей определим с учётом ранее рассчитанной технологической себестоимости $C_{тех}$ и коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{цех} = C_{тех} + K_{цех} \cdot Z_{осн} \quad (13)$$

$$C_{цех} = 1254,71 + 2,15 \cdot 165,13 = 1609,73 \text{ рублей.}$$

Величину заводской себестоимости $C_{зав}$ при выполнении производственного процесса по модернизации клещей определим с учётом ранее рассчитанной цеховой себестоимости $C_{цех}$ и коэффициента заводских расходов $K_{зав}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$C_{зав} = C_{цех} + K_{зав} \cdot Z_{осн} \quad (14)$$

$$C_{зав} = 1609,73 + 2,5 \cdot 165,13 = 2022,56 \text{ рублей}$$

4.2. Расчет технологической, цеховой и заводской себестоимости пайки провода

Определение экономического эффекта от предложенных технических решений выполним сравнивая с припоем, содержащим серебро, и расходами на применяемом в настоящее время варианте технологии, таблица 13.

Таблица 13 – Параметры, согласно которым выполняется расчет себестоимости

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Ед. Изм	Значения	
				Базовый	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Количество паяных соединений провода соединительного в течение года	Ng	шт	1000	1000
2	Расходы на один час отработанного времени паяльщика	Сч	Р/час	250	250
3	Расходы на дополнительную заработную плату, выраженные через коэффициент	К доп		0,12	0,12
4	«Коэффициент доплат к основной з/пл	Кд		1,88	1,88
5	Расходы на социальные нужды, выраженные через коэффициент	Ксн	-	26,2	26,2
6	Норма амортизации оборудования оснастка	На	%	12	12
	сварочные клещи	На	%	18	18
7	Норма амортизации на площади	Нпл	%	5	5
8	Расходы цеховые, выраженные через коэффициент накладных расходов	Рцех	-	2,15	2,15
9	Расходы заводские, выраженные через коэффициент накладных расходов	Рзав	-	2,5	2,5
10	Площадь под технологическую операц.	S	м ²	12	12
11	Стоимость эксплуатации площадей	С _{экспл}	р/м ²	1787	1787
12	Цена приобретения площадей	Цпл	р/м ²	2500	2500
13	Фонд времени работы оборудования в течение года	Фэ	час	2054	2054

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6
14	Стоимость оборудования: для сборки для пайки (клещи)» [8]	Цоб	Руб	450 15000	2022,56 15000
15	Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь	Кпл	-	3	3
16	Коэффициент выполнения нормы	Квн	-	1,1	1,1
17	Нормативный коэффициент экономической эффективности	Ен	- --	0,33	0,33
18	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз		1,1	1,1
19	Затраты на 1 килограмм на закупку припоя по применяемому варианту, FELDER 15;	C_{felder}	р/кг	1280	
20	Затраты на 1 килограмм на закупку припоя по разработанному варианту технологии, П 14	$C_{П14}$	р/кг		285
21	Затраты на закупку флюса	$C_{фл}$	р/кг	70	-
22	Расходы на одно соединение припой FELDER 15	H_{felder}	кг	$30 \cdot 10^{-5}$	
	Расходы на одно соединение припой П14	$H_{П-14}$	кг		$30 \cdot 10^{-5}$
23	Затрачиваемое время на получение одного стыка, согласно технологических карт	$t_{шт}$	мин	1,5	0,9
24	Норма расхода флюса	$H_{ф}$	кг	0,002	-

Затраты на основные и вспомогательные материалы

Проведение операции пайки провода соединительного требует затрат вспомогательных материалов. При базовом варианте технологии такими материалами служит серебросодержащий припой FELDER 15. При проектной технологии служит припой П-14 в составе которого серебро отсутствует. При дальнейших расчётах себестоимости выполнения работ необходимо определить затраты M на материалы с учётом цены материалов C_m , нормы расхода материалов H_p и коэффициента транспортно-

заготовительных расходов K_{tz} , воспользовавшись формулой:

$$ЗМ = ЗМ \text{ вспомог.} \quad (15)$$

«В технологических процессах пайки провода соединительного в качестве вспомогательных материалов используются: припой, и в разработанном варианте и в применяемом на предприятии варианте технологии и флюс в базовом варианте» [22]. Поэтому

$$ЗМ \text{ вспомог. пр} = ЗМ \text{ припой.} \quad (16)$$

$$ЗМ \text{ вспомог. баз} = ЗМ \text{ припой} + З\text{флюс} \quad (17)$$

Финансовые расходы на вспомогательные материалы, которые нужны для пайки провода соединительного по применяемому на предприятии варианту технологии определим по формуле:

$$ЗМ \text{ припой.} = \Sigma N_{\text{пр.}} \cdot Ц_{\text{пр.}} \quad (18)$$

где $N_{\text{пр.}}$ - затраты на 1 килограмм на закупку припоя по разработанному варианту технологии, кг;

$Ц_{\text{пр.}}$ - цена припоя FELDER 15, руб за 1 кг

При подстановке исходных значений в формулу (7) получаем для базового варианта:

$$ЗМ \text{ припой.} = 1280 \cdot 90 \cdot 10^{-5} = 1,15 \text{ руб}$$

Финансовые расходы на вспомогательные материалы, которые нужны для пайки провода соединительного по разработанному варианту технологии определим по формуле:

$$ЗМ \text{ припой.} = 285 \cdot 90 \cdot 10^{-5} = 0,26 \text{ руб.}$$

Затраты на флюс (только для применяемого варианта технологии):

$$З\text{флюс} = Ц_{\text{фл.}} \cdot N_{\text{фл}} = 70 \cdot 0,002 = 0,14 \text{ руб}$$

В сумме затраты на материалы для применяемого варианта технологии составят:

$$З_{мб} = 1,15 + 0,14 = 1,29 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы для предлагаемого варианта технологии составят:

$$З_{мпр} = 0,26 \text{ руб}$$

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации N_a , цены оборудования $C_{об}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{маш}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot t_{маш} \cdot N_a \cdot k_3}{\Phi_p \cdot 100} \quad (19)$$

Продолжительность времени в течение которого оборудование для получения паяных соединений клещи паяльные газовый баллончик и оснастка непосредственно используются для получения соединений:

$$\Phi_p = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) \cdot T_{см} \cdot S \cdot (1 - K_{рп}) \quad (20)$$

В календарном году принимается число рабочих дней $D_p = 277$ при стандартной продолжительности смены $T_{см} = 8$ часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на $T_{п} = 1$ час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет $D_{п} = 7$. С учётом вышеизложенного для количества смен $K_{см} = 1$. При подстановке исходных значений в формулу (7) получаем:

$$\Phi_p = (365 - 104 - 8) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1737 \text{ часов}$$

При проведении последующих экономических расчетов примем годовую программу для проектного и базового вариантов технологии $\Pi_T = 1000$ соединений в год, что примерно соответствует современным потребностям отрасли.

Для расчёта требуемого количества оборудования, которое необходимо при выполнении годовой программы с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$, воспользуемся формулой:

:

$$no.расч = \frac{Nn * tu}{\Phi p * 60} \quad (21)$$

Nn – программа годовая выпуска – 1000 штук;

$tшт$ - время изготовления одного изделия, штучное время, мин.

$$tштб = 1,5 \text{ мин}$$

$$tштпр = 0,9 \text{ мин}$$

$$no \text{ расч.б} = 1000 \cdot 1,5 / (1737 \cdot 60) = 0,14$$

$$no \text{ расч.пр} = 1000 \cdot 0,9 / (1737 \cdot 60) = 0,085$$

Округляем в большую сторону, получаем что и в применяемом на производстве варианте технологии и предлагаемом к внедрению варианте требуются 1 клещи и 1 приспособление, $no \text{ прин.б.} = no \text{ прин.пр} = 1$

На основании проведённых расчётов принимаем количество единиц технологического оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса согласно проектного и базового вариантов $n = 1$. Для расчёта коэффициента загрузки оборудования в обоих вариантах технологии воспользуемся формулой:

$$kз = no \text{ расч.пр} / no \text{ прин.} \quad (22)$$

При подстановке исходных значений в формулу (5) получаем для базового варианта:

$$k_{зб} = 0,14/1 = 0,14$$

Для проектного варианта:

$$k_{зпр} = 0,085/1 = 0,085$$

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации H_a , цены оборудования $Ц_{об}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{маш}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_3 \cdot 100} \quad (23)$$

$$A_{обзб} = \frac{15000 \cdot 1,5 \cdot 18 \cdot 0,14}{1737 \cdot 100} = 0,32 \text{ руб}$$

$$A_{обпрб} = \frac{450 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 0,14}{1737 \cdot 100} = 0,013 \text{ руб}$$

$$A_{обзпр} = \frac{15000 \cdot 0,9 \cdot 18 \cdot 0,085}{1737 \cdot 100} = 0,11 \text{ руб}$$

$$A_{обпрпр} = \frac{2022,56 \cdot 0,9 \cdot 12 \cdot 0,085}{1737 \cdot 100} = 0,021 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы

Расчёт основной заработной платы $Z_{осн}$ выполняем по ранее определённым величинам штучного времени $t_{шт}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки $C_ч$. Для этого воспользуемся формулой:

$$Z_{осн} = C_ч \cdot t_{шт} \cdot K_{доп}, \quad (24)$$

При подстановке исходных значений в формулу (8) получаем для базового варианта технологии:

$$Z_{оснб} = 16,63 \cdot 0,05 \cdot 1,88 = 1,563 \text{ руб}$$

Для проектного варианта:

$$Z_{оснпр} = 16,63 \cdot 0,03 \cdot 1,88 = 0,937 \text{ руб}$$

Расчёт дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ проводим с использованием ранее определённого значения основной заработной платы

$Z_{осн}$ для проектного и базового вариантов и с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$Z_{доп} = K_{д} \cdot Z_{осн} / 100 \quad (25)$$

При подстановке исходных значений в формулу (9) получаем для базового варианта технологии:

$$Z_{допб} = 1,563 \cdot 12 / 100 = 0,18 \text{ руб}$$

Для проектного варианта:

$$Z_{доппр} = 0,973 \cdot 12 / 100 = 0,116 \text{ руб}$$

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ и основной заработной платы $Z_{осн}$.

$$\text{ФЗП} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (26)$$

$$\text{ФЗПб} = 1,563 + 0,18 = 1,743 \text{ рубля}$$

$$\text{ФЗПпр} = 0,937 + 0,116 = 1,089 \text{ рубля}$$

Величину отчислений на социальные нужды $O_{сн}$ определяем с учётом ранее рассчитанного фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{сн}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$O_{сн} = 40(Z_{осн} + Z_{доп}) / 100 \quad (27)$$

$$O_{снб} = 40 \cdot 1,743 / 100 = 0,697 \text{ руб}$$

$$O_{снпр} = 40 \cdot 1,089 / 100 = 0,435 \text{ руб}$$

Себестоимость технологическая пайки
по базовому и проектному вариантам

$$\text{Стех} = \text{Зм} + \text{Аоб} + \text{Зпл} + \text{Зосн} + \text{Здоп} + \text{Осн} \quad (28)$$

$$\text{Стехб} = 1,29 + 0,333 + 0,002 + 1,563 + 0,18 + 0,697 = 4,065 \text{ руб.}$$

$$\text{Стехпр} = 0,26 + 0,131 + 0,001 + 0,937 + 0,116 + 0,435 = 1,88 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

$$\text{Сцех} = \text{Стех} + \text{Рцех} = \text{Стех} + \text{Кцех} \cdot \text{Зосн} \quad (29)$$

$$\text{Сцехб} = 4,065 + 2,2 \cdot 1,563 = 7,5 \text{ руб.}$$

$$\text{Сцехпр} = 1,88 + 2,2 \cdot 0,937 = 3,94 \text{ руб.}$$

Заводская (производственная) себестоимость

$$\text{Сзав} = \text{Сцех} + \text{Рпроиз} = \text{Сцех} + \text{Кпр} \cdot \text{Зосн} \quad (30)$$

$$\text{Сзавб} = 7,5 + 1,1 \cdot 1,563 = 8,157 \text{ руб.}$$

$$\text{Сзавпр} = 3,94 + 1,1 \cdot 0,937 = 4,97 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость изделия

$$\text{Спол} = \text{Сзав} + \text{Рвнепр} = \text{Сзав} + \text{Квнепр} \cdot \text{Сзав} \quad (31)$$

$$\text{Сполб} = 8,157 + 0,17 \cdot 8,157 = 9,54 \text{ руб.}$$

$$\text{Сполпр} = 4,97 + 0,17 \cdot 4,97 = 5,558 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской стоимости изделия приведена в таблице 16.

Таблица 16 - Калькуляция заводской себестоимости проведения производственного процесса по базовому и проектному варианту технологии

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
1. Материалы вспомогательные	1,29	0,26
2. Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	0,333	0,131
3. Основная заработная плата	1,563	0,937
4. Дополнительная заработная плата	0,18	0,116
5. Отчисления на соц. страхование	0,697	0,435
Технологическая себестоимость	4,065	1,88
Цеховая себестоимость	7,5	3,94
Заводская себестоимость	8,157	4,97
Внепроизводственные расходы	1,39	0,84
Полная себестоимость	9,54	5,558

4.3. Определение экономической эффективности внедрения нового технологического процесса

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям:

- снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$;
- повышение производительности труда P_T ;
- снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех.}$;
- условно-годовая экономия $P_{ож.}$;
- срок окупаемости капитальных вложений $T_{ок.}$;
- годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$.

За счёт совершенствования технологического процесса получено снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое рассчитывается по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по базовому варианту $t_{шт.б.}$ и по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по проектному варианту $t_{шт.пр.}$

Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления токоподвода:

$$\text{Прож} = (\text{Сполб} - \text{Сполпр})N_{\Gamma} \quad (32)$$

$$\text{Прож} = (9,54 - 5,558) \cdot 1000 = 3982 \text{ руб}$$

Годовой экономический эффект от усовершенствования оборудования

$$\text{Э} = [(\text{Сполб} + E_n \cdot K_{уб}) - (\text{Сполпр} + E_n \cdot K_{упр})]N_{\Gamma} \quad (33)$$

где Сполб и Сполпр – полная удельная себестоимость (себестоимость единицы продукции по базовому и проектному вариантам);

E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности;

$K_{уб}$ и $K_{упр}$ – удельные капитальные вложения по базовому и проектному вариантам.

$$K_{у} = C_{пр}/N_{\Gamma} \quad (34)$$

В проектном варианте сборочное приспособление встраиваем в клещевину вместе с термопарой. В базовом варианте $K_{уб} = 0$, так как все оборудование уже есть.

$$K_{упр} = 2022,56 / 1000 = 2,022 \text{ руб.}$$

$$\text{Э} = [(9,54) - (5,558 + 0,33 \cdot 2,022)] \cdot 1000 = 3314,74 \text{ руб}$$

Определение срока окупаемости капитальных вложений

$$\text{Ток} = (K_{упр} - K_{уб}) / \text{Сполб} - \text{Сполпр} \quad (35)$$

$$\text{Ток} = 2,022 / 3,982 = 0,5 \text{ года}$$

Определяем коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{сп} = 1/\text{Ток} = 1/0,5 = 1,96$$

Получили, что $E_{cp} > E_n$.

За счёт совершенствования технологического процесса получено снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт}$, которое рассчитывается по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по базовому варианту $t_{шт.б.}$ и по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по проектному варианту $t_{шт.пр.}$ При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad (36)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{1,5 - 0,95}{1,5} \cdot 100\% = 36\%$$

Расчёт повышения производительности труда P_T выполняется с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (37)$$

$$P_T = \frac{100 \cdot 36}{100 - 36} = 56,6\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ выполняем с учётом ранее определённых технологической себестоимости по базовому варианту технологии $\Delta C_{тех.б.}$ и технологической себестоимости по проектному варианту технологии $\Delta C_{тех.пр.}$ При расчётах воспользуемся формулой:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техб} - C_{техпр}}{C_{техб}} \cdot 100\% \quad (38)$$

$$\Delta C_{тех} = \frac{9,54 - 5,558}{9,54} \cdot 100\% = 41\%$$

В ходе выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы рассмотрены варианты построения производственного процесса с применением базовой технологии и с применением проектной технологии.

Для проектной и базовой технологии были рассчитаны основные экономические показатели (штучное время; технологическая, цеховая и заводская себестоимость, капитальные вложения).

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям, как снижение трудоёмкости, повышение производительности труда, снижение технологической себестоимости, условно-годовая экономия, срок окупаемости капитальных вложений, годовой экономический эффект.

Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 36 % и увеличить производительность на 56%.

Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 41%. При этом условно-годовая экономия составила 3000 рублей.

Дополнительные капитальные вложения окупятся за 1,96 года. При этом годовой экономический эффект составит 3314 рублей.

На основании вышеизложенного следует признать эффективность построения производственного процесса по проектной технологии. Представленные в выпускной квалификационной работе технические решения могут быть рекомендованы к внедрению на предприятиях Российской Федерации..

Заключение

Ликвидировать такой недостаток применяемого технологического процесса как использование припоя с высокой стоимостью - FELDER 15, предложено заменив его на медно-фосфористый припой П14. С учетом замены разработан технологический процесс сборки-пайки провода соединительного станций сотовой связи.

Выполнена модернизация клещей, что обеспечивает высокое качество паяемого провода путем повышения точности сборки под пайку и повышения точности контроля температуры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволят соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям, как снижение трудоёмкости, повышение производительности труда, снижение технологической себестоимости, условно-годовая экономия, срок окупаемости капитальных вложений, годовой экономический эффект.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса в производство составит 31870 рублей.

Задачи выпускной работы выполнены, цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Список используемых источников и литературы

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений. М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997. 319 с.: ил.
4. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004379> (дата обращения: 3.12.2021)
5. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004932> (дата обращения: 3.12.2021)
6. ГОСТ 9466-76. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. М., 1988. [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9466-75> (дата обращения: 4.12.2021)
7. Голицын А.В. Организация производства. Учеб. для проф. учеб. заведений. М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2015. 214 с.
8. ГОСТ Р ЕН 13479-2010 Материалы сварочные. Общие требования к присадочным материалам и флюсам для сварки металлов плавлением [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084970> (дата обращения: 4.10.2022)
9. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам

подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2012. 135 с.

10. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008.-77 с.

11. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ ; гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2002. - 286 с.

12. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учеб. пособие для студ. спец. 150202 "Оборудование и технология сварочного производства" / М. Г. Козулин. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2010. - 305 с.

13. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.

14. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

15. Краткий справочник паяльщика / И.Е. Петрунин [и др.] ; под общ. ред. И.Е. Петрунина. – М. : Машиностроение, 1991. – 212 с.

16. Лашко, Н.Ф. Вопросы теории и технологии пайки / Н.Ф. Лашко, С.В. Лашко. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1974. – 248 с.

17. Петрунин, И.Е. Пайка металлов : учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / И.Е. Петрунин, С.Н. Лоцманов, Г.А. Николаев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Металлургия, 1973. – 281 с.

18. Потапов Н.Н., Баранов Д.Н., Каковкин О.С. Сварочные материалы для дуговой сварки: Справочное пособие: В 2-х т. Т.2: Сварочные проволоки и электроды. - М.: Машиностроение, 1993 -768 с.

19. Припадчев, А. Д. Технология выполнения паяных соединений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов, Н. З. Султанов ; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург : ОГУ, 2015. - 133 с.
20. Проектирование технологии пайки металлических изделий : справочник / С.В. Лашко [и др.]. – М. : Металлургия, 1983. – 280 с.
21. Сварка и резка материалов : учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.] ; под ред. Ю. В. Казакова. - 2-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Академия, 2002. - 394 с.
22. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ. изд./Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. - 574 с.
23. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат, 1977. 780с.
24. Федоров А.Л. Технология изготовления паяных конструкций: учеб.-метод. пособие / А.Л. Федоров, А.Ю. Краснопевцев, О.В. Шашкин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. –62 с.
25. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
26. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
27. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.
28. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
29. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

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

31. Dykhno I.S., Kutchuk-Yatsenko V.S. Method for making permanent joints in aluminium-base metallic materials to aluminium alloys and ceramic // Proceeding of the second Japan international SAMPE symposium and exhibition «Advanced materials for future industries»(Tokio, 11-14 december 1991).—Tokio: SAMPE,1991.—P.758-765.

32. Fabrication of truss structures of tubular and rod aluminium matrix composites by brazing-welding method / . V.F.Chorunov, V.I. Kutchuk-Yatsenko, I.V. Zvolifiskij, V.I. Schwets // Proceedings of the 3rd International conference on «Brazing, high temperature brazing and diffusion welding» (Aachen, 24-26 november 1992).—Aachen: DVS, 1992,—P. 107-118.

33. Feng Lei Research on Effect of Soldering Temperature and Time on Intensity of Sn-Ag-Cu (In) Solder without Plumbum // Proceedings of ISTM - Beijing (China), 2007 Vol 5 -P 4408-4411