

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте
Факультет Техники и технологии
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д.т.н. профессор
А. В. Козлов
2017 г.

«Разработка установки автоматизированной пайки соединителей к кабельным
жгутам»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР

Консультанты:
Безопасность жизнедеятельности

—
ИТ
г.

Златоуст 2017

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте
Факультет Техники и технологии

Направление 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

УТВЕРЖДАЮ

едрой
в А.В./
_ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Сафина Вадима Даниловича

Группа ФТТ – 402

1. Тема работы Автоматизация процесса пайки соединителей к кабельным жгутам утверждена приказом по университету от «28» апреля 2017 г. № 835
2. Срок сдачи студентом законченной работы 24 июня 2017 г.
3. Исходные данные к работе
 - 3.1 Материалы преддипломной практики
 - 3.2 Существующий технологический процесс пайки «сборки кабельной»
 - 3.3 Материал курсового проекта по дисциплине «Основы проектирования автоматизированных систем»

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Введение	30.05.2017	
Исследовательский раздел	01.06.2017	
Конструкторский раздел	08.06.2017	
Безопасность жизнедеятельности	15.06.2017	
Экономический раздел	18.06.2017	
Оформление работы	22.06.2017	
Сдача ВКР на кафедру	24.06.2017	

Заведующий кафедрой _____

_____ /А.В. Козлов/

Руководитель работы _____

_____ /И.П. Дерябин/

Студент-дипломник _____

_____ /В.Д. Сафин/

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ	9
1.1 Анализ способов соединения жгута проводов и соединителя.....	9
1.2 Изучение и описание процесса пайки	13
1.3 Анализ отечественных и передовых зарубежных технологий и решений в области пайки	22
1.4 Задачи проектирования	30
1.5 Выводы.....	30
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	31
2.1 Разработка и обоснование требований предъявляемых к установке автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам	31
2.2 Обоснование и выбор элементной базы установки	32
2.3 Разработка функциональной схемы установки	38
2.4 Проектирование структурной схемы системы управления автоматизированной установки.....	40
2.5 Разработка и описание алгоритма работы автоматизированной установки.....	42
2.6 Описание принципа действия установки	46
2.7 Разработка циклограммы работы установки	49
2.8 Выводы.....	54
3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	55
3.1 Анализ опасных и вредных факторов при осуществлении пайки.....	55
3.2 Техника безопасности при работе с расплавами.....	66
3.3 Организация вытяжной вентиляции на участке пайки.....	69
3.4 Выводы.....	70
4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	71
4.1 Расчет себестоимости установки	71
4.2 Выводы.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	73

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Современное машиностроение развивается во всех направлениях и одно из направлений развития, это автоматизация машиностроительных производств. Автоматизация необходима, так как она позволяет в значительной степени повысить: качество выпускаемой продукции, скорость выполнения операций, точность управления процессом производства и многие другие показатели.

Автоматизация процесса пайки проводов к соединителям также является необходимой мерой, потому что сам процесс пайки очень трудоемок, кропотлив и вреден для здоровья человека. А главная задача автоматизации производств, наверное, всё таки состоит в выводе человека из опасной для его здоровья зоны путём внедрения автоматизированных систем [10].

Цель работы – разработка установки автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам.

Задачи работы:

- проектирование структурной схемы системы управления автоматизированной установкой;
- разработка функциональной схемы установки;
- обоснование и выбор элементной базы установки;
- разработка алгоритма работы автоматизированной установки;
- разработка циклограммы работы установки.

Объект работы – установка автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам.

Предмет работы – процесс разработки установки автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам.

Результаты работы рекомендуется использовать при разработке автоматизированных систем пайки на машиностроительных предприятиях.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ способов соединения жгута проводов и соединителя

1.1.1 Обжимка

Способ соединения проводов с контактами соединителя состоит в том, что конец провода, имеющего токопроводящую часть, окруженную изолирующей оболочкой, частично освобождают от изоляции и вводят в донную часть глухого ступенчатого отверстия, которое выполняют в хвостовике контакта, при этом смежный участок провода в изолирующей оболочке вводят в выходную часть глухого ступенчатого отверстия, после чего внешним силовым воздействием хвостовик контакта обжимают таким образом, что внутреннюю поверхность донной части глухого ступенчатого отверстия внедряют в токопроводящую часть провода, обеспечивая электрическое соединение, а внутреннюю поверхность выходной части глухого ступенчатого отверстия внедряют в участок изолирующей оболочки, обеспечивая герметизацию электрического соединения. Контакт с введенным соединительным элементом в хвостовик представлен на рисунке 1.1.

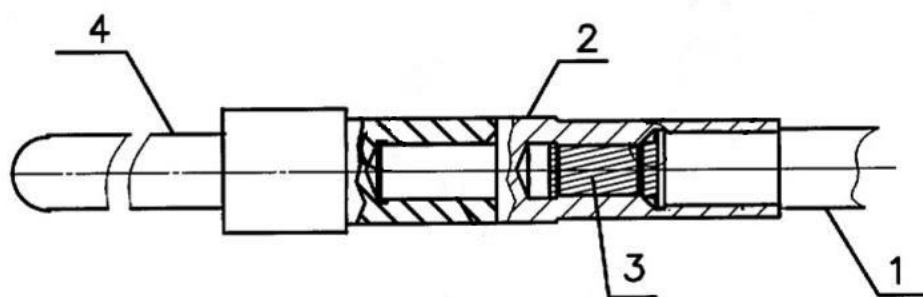


Рисунок 1.1 – Контакт с введённым соединительным элементом в хвостовик

1 – провод; 2 – хвостовик; 3 – токопроводящая часть провода; 4 – базовая часть контакта

Контакт выполняют составным, включающим базовую часть контакта и съемный хвостовик, при этом съемный хвостовик контакта с его базовой частью соединяют посредством соединительных элементов, которые выполняют на каждой из его составных частей. Соединение хвостовика контакта с его базовой частью осуществляют либо импульсным силовым воздействием, либо пайкой.

Рассматриваемый способ соединения проводов относится может быть использован при изготовлении кабельной сети в ракетно-космической, авиационной, электротехнической и других отраслях техники. Однако имеется ряд факторов, которые делают такое соединение недостаточно надежным:

- при малых сечениях (менее 0,5 мм) токопроводящих элементов проводов со снятой изоляцией они становятся недостаточно прочными при их изгибе во время выполнения монтажных операций, тем более, что введенный в хвостовую полость контакта провод при изгибах упирается во внутреннюю кромку хвостовика;

- в связи с тем, что снятие изоляции проводов зачастую производится с помощью электроножей, токоведущие элементы провода нагреваются, при этом, материал проводника становится менее прочным за счет изменения его внутренней структуры, к тому же, место такого ослабления совпадает с местом максимальной деформации материала при проведении монтажных операций;

- указанные факторы, снижающие надежность, усугубляются при изготовлении токопроводящих элементов проводов, выполненных из материалов с малым удельным весом, например из алюминия и его сплавов;

- при обжиге хвостовиков контактов, например, ручными щипцами лишь отдельные участки хвостовиков внедряются в токопроводящие элементы проводов, поэтому переходное сопротивление в местах соединения не получается стабильным в процессе эксплуатации, так как контактные площадки подвергаются воздействию более или менее агрессивной окружающей среды, например кислорода воздуха, что особенно негативно сказывается при

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

использовании токопроводящих элементов проводов, выполненных из таких материалов, как алюминий [1].

Анализируя недостатки представленного способа соединения жгута проводов и хвостовиков соединителя приходим к выводу, что данный способ соединения нам не подходит, так как обжим не обеспечивает требуемой герметичности, прочности и устойчивости к вибрациям соединения.

1.1.2 Клейка

Данный способ соединения проводов с контактами соединителя состоит в том, что между поверхностями хвостовика соединителя и проводом наносится слой токопроводящего клея, который собственно и выполняет функции скрепления провода с хвостовиком и токопроводности соединения.

Токопроводящий клей – это специализированный клей, в состав которого входит мелкодисперсный порошок никеля, палладия, серебра или золота, в результате чего он обретает способность к проводимости тока при сохранении хороших соединяющих качеств. Благодаря высоким проводящим свойствам, клей используется при монтаже и ремонте электронных схем, скреплении деталей в радиоприборах, монтаже термопроводящих механизмов.

Достоинства токопроводящего клея:

- имеют высокую адгезию – способность прикрепляться к материалам различной текстуры (гладкой, пористой, металлической);
- позволяет монтировать элементы, не допускающие нагрева выше 180 °С;
- даже при длительной эксплуатации и нагреве деталей клей не меняет свойств;
- помимо токопроводящих свойств, клей отлично герметизирует;
- быстро высыхает;
- выдерживает перепады температур от -190 °С до +200 °С.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Термопроводный клей просто незаменим там, где невозможно использовать электропаяльник, иначе возрастает угроза деформации микросхем. Некоторые детали настолько миниатюрны и изящны, что жало паяльника превосходит размеры поверхности, поэтому его применение невозможно.

Склеивку хвостовика с проводом условно можно разбить на 3 этапа.

1) Подготовительный этап. Эффективность клея во многом зависит от того, насколько качественно обработаны склеиваемые поверхности. На них могут иметься следы окислов, пыли, жира, которые, если их не удалить, мешают хорошему сцеплению клеящего состава с деталями. Если клей «не возьмётся», то это грозит низкой проводимостью тока и плохим контактом. В качестве очистительного средства используют этиловый спирт. Он имеет обезжиривающий эффект и хорошо удаляет следы окислов.

2) Нанесение состава. Слой клея наносится работником цеха с помощью аппликатора перекрывая провод 1,0 мм.

3) Сушка соединения.

В зависимости от состава и активно действующего металлического наполнителя клей имеет разную степень проводимости и сопротивления. Хорошо проводит ток графит, но такой состав плохо соединяется с поверхностью. Улучшить сцепление поможет добавление порошкового никеля, который стабилизирует проводящие характеристики. Если необходимо увеличить эластичность и понизить плотность, нужно увеличить полимерную составляющую. Также полимеры защищают от ударов и вибрации. Полимеры хорошо герметизируют и обладают низкой теплопроводностью, клей не теряет свойств при перепадах температур [1].

Анализируя данный способ соединения был выделен ряд недостатков:

- высокая стоимость клея, обусловленная наличием в его составе мелкодисперсного серебра, золота, палладия или никеля;
- средство содержит синтетические смолы, полимеры, металлические добавки, небезопасные для здоровья человека.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Отсюда, делаем вывод что данный способ соединения нам не подходит, так как он дорогостоящий, небезопасный и неизвестно как клей проявит свои качества в реальных условиях эксплуатации кабельной сборки.

1.2 Изучение и описание процесса пайки

Как способ неразъемного соединения металлов пайка известна с давних пор. Паяными металлическими изделиями пользовались в Вавилоне, Древнем Египте, Риме и Греции. Удивительно, но за тысячелетия, прошедшие с тех пор, технология пайки изменилась не так сильно, как этого можно было бы ожидать.

Пайкой называется процесс соединения металлов посредством введенного между ними расплавленного связующего материала - припоя. Последний заполняет зазор между соединяемыми деталями и, застывая, прочно соединяется с ними, образуя неразъемное соединение.

При пайке припой нагревают до температуры, превышающей температуру его плавления, но не достигающей точки плавления металла соединяемых деталей. Становясь жидким, припой смачивает поверхности и заполняет все зазоры за счет действия капиллярных сил. Происходит растворение основного материала в припое и их взаимная диффузия. Застывая, припой прочно сцепляется с паяемыми деталями.

При пайке должно выполняться следующее температурное условие:

$$T_1 < T_2 < T_3 < T_4, \quad (1.1)$$

где, T_1 – температура, при которой паяное соединение работает;

T_2 – температура плавления припоя;

T_3 – температура нагрева при пайке;

T_4 – температура плавления соединяемых деталей.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Применение пайки

В наше время среди различных способов создания неразъемных деталей, пайка занимает второе место после сварки, а в некоторых областях ее позиции являются главенствующими. Трудно себе представить современную IT-промышленность без этого компактного, чистого и прочного способа соединения элементов электронных схем.

Применение пайки широко и многообразно. Ею соединяют медные трубы в теплообменниках, холодильных установках и всевозможных системах, транспортирующих жидкие и газообразные среды. Пайка является основным способом крепления твердосплавных пластин к металлорежущему инструменту. При кузовных работах с ее помощью крепят тонкостенные детали к тонкому листу. В виде лужения используют для защиты некоторых конструкций от коррозии.

Виды пайки

Классификация пайки носит довольно сложный характер из-за большого числа классифицируемых параметров. Согласно технологической классификации по ГОСТ 17349-79 пайка металлов подразделяется: по способу получения припоя, по характеру заполнения припоем зазора, по типу кристаллизации шва, по способу удаления оксидной пленки, по источнику нагрева, по наличию или отсутствию давления в стыке, по одновременности выполнения соединений.

Одной из основных является классификация пайки по температуре плавления используемого припоя. В зависимости от этого параметра пайку подразделяют на низкотемпературную (используются припои с температурой плавления до 450 °С) и высокотемпературную (температура плавления припоев выше 450 °С) [2].

Низкотемпературная пайка более экономична и проста в исполнении, чем высокотемпературная. Ее преимуществом является возможность применения на миниатюрных деталях и тонких пленках. Хорошая тепло- и электропроводность

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

припоев, простота выполнения процесса пайки, возможность соединения разнородных материалов обеспечивают низкотемпературной пайке ведущую роль при создании изделий в электронике и микроэлектронике.

К преимуществам высокотемпературной пайки относится возможность изготовления соединений, выдерживающих большую нагрузку, в том числе и ударную, а также получение вакуумно-плотных и герметичных соединений, работающих в условиях высоких давлений. Основными способами нагрева при высокотемпературной пайке, в единичном и мелкосерийном производстве, является нагрев газовыми горелками, индукционными токами средней и высокой частоты.

Композиционная пайка применяется при пайке изделий, имеющих некапиллярные или неравномерные зазоры. Она осуществляется с использованием композиционных припоев, состоящих из наполнителя и легкоплавкой составляющей. Наполнитель имеет температуру плавления выше температуры пайки, поэтому он не расплавляется, а лишь заполняет собой зазоры между паяемыми изделиями, служа средой распространения легкоплавкой составляющей.

По характеру получения припоя различают следующие виды пайки.

Пайка готовым припоем – самый распространенный вид пайки. Готовый припой расплавляется нагревом, заполняет зазор между соединяемыми деталями и удерживается в нем благодаря капиллярным силам. Последние играют очень важную роль в технологии пайки. Они заставляют расплавленный припой проникать в самые узкие щели соединения, обеспечивая его прочность.

Реакционно–флюсовая пайка, характеризующаяся протеканием реакции вытеснения между основным металлом и флюсом, в результате которой образуется припой. Наиболее известная реакция при реакционно–флюсовой пайке: 3ZnCl_2 (флюс) + 2Al (соединяемый металл) = 2AlCl_3 + Zn (припой).

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Припой

В качестве припоев используются как чистые металлы, так и их сплавы. Чтобы припой мог хорошо исполнять свое предназначение, он должен обладать целым рядом качеств.

Смачиваемость. Прежде всего, припой должен обладать хорошей смачиваемостью по отношению к соединяемым деталям. Без этого будет просто отсутствовать контакт между ним и паяемыми деталями.

В физическом смысле смачивание подразумевает явление, при котором прочность связи между частицами твердого вещества и смачивающей его жидкости оказывается выше, чем между частицами самой жидкости. При наличии смачивания жидкость растекается по поверхности твердого вещества и проникает во все его неровности. На рисунке 1.2 изображен пример смачивающих и несмачивающих жидкостей.

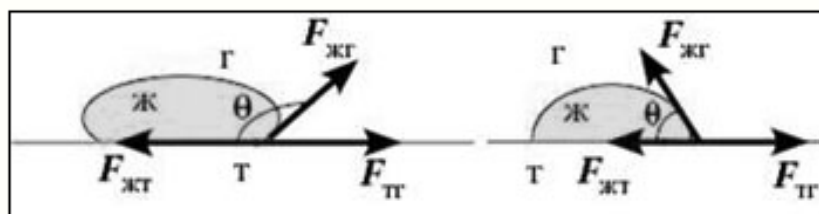


Рисунок 1.2 – Пример несмачивающей (слева) и смачивающей (справа) жидкостей

Если припой не смачивает основной металл, пайка невозможна. В качестве такого примера можно привести чистый свинец, который плохо смачивает медь и не может поэтому служить припоем для неё.

Температура плавления. Припой должен иметь температуру плавления ниже температуры плавления соединяемых деталей, но выше той, при которой соединение будет работать. Температура плавления характеризуется двумя точками – температурой солидуса (температура, при которой плавится самый легкоплавкий компонент) и температурой ликвидуса (наименьшим значением, при которой припой становится полностью жидким) [3].

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Разница между температурами ликвидуса и солидуса называется интервалом кристаллизации. Когда температура соединения находится в интервале кристаллизации, даже незначительные механические воздействия приводят к нарушениям кристаллической структуры припоя, в результате чего может возникнуть его хрупкость и возрасти электрическое сопротивление. Поэтому необходимо соблюдать очень важное правило пайки – не подвергать соединение никакой нагрузке до полного окончания кристаллизации припоя.

Кроме хорошей смачиваемости и необходимой температуры плавления, припой должен обладать еще рядом свойств:

- содержание токсичных металлов (свинца, кадмия) не должно превышать установленных значений для определенных изделий;
- должна отсутствовать несовместимость припоя с соединяемыми металлами, которая может привести к образованию хрупких интерметаллических соединений;
- припой должен обладать термостабильностью (сохранением прочности паяного соединения при изменении температуры), электростабильностью (неизменностью электрических характеристик при токовых, тепловых и механических нагрузках), коррозионной стойкостью;
- коэффициент теплового расширения (КТР) не должен сильно отличаться от КТР соединяемых металлов;
- коэффициент теплопроводности должен соответствовать характеру эксплуатации паяного изделия.

В зависимости от температуры плавления припои подразделяют на легкоплавкие (мягкие) с температурой плавления до 450 °С и тугоплавкие (твердые) с температурой плавления выше 450 °С.

Легкоплавкие припои. Наиболее распространенными легкоплавкими припоями являются оловянно–свинцовые, состоящие из олова и свинца в различном соотношении. Для придания определенных свойств в них могут

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

вводятся другие элементы, например, висмут и кадмий для понижения температуры плавления, сурьма для увеличения прочности шва и т.д.

Оловянно–свинцовые припои имеют низкую температуру плавления и относительно невысокую прочность. Их не следует применять для соединения деталей, испытывающих значительную нагрузку или работающих при температуре выше 100°C. Если все же приходится применять пайку мягкими припоями для соединений, работающих под нагрузкой, нужно увеличивать площадь соприкосновения деталей [4].

К наиболее широко используемым относятся оловянно–свинцовые припои ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61, ПОС-90, имеющие температуру плавления примерно 190–280 °С (из них самый тугоплавкий – ПОС-18, самый легкоплавкий - ПОС-61). Цифры означают процентное содержание олова. Кроме основных металлов припои ПОС содержат также небольшое количество примесей. В приборостроении ими паяют электросхемы, соединяют провода. В домашних условиях с их помощью соединяют самые различные детали. Назначение легкоплавких оловянно–свинцовых припоев приведено в таблице 1.1.

Тугоплавкие припои. Из тугоплавких припоев чаще всего используются две группы – припои на основе меди и серебра. К первым относятся медно-цинковые припои, которые используются для соединения деталей, несущих лишь статическую нагрузку. Из-за определенной хрупкости их нежелательно применять в деталях, работающих в условиях ударов и вибрации.

К медно–цинковым припоям относятся, в частности, сплавы ПМЦ-36 (примерно 36% Cu, 64% Zn), с интервалом кристаллизации 800–825 °С, и ПМЦ-54 (примерно 54% Cu, 46% Zn), с интервалом кристаллизации 876–880 °С. С помощью первого припоя паяют латунь и прочие медные сплавы с содержанием меди до 68%, осуществляют тонкую пайку по бронзе. ПМЦ-54 используют для пайки меди, томпака, бронзы, стали.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Для соединения стальных деталей в качестве припоя используют чистую медь, латуни Л62, Л63, Л68. Соединения, паянные латунью, обладают более высокой прочностью и пластичностью в сравнении с соединениями, паянными медью, они способны вынести значительные деформации.

Таблица 1.1 – Назначение легкоплавких оловянно–свинцовых припоев

Припой	Назначение
ПОС-90	Пайка деталей и узлов, подвергающихся в дальнейшем гальванической обработке (серебрение, золочение)
ПОС-61	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, в том числе высокочастотных, выводов обмоток, выводных концов ротора двигателей с ламелями коллектора, радиоэлементов и микросхем, монтажных проводов в полихлорвиниловой изоляции, а также пайка в тех случаях, когда требуется повышенная механическая прочность и электропроводность.
ПОС-40	Лужение и пайка токопроводящих деталей неответственного назначения, наконечников, соединение проводов с лепестками, когда допускается более высокий нагрев, чем в случаях использования ПОС-61.
ПОС-30	Лужение и пайка механических деталей неответственного назначения из меди и её сплавов, стали и железа.
ПОС-18	Лужение и пайка при пониженных требованиях к прочности шва, деталей неответственного назначения из меди и её сплавов, пайка оцинкованной жести.

Серебряные припои относятся к наиболее качественным. Сплавы марки ПСр кроме серебра содержат медь и цинк. Припоем ПСр-70 (примерно 70% Ag, 25% Cu, 4% Zn), с температурой плавления 715–770°C, паяют медь, латунь, серебро. Его используют в тех случаях, когда место спая не должно резко уменьшать электропроводность изделия. ПСр-65 используют для пайки и лужения ювелирных изделий, фитингов из меди и медных сплавов, предназначенных для соединения медных труб, используемых в системах горячего и холодного питьевого водоснабжения, им паяют стальные ленточные

пилы. Припой ПСр-45 используют для пайки стали, меди, латуни. Его можно применять в тех случаях, когда соединения работают в условиях вибрации и ударов, в отличие, например, от ПСр-25, который удары выдерживает плохо.

Другие виды припоя. Существует множество других припоев, предназначенных для пайки изделий, состоящих из редких материалов или работающих в особых условиях.

Никелевые припои предназначены для пайки конструкций, работающих в условиях высоких температур. Обладая температурой плавления от 1000°C до 1450°C, они могут использоваться для пайки изделий из жаропрочных и нержавеющей сталей.

Золотые припои, состоящие из сплавов золота с медью или никелем, используются для пайки золотых изделий, для пайки вакуумных электронных трубок, в которых недопустимо наличие летучих элементов [5].

Для пайки магния и его сплавов применяют магниевые припои, содержащие помимо основного металла также алюминий, цинк и кадмий.

Материалы для пайки металлов могут иметь различную форму выпуска – в виде проволоки, тонкой фольги, таблеток, порошка, гранул, паяльных паст. От формы выпуска зависит способ их ввода в стыковую зону. Припой в виде фольги или паяльной пасты укладывается между соединяемыми деталями, проволока подается в зону соединения по мере расплавления ее конца.

Флюсы. Прочность паяного соединения зависит от взаимодействия основного металла с расплавленным припоем, которое в свою очередь зависит от наличия физического контакта между ними. Оксидная пленка, присутствующая на поверхности паяемого металла, препятствует контакту, взаимной растворимости и диффузии частиц основного металла и припоя. Поэтому ее необходимо удалять. Для этого применяются флюсы, в задачу которых входит не только удаление старой окисной пленки, но и препятствие образованию новой, а также снижение поверхностного натяжения жидкого припоя с целью улучшения его смачиваемости.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

При пайке металлов применяются различные по составу и свойствам флюсы. Флюсы для пайки имеют различия:

- по агрессивности (нейтральные и активные);
- по температурному интервалу пайки;
- по агрегатному состоянию – твердые, жидкие, геле- и пастообразные;
- по виду растворителя – водные и неводные.

Широко распространенными флюсами являются борная кислота (H_3BO_3), бура ($Na_2B_4O_7$), фтористый калий (KF), хлористый цинк ($ZnCl_2$), канифольно–спиртовые флюсы, ортофосфорная кислота [6]. Флюс должен соответствовать температуре пайки, материалу паяемых деталей и припоя. Например, бура используется для высокотемпературной пайки углеродистых сталей, чугуна, меди, твердых сплавов медными и серебряными припоями. Для пайки алюминия и его сплавов применяют препарат, состоящий из хлористого калия, хлористого лития, фтористого натрия и хлористого цинка (флюс 34А). Для низкотемпературной пайки меди и её сплавов, оцинкованного железа используется, например, состав из канифоли, этилового спирта, хлористого цинка и хлористого аммония (флюс ЛК-2).

Флюс может применяться не только в виде отдельного компонента, но и входить составным элементом в паяльные пасты и таблетированные виды так называемых флюсующихся припоев.

Паяльные пасты. Паяльная паста – это пастообразное вещество, состоящее из частиц припоя, флюса и различных добавок. Паяльная паста обычно используется для поверхностного монтажа SMD–компонентов, но удобна и для пайки в труднодоступных местах. Пайка радиодеталей такой пастой осуществляется с помощью термовоздушной или инфракрасной станции. Получается красивая и качественная пайка. Однако из-за того, что большая часть паяльных паст не содержит активных флюсов позволяющих паять, например сталь, большинство из них подходят только для пайки электроники [7].

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

1.3 Анализ отечественных и передовых зарубежных технологий и решений в области пайки

1.3.1 Устройство для пайки проводов к контактам разъёма

Устройство содержит стол с подвижной кареткой, управляемой от ЧПУ, узел пайки с приводом его перемещения, устройство пайки и контроля расплаиваемой цепи. На столе перпендикулярно плоскости разъема, устанавливаемого в отверстии каретки, размещен подвижный в осевом направлении контакт. Контакт электрически связан с входом схемы управления, обеспечивающей работу привода узла пайки. Перед пайкой каждого провода подвижный контакт с помощью привода подводится к расплаиваемому контакту разъема. При наличии замкнутой цепи по сигналу от схемы контроля включается привод узла пайки. Изобретение позволяет повысить производительность и качество монтажа путем совмещения операций изготовления и контроля. На рисунке 1.3 показан общий вид устройства и вид А.

Устройство содержит основание 1 со стойками 2 и 3, между которыми размещен стол 4 имеющий два кронштейна 5 и 6, установленные на цапфах 7 и 8 в стойках 2 и 3 основания 1. На стойке 3 установлен механизм изменения угла наклона стола 9 относительно основания 1. На столе 4 размещена каретка 10 с приводами ее перемещения по трем осям 11, 12, 13, управляемыми от системы ЧПУ 14. На стойках 2 и 3 установлена рамка 15, на которой размещен узел 16 пайки с паяльником 17, имеющим внутри отверстие для подачи припоя.

С рамкой 15 кинематически связан размещенный на стойке 2 блок привода узла 18 пайки. В отверстии каретки 10 устанавливается расплаиваемый разъем 19 закрепляется с помощью фиксатора захвата 20.

Устройство 21 пайки и контроля расплаиваемой цепи содержит подвижный в осевом направлении контакт 22 с приводом контакта 2. Контакт 22 установлен на столе перпендикулярно плоскости расплаиваемого разъема 19 со

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

стороны, обратной к припаиваемому контакту разъема. Блок 21 содержит также схему 24 контроля образования расплаиваемой цепи, коммутатор 25 с устройством 26 управления, схему 27 управления пайкой, счетчик 28 номера расплаиваемой цепи и переходное устройство 29, представляющее собой блок разъемов 30.

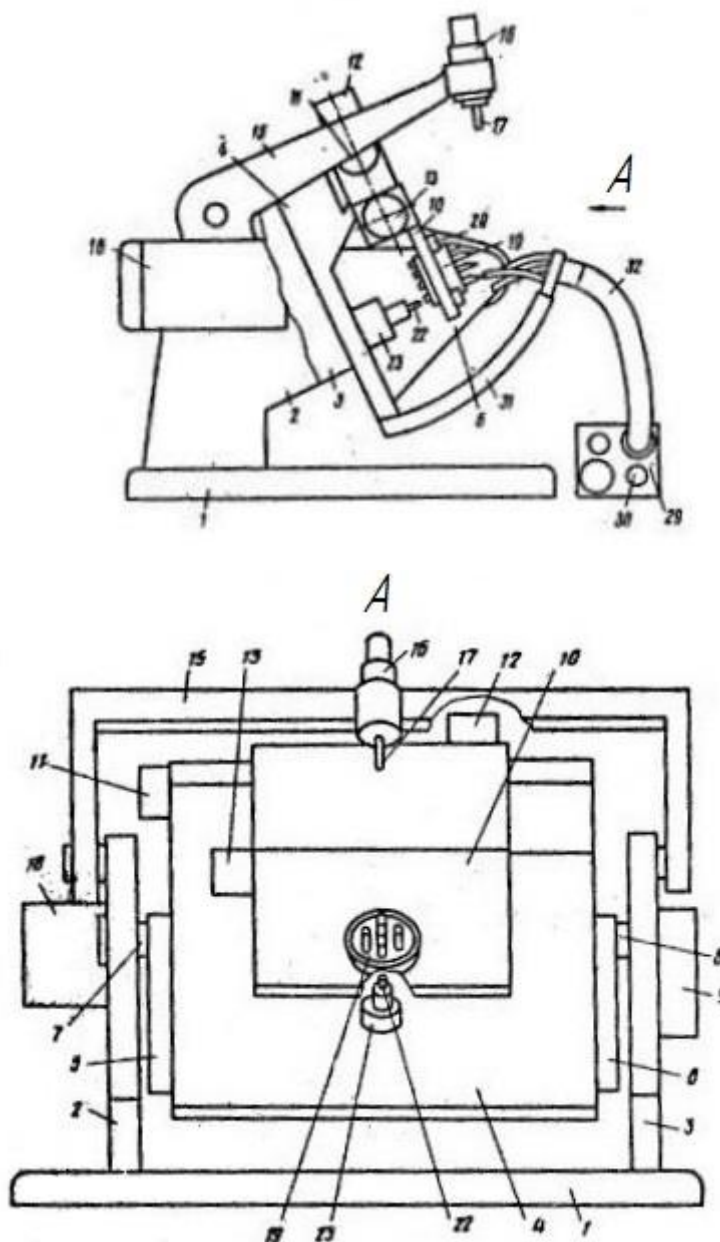


Рисунок 1.3 – Общий вид устройства и вид А

Переходное устройство предназначено для подключения различных типов разъемов расплаиваемых кабелей к устройству пайки и контроля. Со

столом жестко связан держатель 31, в котором закрепляется одним концом распаиваемый кабель 32. Выходы переходного устройства 29 соединены с входами коммутатора 25.

Подвижный контакт 22 и выход коммутатора 25 соединен с паяльником 17 узла 16, так чтобы при пайке он касался в нижнем положении распаиваемого контакта разъема, но не задевал соседних контактов и не повреждал изоляцию припаиваемых проводов. При этом оператор должен иметь возможность вводить концы проводов в контакты разъема. Затем по сигналу от системы ЧПУ 14 каретка 10 перемещается в положение, соответствующее распайке первого контакта. На рисунке 1.4 представлена схема работы устройства.

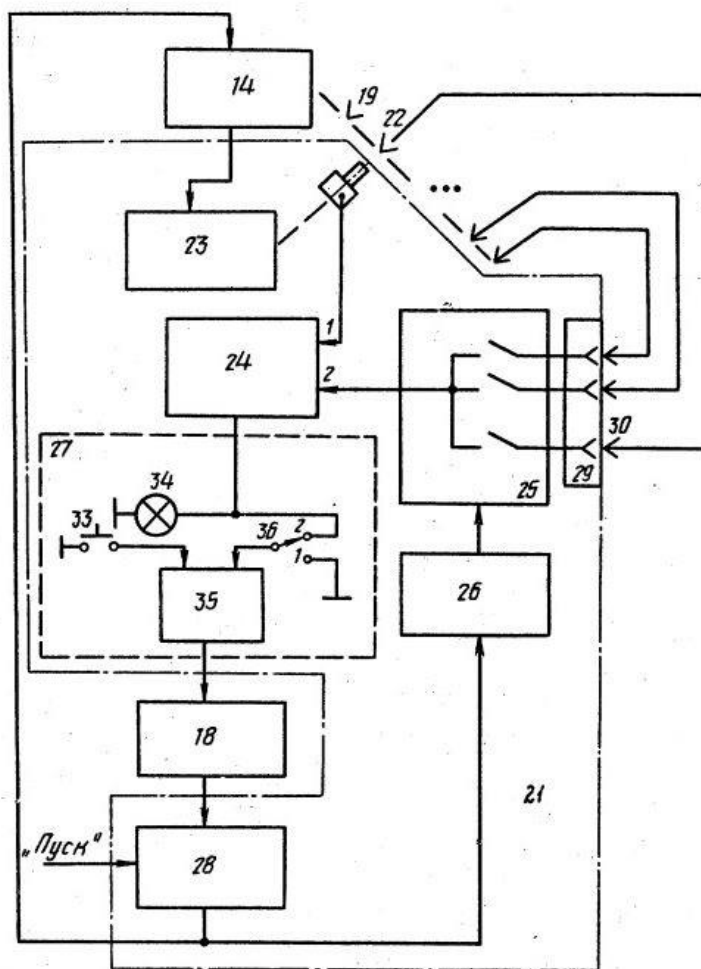


Рисунок 1.4 – Схема работы устройства

Первый разъем кабеля распаивается следующим образом. Оператор устанавливает переключатель 36 в положение 1, соответствующее пайке первого

разъема кабеля без контроля распаиваемой цепи, и вводит провод кабеля в первый контакт разъема. Нажатием кнопки 33 оператор запускает привод узла 18 пайки, который перемещает первый и второй входы, схемы 24 контроля образования распаиваемой цепи, ее выход соединен с 25 входом схемы 27 управления пайкой, выход которой подключен к приводу узла 18 пайки.

Выход привода узла 18 пайки соединен с входом счетчика 28 номера распаиваемой цепи, выход которого соединен с системой ЧПУ 14 и устройством 26 управления коммутатором 25.

Схема 27 управления пайкой содержит орган 33 ручного запуска процесса пайки, например кнопку, индикатор 34 готовности распаиваемой цепи к пайке, схему 35 совпадения и переключатель 36 режимов работы. Вход схемы 27 управления пайкой соединен с индикатором 33 и через переключатель 33 с первым входом схемы 35 совпадения, второй вход которой соединен с органом 33 запуска. Выход схемы совпадения является выходом схемы 27 управления пайкой.

Устройство для пайки проводов к контактам разъема работает следующим образом:

В исходном положении рамка 15 с узлом 16 пайки находятся в верхнем положении. Распаиваемый разъем 19 с помощью захватов 20 закрепляют на каретке 10, а кабель в держателе 31.

С помощью механизма изменения угла наклона стола 9 устанавливают определенный угол наклона, соответствующий конструкции конкретного типа распаиваемого разъема. Величина угла наклона выбирается таким образом, чтобы узел пайки 16 подавался на счетчик 28 сигнал окончания пайки, по которому счетчик выдает код номера следующей распаиваемой цепи, Аналогично распаиваются остальные цепи 19 разъема [8].

После анализа данной установки можно выделить ряд недостатков данного устройства пайки:

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

– представленное устройство производит пайку, проводов в хвостовики соединителя, по одному проводу за один рабочий ход;

– данное устройство автоматизировано не полностью, постоянно требуются определенные действия оператора.

1.3.2 Устройство для присоединения проводов к хвостовикам контактов соединителей с помощью пайки

Содержащее полое основание с отверстиями для размещения в них контактов соединителя, технологическое приспособление для фиксации проводов, выполненное в виде планок со сквозными пазами, размещенных симметрично проводам, с целью повышения производительности труда и качества пайки, оно снабжено направляющими элементами, несущими плитами с расположенными на них механизмами поворота планок технологического приспособления и элементами узла подвода тепла.

направляющие элементы расположены на основании, несущие плиты установлены на направляющих элементах симметрично основанию с возможностью возвратно-поступательного перемещения, элементы узла подвода тепла, выполненные в виде пластин со сквозными пазами, размещены симметрично хвостовикам контактов соединителя, при этом планки технологического приспособления и пластины узла подвода тепла установлены поочередно на поверхностях несущих плит, обращенных к основанию, и соединены с механизмом поворота.

На рисунке 1.5 изображено устройство для подсоединения проводов к хвостовикам контактов электрических соединителей с помощью пайки.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

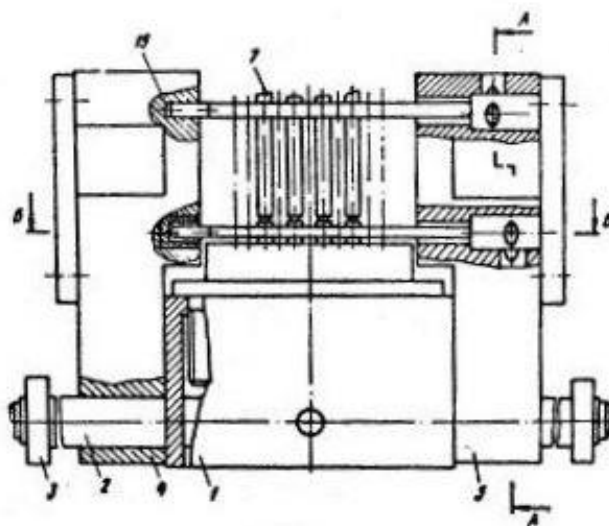


Рисунок 1.5 – Устройство для подсоединения проводов
к хвостовикам контактов

Устройство содержит полое основание 1, через которое проходят направляющие элементы 2, соединенные на концах ограничителями хода 3. На направляющих элементах 2 между основанием 1 и ограничителями 3 хода установлены подвижные несущие плиты 4 и 5, в которых расположены планки 6 технологического приспособления для фиксации проводов 7, механизм поворота, включающий в себя рычаги 8 и 9, имеющие на концах упоры, коромысла 10, насаженные на оси 11, установленные в рычагах 9, элементы нагревателя, выполненные в виде пластин 12, узла подвода тепла, контактные клеммы 13 и 14, отверстия 15, выполненные соосно с планками 6.

Планки 6 выполнены со сквозными пазами размещенными симметрично осям контактов соединителя 16, установленного на основании 1. Нагревательные пластины 12 выполнены со сквозными радиусными пазами, размеры и размещение которых обеспечивают прилегание пластин 12 к хвостовикам контактов электрического соединителя 16. Концевики планок 6 и пластин 12 имеют цилиндрическую форму и входят в отверстия 15 и контактные клеммы 13 и 14.

Общий вид устройства на рисунке 1.6, на рисунке 1.7 сечение А-А, на рисунке 1.8 сечение Б-Б.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

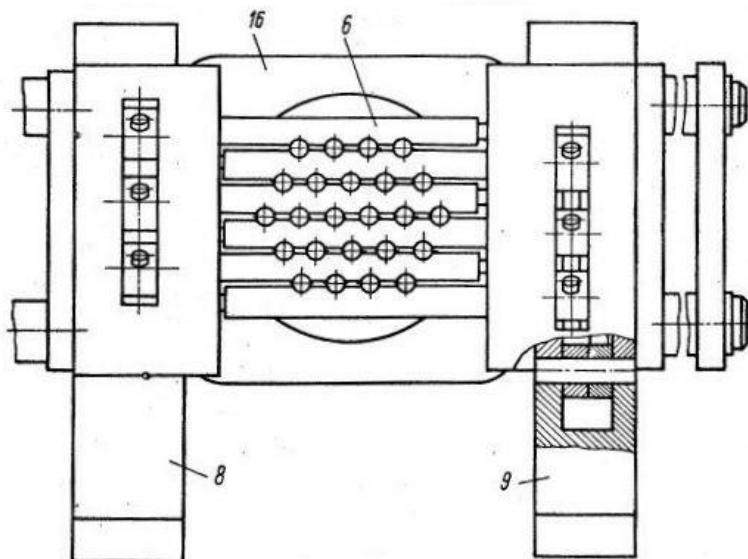


Рисунок 1.6 – Общий вид устройства

Для контроля температуры пайки, при необходимости может быть установлена на нагреватель термопара.

Устройство работает следующим образом.

Соединитель 16 устанавливают на основание 1. Перемещением направляющих элементов 2 до ограничителей 3 хода подводят плиты 4 и 5 к основанию 1, при этом одновременно концевики планок 6 входят в соответствующие отверстия 15 штанг 4 и 5, а концевики пластин 12 нагревателя входят, в соответствующие им контактные клеммы 13 и 14.

Перемещают рычаги 8 и 9 до их упоров, при этом происходит одновременный поворот планок 6 и пластин нагревателя 12 до сопряжения радиусных пазов с хвостовикам контактов соединителя. Затем концы проводов 7, снабженные дозированным количеством олова, вставляются в хвостовики контактов соединителя 16, установленного на основании 1. Через пластины 12 нагревателя, плотно прилегающим к хвостовикам контактов, пропускают ток такой величины, которая необходима для расплавления припоя.

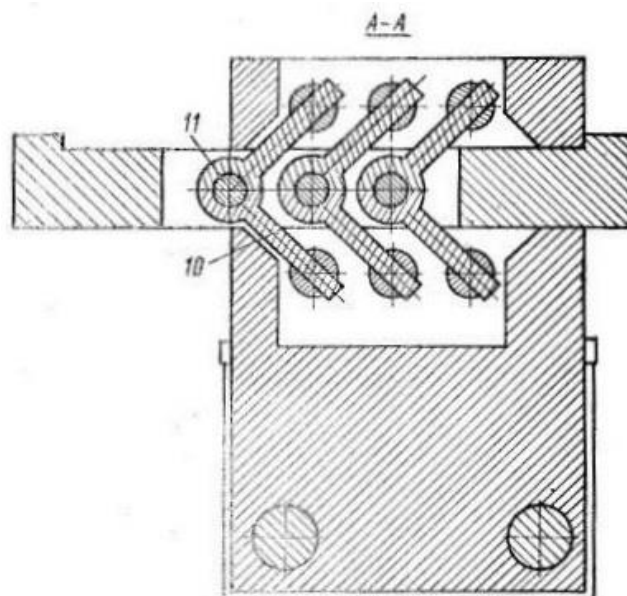


Рисунок 1.7 – Сечение А – А

После отключения тока происходит затвердевание припоя и присоединение проводов 7 с контактами соединителя 16. Далее рычаги 8 и 9 перемещаются до их упоров, при этом коромысла 10 поворачиваются на осях 11, осуществляя одновременный поворот на 90° планки 6 и пластин 12 нагревателя, и занимают вертикальное положение.

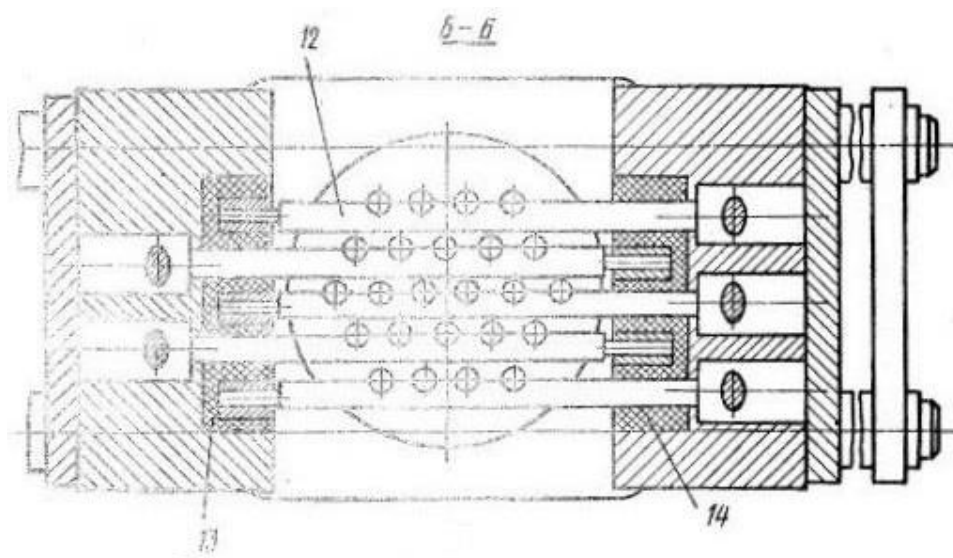


Рисунок 1.8 – Сечение Б – Б

Затем плиты 4 и 5 раздвигаются по направляющим элементам 2 до ограничителей хода 3, при этом планки 6 и пластины 12 нагревателя

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР					

освобождают соединитель 16. Соединитель 16 с припаянными проводами снимается с основания 1.

Наличие в устройстве узла поворота, расположенного в подвижных плитах 4 и 5 и взаимодействующего с планками 6 и пластинами нагревателя 12, обеспечивает быструю сборку и разборку устройства, что позволяет значительно повысить производительность труда. Появляется возможность автоматизации процесса пайки. Плотное прилегание пластин нагревателя к хвостовикам контактов обеспечивает быстрый и равномерный нагрев хвостовиков контактов, что ведет к повышению качества пайки [8].

Подводя итоги можно выделить один существенный недостаток данного устройства пайки, устройство не автоматизировано и требует доработки.

1.4 Задачи проектирования

Задачами проектирования являются:

- проектирование структурной схемы системы управления автоматизированной установки;
- разработка функциональной схемы установки;
- разработка алгоритма работы автоматизированной установки;
- разработка циклограммы работы установки.

1.5 Выводы

В данном разделе ВКР были проанализированы способы соединения жгута проводов и соединителя. Изучен и описан сам процесс пайки. Также был произведен анализ отечественных и передовых зарубежных технологий и решений в области пайки.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Разработка и обоснование требований предъявляемых к установке автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам

Проектируемая автоматизированная установка предназначена для автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам.

Основными функциональными устройствами установки, являются: датчик–кнопка, т.е. датчик наличия соединителя в разьеме монтажной стойки; ТВЧ установка для нагрева хвостовиков соединителя до температуры 260 ± 20 °С; промышленный робот для транспортировки кабельного жгута и позиционирования проводов в хвостовики соединителя в момент производства пайки; микроконтроллер (ПЛК) выполняет функции контроля и исполнения производственного процесса пайки.

Габариты (Ш×В×Т) установки не более 3000×2000×1000 мм, интервал рабочих температур 0...+70 °С, время наработки на отказ не менее 20000 ч, время работы во включенном состоянии не менее 1ч.

Основными задачами разрабатываемой установки автоматизированной пайки, являются:

- вывод человека из опасной для его здоровья зоны (так как в процессе пайки в атмосферу выделяются вредные вещества и газы, и множество других факторов представляющих опасность для человека);
- сокращение материальных затрат, времени на производство продукции, другими слова повышение эффективности производства;
- повышение качества выпускаемой продукции [9].

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2.2 Обоснование и выбор элементной базы установки

2.2.1 Выбор микроконтроллера

Управление и контроль технологическим процессом осуществляется с помощью центрального промышленного программируемого контроллера (ПЛК). Исходя из условий точности, надежности, работоспособности, сложности системы управления, задач автоматизации выбираем промышленный контроллер SIMATIC фирмы SIEMENS.

Основу семейства SIMATIC составляет ряд контроллеров различной производительности. Все контроллеры просты в использовании, экономичны и отличаются высокой производительностью при незначительных размерах и массе, отвечают жестким требованиям условий эксплуатации, допускают расширение.

Исходя из задач управления, рассмотрим возможности контроллера серии SIMATIC S7–300 внешний вид которого представлен на рисунке 2.1.

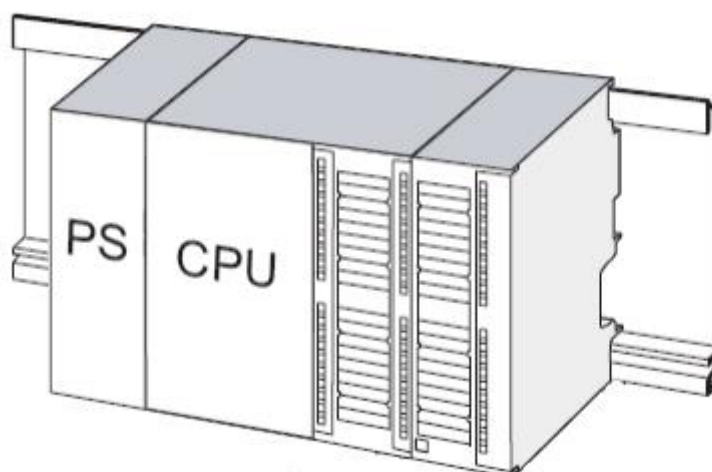


Рисунок 2.1 – Внешний вид ПЛК фирмы SIEMENS
модели SIMATIC S7–300

ПЛК серии SIMATIC S7–300 являются более функциональными, и применяется для решения различных задач автоматике. Его отличительными особенностями является:

- более высокая мощность, благодаря большому числу встроенных функций, а также быстрая обработка прерываний делает возможным мгновенную реакцию на изменения процесса;
- высокий уровень пригодности для работы в промышленных условиях благодаря высокой электромагнитной совместимости, стойкости к вибрационным и ударным нагрузкам.
- модульная конструкция для решения задач автоматизации низкого и среднего уровня сложности с разнообразным набором модулей для максимальной адаптации к решению любой задачи;
- гибкость использования благодаря возможности использовать распределенные структуры ввода-вывода и простого включения в сети;
- свободное наращивание возможностей при дальнейшей модернизации системы;
- богатый набор команд позволяет решать различные задачи автоматизации за счет простого интерфейса программного обеспечения и мощный программатор.

Серия данных контроллеров имеет широкую номенклатуру, около 22 модулей расширения ввода-вывода. Имеется встроенный блок питания на 24 В постоянного тока, обеспечивающий питание входных и выходных цепей программируемого логического контроллера, данная серия ПЛК поставляется с процессором CPU 315C–2DP, а также модулями ввода и модулями вывода дискретных и аналоговых сигналов. Технические характеристики ПЛК SIMATIC S7–300 приведены в таблице 2.1.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Таблица 2.1 – Технические характеристики ПЛК SIMATIC S7–300

Характеристики	Значения
Время выполнения двоичной команды, нс	100
Расширенный объем загружаемой памяти, Кбайт	48
Количество интегрированных дискретных выводов, шт	16
Количество интегрированных дискретных вводов, шт	24
Количество интегрированных аналоговых выводов, шт	2
Количество интегрированных аналоговых вводов, шт	5
Количество подключаемых модулей расширения, шт	8
Диагностический буфер, в котором сохраняются последние сообщения об отказах и прерываниях, шт	100
Сохранение программы в карте памяти	есть
Часы реального времени	есть
Встроенные коммуникационные функции связи с панелью оператора	есть
Светодиоды индикации состояний и отказов	есть

Питающее напряжение на контроллер подается от специального блока питания, который устанавливается на первую ячейку модулей контроллера. Модули блоков питания для SIMATIC S7–315C-2DP предназначены для преобразования входного напряжения $\sim 120/230$ В в выходное постоянное напряжение 24 В, необходимое для питания контроллера и функциональных блоков.

2.2.2 Выбор индукционного нагревателя

В качестве индукционного нагревателя была выбрана среднечастотная ТВЧ установка модели СЧВ–4В, которая применяется для глубокого нагрева заготовок, пайки массивных деталей и плавки металлов.

Области применения индукционных нагревателей модели СВЧ–4В очень обширны.

- Сплошная и сканирующая закалка, а также отпуск: валов, шестерен, труб, плоских поверхностей. Глубина закаленного слоя от 2 до 5 мм.

- Сквозной нагрев пластин, заготовок болтов и гаек для горячей штамповки. Нагрев перед гибкой, ковкой, объемной деформацией и вытяжкой.
- Работа в составе индукционных кузнечных нагревателей (ИКН).
- Термопосадка и съем деталей валов, подшипников и турбин.
- Пайка черных и цветных металлов. Пайка твердым припоем крупных резцов, долотьев, буров, медных шин, беличьих клеток роторов электродвигателей. В том числе с помощью среднечастотных закалочных трансформаторов.
- Плавка в составе индукционных плавильных печей любых магнитных и немагнитных материалов. Таких как: кремний, сталь, чугун, медь, латунь, бронза, золото, серебро, свинец, алюминий, магний.

Внешний вид индукционных нагревателей модели СВЧ–4В представлен на рисунке 2.2 и технические характеристики ТВЧ установки представлены в таблице 2.2.



Рисунок 2.2 – Внешний вид индукционных нагревателей модели СВЧ–4В

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Таблица 2.2 – Технические характеристики СВЧ–4В

Характеристики	Значения
Потребляемая мощность, кВт	3,7
Диапазон рабочих частот, кГц	20–26
Напряжение питания, В	230
Количество фаз, шт	3
Максимальный ток одной фазы, А	16
КПД, %	95
Вес, кг	23
Расход воды, л/мин	5
Давление воды, атм.	2
Мощность насоса, кВт	0,5
Габариты Д×Ш×В, мм	400×400×1200

Преимущества индукционных нагревателей модели СВЧ–4В.

- Быстро нагревают металлические заготовки в глубину, используются для прогрева массивных деталей, в т. ч. цилиндрических до диаметра 160–180 мм.
- Могут использоваться для нагрева заготовок из любых металлов и сплавов.
- Большая экономия электроэнергии. Это современное энергосберегающее оборудование на транзисторных IGBT модулях, КПД – более 95%.
- Малые габариты и вес позволяют располагать ТВЧ установки рядом с оборудованием последующего технологического цикла.
- Среднечастотные ТВЧ установки могут работать непрерывно.
- Индукционная пайка самая прочная из всех существующих видов пайки, за счет вибрации припоя и флюса с частотой генерации магнитного поля.
- ТВЧ установки идут на замену электрическим и газовым печам, обеспечивают высокую эргономику рабочего места и комфортные условия труда.
- Отсутствует высокое напряжение и высокие частоты, что безопасно для персонала.

2.2.3 Выбор промышленного робота

В качестве ПР был выбран робот фирмы Universal Robots модели UR-10 (в соответствии с рисунком 2.3) это специализированный гибкий робот–манипулятор, который может использоваться практически в любой отрасли промышленности как на небольших, так и на крупных предприятиях, где традиционные роботы слишком громоздки, шумны, сложны в эксплуатации и имеют долгий срок окупаемости.



Рисунок 2.3 – ПР фирмы Universal Robots модели UR-10

Главные преимущества робота:

- Возможность использования без ограждения.
- Небольшой вес, что позволяет разместить его на монтажном столе и легко перемещать его на производственных площадях.
- Интуитивно – понятное управление.

Области применения обширны, это операции перемещения, сортировки, отбраковки при работе с конвейерами, загрузки продукции в станки с ЧПУ и др.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Технические характеристики ПР фирмы Universal Robots модели UR-10 представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики ПР UR-10

Характеристики	Значения
Полезная нагрузка, кг	10
Зона досягаемости, мм	1300
Диапазон объема движений сочленений, °	360
Максимальная скорость присоединения, °/с	180
Точность позиционирования, мм	±0,1
Число степеней свободы	6
Уровень шума	низкий
Классификация по IP	IP54
Потребляемая мощность, Вт	350
Температура работы, °С	0–50
Электропитание, В	200–240
Площадь основания, мм	Ø190

2.3 Разработка функциональной схемы установки

При разработке установки автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам в нее необходимо включить следующие части: программируемый логический контроллер (ПЛК); сервер OSI и его блок питания; модуль сбора информации о наличии соединителя в разъеме монтажной стойки; ТВЧ установку и промышленного робота (ПР) [10].

Блоки питания формируют напряжение для работы устройств и серверов, ПЛК имеет встроенный блок питания, поэтому на функциональной схеме он не изображен. ПЛК выполняет управляющую функцию, т.е. сбор, обработку и хранение всей информации о состоянии и работоспособности установки, также подачу команд к подключенным устройствам.

Сервер OSI обеспечивает высокоскоростную передачу информации и команд, между ПЛК и управляющими устройствами (ТВЧ установки и

промышленного робота) по средствам PROFIBUS DP протоколов, которые и обеспечивают высокую скорость передачи данных.

Датчик-кнопка отправляет информацию о наличии/отсутствии соединителя в разьеме монтажной стойки в сервер OPC. Сервер OPC предназначен для обработки, сбора и передачи информации от датчика-кнопки к ПЛК, с помощью SCADA интерфейса.

Контроллер ТВЧ установки управляет нагревательным элементом. Нагревательный элемент выполняет функцию нагрева контактов соединителя. Микроконтроллер (МК) промышленного робота управляет шаговыми двигателями ПР посредством драйверов, т.е драйверы обеспечивают связь между МК и шаговыми двигателями. Шаговые двигатели отвечают за точность позиционирования, скорость и траекторию движений исполнительных органов промышленного робота.

Разработанная функциональная схема автоматизированной установки представлена рисунке 2.4.

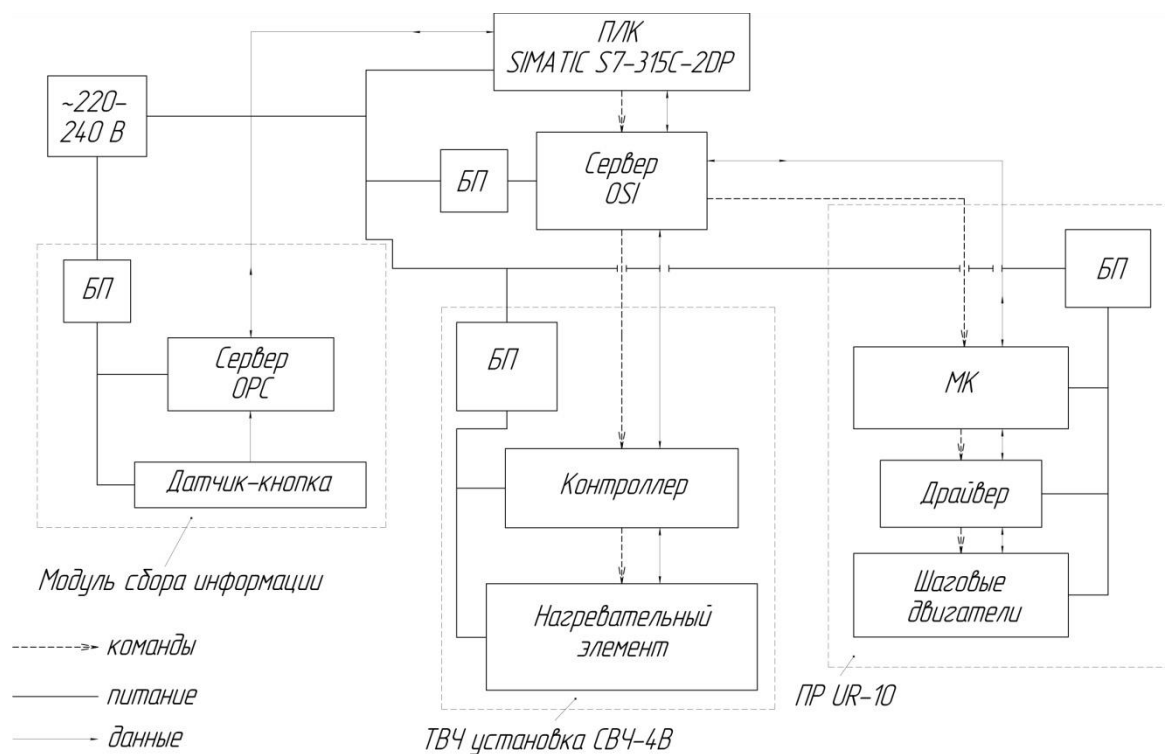


Рисунок 2.4 – Функциональная схема установки

2.4 Проектирование структурной схемы системы управления автоматизированной установки

При разработке установки автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам с учетом технологических и физико-химических, а также конструктивных особенностей пайки проводов в хвостовики соединителей можно выделить основные параметры, влияющие на качество конечной продукции. Такими параметрами являются: позиционирование проводов в хвостовики; температура нагрева места соединения и время нагрева места соединения; какие-либо механические воздействия на место соединения, как во время осуществления процесса пайки, так и во время кристаллизации припоя после завершения процесса пайки. Эти параметры непосредственно влияют на получение качественной выпускаемой продукции [10].

Исходя из, особенностей процесса пайки соединителей к кабельным жгутам и поставленных задач на разработку установки автоматизированной пайки можно выделить следующие контуры управления:

- позиционирование проводов в хвостовики соединителя;
- температура и время нагрева места соединения;
- механическая и физическая стабильность установки.

Проектирование архитектуры установки автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам будем осуществлять по трех уровневой схеме.

Стоит отметить, что выбранный программируемый логический контроллер в проектируемой установке автоматизации является ведущим звеном к которому по сети PROFIBUS DP подключаются ведомые исполнительные органы в данном случае такими устройствами являются ТВЧ установка и промышленный робот. Структурная схема системы управления автоматизированной установки представлена на рисунке 2.5.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

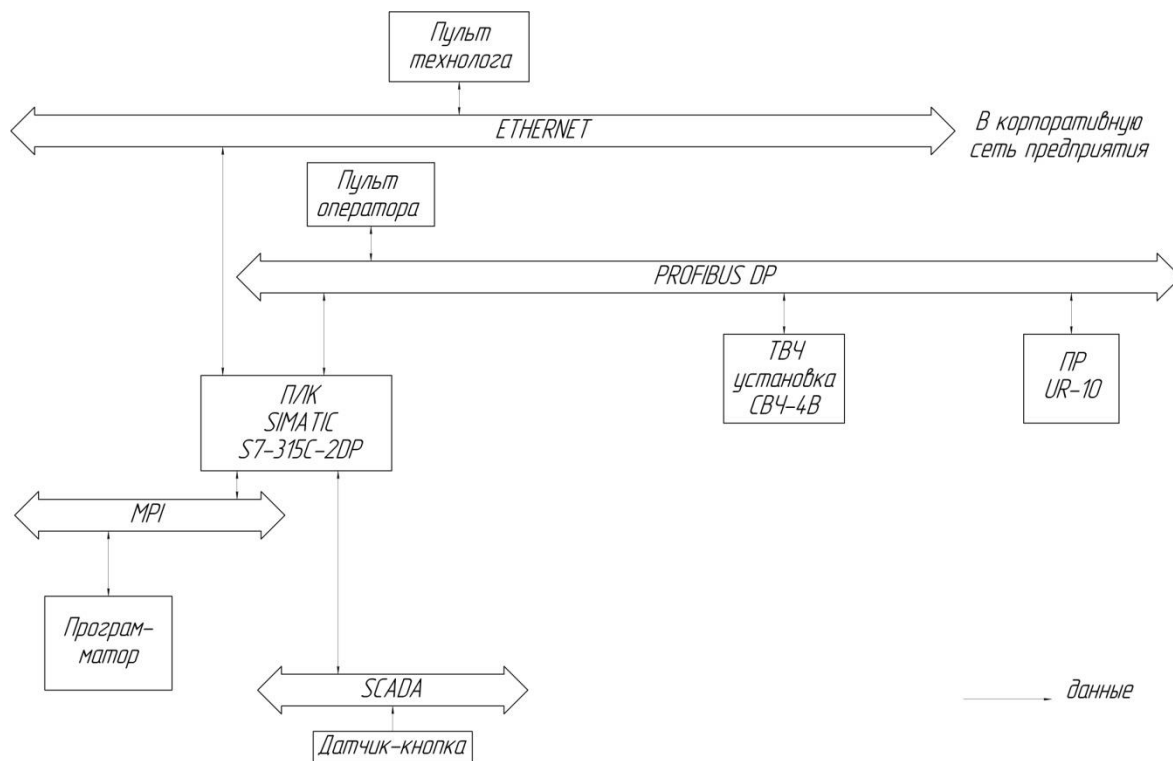


Рисунок 2.5 – Структурная схема системы управления установки

Итак, первый или нижний уровень архитектуры – SCADA предназначен для обработки и сбора информации с датчика о фиксации соединителя на монтажной стойке, а также для управления релейной автоматикой пуска/защиты. Информационные потоки с датчика обрабатываются центральным программируемым логическим контроллером по заданному алгоритму управления технологическим процессом. В зависимости от показаний датчика формируются определенные управляющие сигналы на исполнительные механизмы контуров управления [10].

На втором уровне обеспечивается программное управление по заданным параметрам технологического процесса пайки. Ручная коррекция и визуальный контроль параметров пайки производится с пульта оператора. Автоматизированное управление исполнительными механизмами с целью поддержания, контролируемых заданных величин температуры, перемещений ПР, времени пайки происходит по заданной программе центральным программируемым логическим контроллером (ПЛК). К средствам автоматизации

данного уровня относится пульт управления, ПЛК. Промышленный компьютер объединен сетью PROFIBUS DP с распределенным оборудованием и подключен к локальному сегменту цеховой сети Ethernet на третьем уровне.

На третьем (верхнем) уровне осуществляется обработка информации, которая включает контроль за ходом технологического процесса, протоколирование, архивирование и оперативный контроль, т.е. централизованная обработка информации о технологическом процессе на предприятии по сети Ethernet.

2.5 Разработка и описание алгоритма работы автоматизированной установки

Для того, чтобы установка заработала, необходимо, написать алгоритм работы всех узлов и агрегатов данной системы, так как в нашей системе применяется микроконтроллер его нужно запрограммировать на выполнение определенных операций в нужное время, считывание сигналов с датчиков и отправку ответных импульсов и др. [11].

Для достижения поставленных целей был разработан алгоритм работы установки автоматизированной пайки представленный на рисунке 2.6.

Алгоритм работы установки условно можно разбить на 3 этапа.

1) Первым этапом вводятся все устройства и датчики входящие в установку, для того чтобы сократить обозначения устройств и датчиков в алгоритме, им были присвоены следующие переменные:

- А – ТВЧ установка;
- В – Датчик (кнопка);
- С – ПР (в точке 0.0, т.е. начальное, исходное положение ПР);
- D – МК (ПЛК).

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

2) Вторым этапом микроконтроллер (ПЛК) производит опрос подключенных к нему устройств и датчиков, для этого выполняется первая команда, которая в алгоритме выглядит следующим образом «D=1».

3) Третьим этапом выполняется уже весь цикл работы установки.

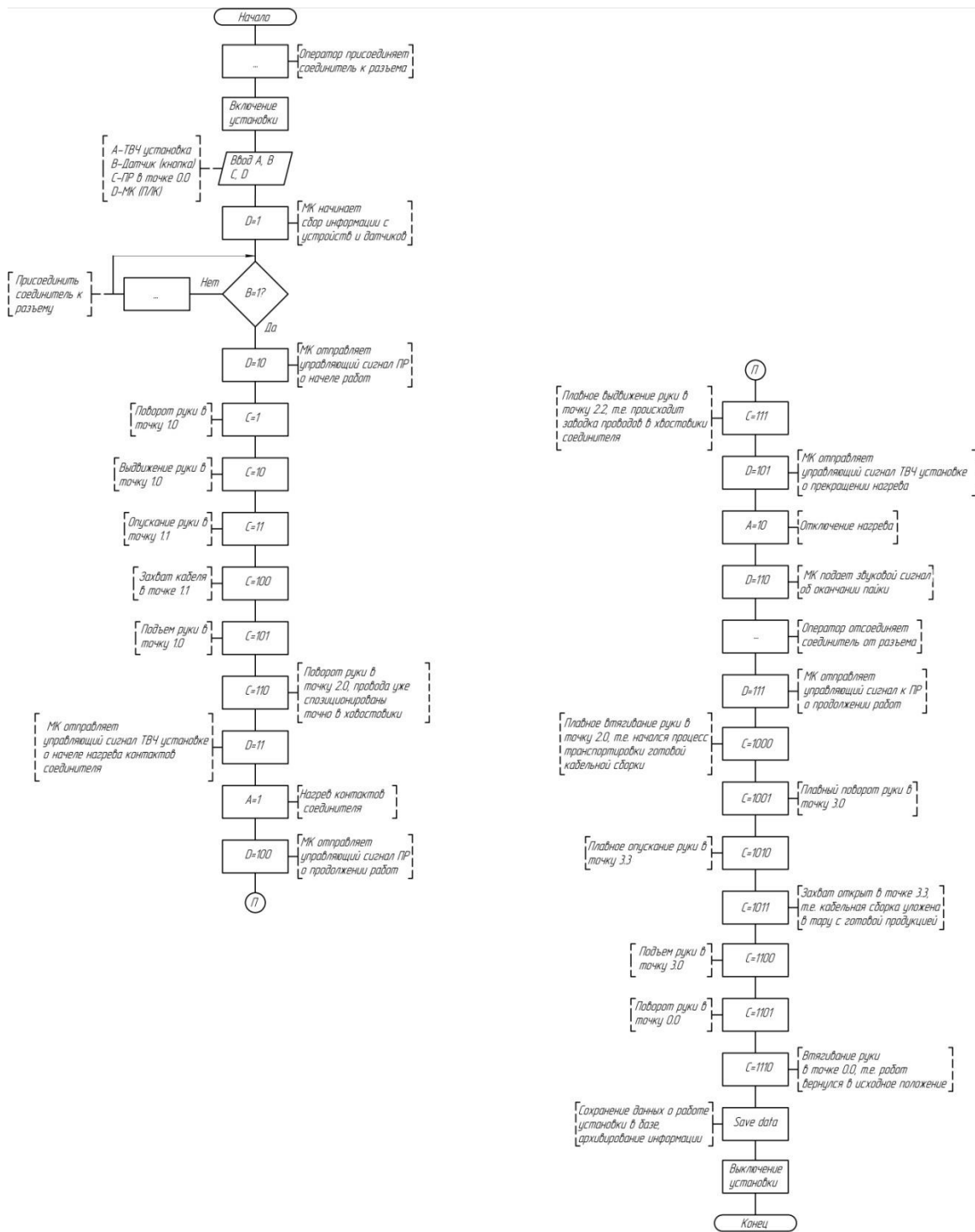


Рисунок 2.6 – Алгоритм работы установки

Примечания:

- данная установка имеет аварийную остановка, во время и после каждой операции, при отключении электропитания (на алгоритме не изображено, чтобы не загромождать его) при срабатывании аварийной защиты: захват промышленного робота остается закрытым; ТВЧ установка отключается и нагрев соединителя следовательно тоже; микроконтроллер отключается, но при этом сохраняет всю информацию о производственном цикле и при восстановлении питания продолжает работу с той стадии, на которой произошла аварийная остановка;
- все операции алгоритма записаны в виде программного кода, например «С=101» что означает «Подъем руки робота в точку 1.0», все коды и операции в алгоритме описаны, точки перемещения руки робота во время производственного цикла (в соответствии с рисунком 2.7);
- в конце каждого цикла система сохраняет все данные и параметры работы устройств в базе данных, которая подключается к контроллеру с помощью сети Internet;
- перед началом каждой смены оператор должен проверять состояние устройств установки на наличие неисправностей, чтобы исключить все возможные несчастные случаи и брак продукции.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

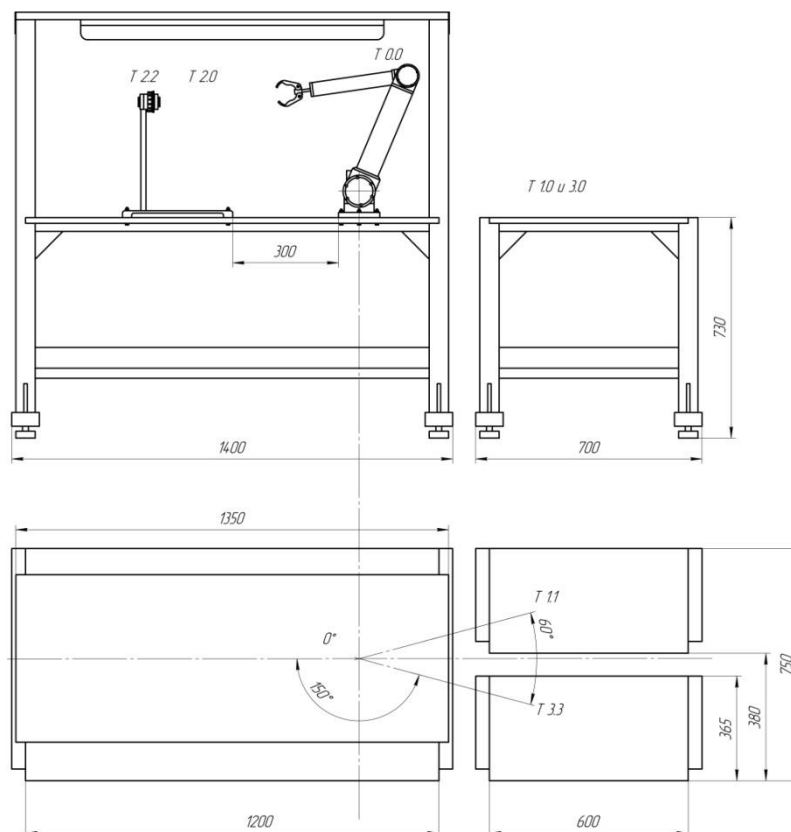


Рисунок 2.7 – Производственные позиции

Производственные позиции можно описать следующим образом.

- Точка 0.0 (Т 0.0) – это исходное положение робота.
- Точка 1.0 – точка в пространстве на высоте 100 мм от кабельной заготовки, т.е. от точки 1.1 (Т 1.1).
- Точка 1.1 – точка, собственно, в которой находится жгут проводов с уже насаженной картонной шайбой, т.е. провода кабеля лежат уже спозиционированные в хвостовики соединителя, роботу остается только взять кабель и вставить провода в хвостовики.
- Точка 2.0 – точка в пространстве на расстоянии 100 мм от кончиков хвостовиков соединителя.
- Точка 2.2 – конечное положение проводов в хвостовиках соединителя, т.е. на расстоянии 5 мм от кончиков.
- Точка 3.0 – точка в пространстве на высоте 100 мм от поверхности стола готовой продукции, т.е. от точки 3.3 (Т 3.3).

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

- Точка 3.3 – точка на столе готовой продукции, собственно, в которую ПР транспортирует готовую кабельную сборку.

2.6 Описание принципа действия установки

Перед тем, как приступить к пайке, необходимо подготовить жгут проводов и соединитель включая его хвостовики. Все подготовительные работы осуществляют работники цеха, т.е. подготовительный процесс производится в ручную, он не автоматизирован. Стадии подготовки жгута проводов и соединителя к пайке представлены на рисунке 2.8.

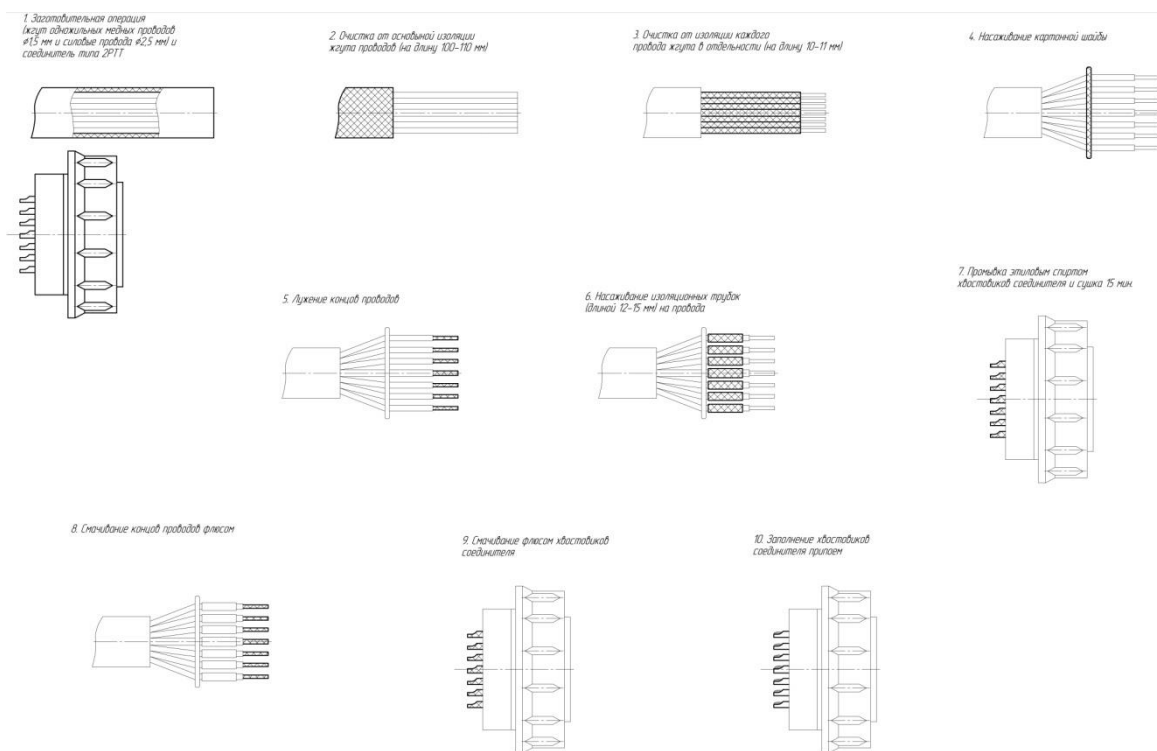


Рисунок 2.8 – Подготовительные стадии

Теперь, рассмотрим стадии (каждая стадия производится в ручную, работниками цеха):

- заготовительная стадия – жгут одножильных медных проводов, в котором 40 проводов $\varnothing 1,5$ мм, а 7 силовых проводов $\varnothing 2,5$ мм и соединитель (вилка/розетка) типа 2P1T на 47 контактов;

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР					

- механическая очистка от основной изоляции жгута на длину 100–110 мм;
- очистка обжигом от изоляции каждого провода жгута в отдельности на длину 10–11 мм;
- насаживание позиционирующей картонной шайбы, изготовленной из картона ГОСТ 9347–74 толщиной 2 мм, которая изображена на рисунке 2.9;
- лужение паяльником зачищенных концов проводов;
- насаживание изоляционных трубок длиной 12–15 мм на провода;
- промывка этиловым спиртом при помощи кисти хвостовиков соединителя и сушка 15 минут;
- смачивание луженых концов проводов флюсом при помощи кисти;
- смачивание флюсом хвостовиков соединителя;
- заполнение хвостовиков соединителя припоем ПОС-61.

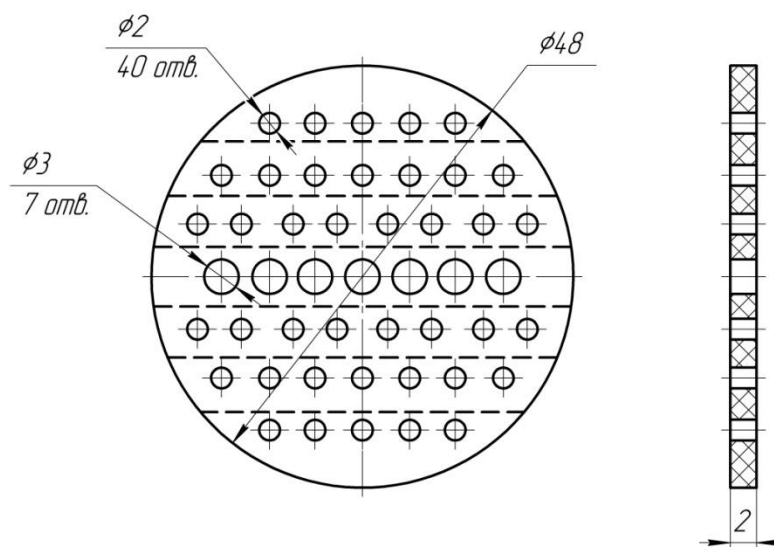


Рисунок 2.9 – Позиционирующая шайба

После завершения подготовительных, оператор включает автоматизированную установку и закрепляет соединитель в специальном разъеме (вилка/розетка) на монтажной стойке (резьбовой соединении).

Далее датчик–кнопка отправляет сигнал к ПЛК о том, что соединитель присоединен к разъему, после чего ПЛК отправляет управляющий сигнал к ПР о том, тот может начать процесс транспортировки жгута проводов к хвостовикам соединителя для производства спайки. Жгут проводов лежит на заготовительном столе уже спозиционированный относительно хвостовиков соединителя, поэтому роботу остается только захватить жгут и перенести его к соединителю.

После того, как ПР поднес жгут к хвостовикам соединителя, ПЛК отправляет управляющий сигнал к ТВЧ установке о том, чтобы та начала нагрев контактов соединителя (нагрев до температуры 260 ± 20 °С, что ведет к расплавлению припоя в хвостовиках соединителя, длится 4 секунды, подвод тепла осуществляется по токопроводящему кабелю). По истечению 4 секунд ПЛК отправляет управляющий сигнал к ПР, чтобы тот начал плавный завод проводов в хвостовики соединителя, после чего ПЛК отправляет управляющий сигнал к ТВЧ установке об отключении нагрева. Далее ПЛК подает звуковой сигнал, продолжительностью в 3 секунды, о завершении пайки.

Оператор отсоединяет соединитель от разъема монтажной стойки, после чего ПЛК отправляет управляющий сигнал к ПР, чтобы тот транспортировал готовую кабельную сборку на стол готовой продукции, транспортирование производится с малой скоростью перемещений, чтобы не испортить пайку и не получить брак. После завершения транспортировки кабельной сборки, ПР возвращается в исходное положение, ПЛК сохраняет и резервирует все данные о работе установки в базе и после этого установка автоматически выключается.

Далее, кабельная сборка попадает на следующую стадию, на которой работники цеха убирают картонную шайбу (шайба легко разрывается, так как имеет специальные отрывные полосы, потом шайба выбрасывается) и протирают места пайки этиловым спиртом после чего кабельная сборка попадает на стадию контроля качества, где контролируют чтобы пайка была: глянцевой без пор,

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

вздутий, пузырей, загрязнений, трещин, острых выпуклостей припоя. После приёмки места пайки покрывают лаком НЦ-62.

Это был описан принцип действия установки на один производственный цикл, в случае с предприятиями цикл будет повторяться нужное количество раз. Также, все подготовительные операции жгута проводов и соединителя могут быть автоматизированы, путём внедрения различных автоматических установок зачистки проводов, лужения и т.д.

2.7 Разработка циклограммы работы установки

Циклограмма установки автоматизированной пайки отражает всю последовательность действий, выполняемых устройствами и датчиками системы. Циклограмма позволяет быстро определить время производственного цикла и установить возможные сокращения затрат времени на производство продукции путём объединения отдельных переходов [12].

Перед тем как начать построение циклограммы, необходимо:

- определить все механизмы и устройства участвующие в формировании цикла;
- определить все действия необходимые для получения готовой кабельной сборки;
- задать исходные положения всем механизмам и устройствам;
- рассчитать время выполнения каждого действия цикла t_i .

1) Механизмы и устройства участвующие в формировании цикла:

- Датчик–кнопка;
- ПЛК;
- ПР;
- ТВЧ установка.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

2) Действия необходимые для получения готовой кабельной сборки можно разделить на 5 групп.

а) установка:

- Включение/Выключение установки;
- Присоединение/Отсоединение соединителя.

б) датчик–кнопка:

- Отправка сигнала к ПЛК.

в) ТВЧ установка:

- Включение/Выключение нагрева.

г) ПР:

- Подъем/Опускание руки;
- Выдвижение/Втягивание руки;
- Захват открыт/закрыт;
- Поворот руки.

д) ПЛК:

- Отправка сигнала;
- Подача звукового сигнала.

3) Исходные положения механизмов и устройств участвующих в формировании цикла:

- Датчик–кнопка – выключен;
- ПЛК – выключен;
- ПР – выключен, захват – открыт;
- ТВЧ установка – выключена;

4) Расчет времени выполнения действий цикла.

Расчет времени выполнения угловых перемещений устройств и механизмов, выполняется по следующей формуле:

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$t_i = \frac{\alpha_i}{\omega_i}, \quad (2.1)$$

где α_i – углы поворота механизмов и устройств, град;

ω_i – угловая скорость перемещения механизмов и устройств, град/с.

Расчет времени выполнения линейных перемещений устройств и механизмов, выполняется по формуле:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (2.2)$$

где l_i – линейные перемещения механизмов и устройств, м;

v_i – линейная скорость перемещения механизмов и устройств, м/с.

Расчет времени:

- Присоединение соединителя к разъему монтажной стойки – 5,0 с;
- Включение установки – 2,40 с;
- Датчик–кнопка отправляет сигнал к ПЛК о наличии соединителя в разъеме – 0,20 с;

- ПЛК отправляет сигнал к ПР о начале работ – 0,20 с;

- Поворот руки ПР на $\alpha = 210^\circ$, $\omega = 45^\circ/\text{с}$,

$$t = \frac{210}{45} = 4,70 \text{ с};$$

- Выдвижение руки ПР на $l = 0,2$ м, $v = 0,2$ м/с,

$$t = \frac{0,2}{0,2} = 1,0 \text{ с};$$

- Опускание руки на $l = 0,1$ м, $v = 0,1$ м/с,

$$t = \frac{0,1}{0,1} = 1,0 \text{ с};$$

- Закрытие захвата – 0,5 с;

- Подъем руки на $l = 0,1$ м, $v = 0,08$ м/с,

$$t = \frac{0,1}{0,08} = 1,25 \text{ с};$$

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

- Поворот руки ПР на $\alpha = 210^\circ$, $\omega = 45^\circ/\text{с}$,

$$t = \frac{210}{45} = 4,70 \text{ с};$$

- ПЛК отправляет сигнал к ТВЧ установке о начале нагрева контактов соединителя– 0,20 с;

- Нагрев контактов соединителя – 4,0 с;

- ПЛК отправляет сигнал к ПР о продолжении работ – 0,20 с;

- Плавное выдвигание руки ПР на $l = 0,005 \text{ м}$, $v = 0,004 \text{ м/с}$,

$$t = \frac{0,005}{0,004} = 1,25 \text{ с};$$

- ПЛК отправляет сигнал к ТВЧ установке о прекращении нагрева контактов соединителя– 0,20 с;

- Нагрев контактов соединителя отключен – 0,20 с;

- ПЛК подает звуковой сигнал о завершении пайки – 3,0 с;

- Отсоединение соединителя от разъема монтажной стойки – 5,0 с;

- ПЛК отправляет сигнал к ПР о продолжении работ – 0,20 с;

- Плавное втягивание руки ПР на $l = 0,105 \text{ м}$, $v = 0,04 \text{ м/с}$,

$$t = \frac{0,105}{0,04} = 2,62 \text{ с};$$

- Плавный поворот руки ПР на $\alpha = 150^\circ$, $\omega = 22,5^\circ/\text{с}$,

$$t = \frac{150}{22,5} = 6,70 \text{ с};$$

- Плавное опускание руки на $l = 0,1 \text{ м}$, $v = 0,02 \text{ м/с}$,

$$t = \frac{0,1}{0,02} = 5,0 \text{ с};$$

- Открытие захвата – 1,0 с;

- Подъем руки на $l = 0,1 \text{ м}$, $v = 0,1 \text{ м/с}$,

$$t = \frac{0,1}{0,1} = 1,0 \text{ с};$$

- Поворот руки ПР на $\alpha = 150^\circ$, $\omega = 45^\circ/\text{с}$,

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$t = \frac{150}{45} = 3,30 \text{ с};$$

- Втягивание руки ПР на $l = 0,2 \text{ м}$, $v = 0,2 \text{ м/с}$,

$$t = \frac{0,2}{0,2} = 1,0 \text{ с};$$

- Выключение установки – 2,40 с.

В итоге, длительность одного производственного цикла работы автоматизированной установки равна 58,22 с. Циклограмма работы установки представлена на рисунке 2.10.

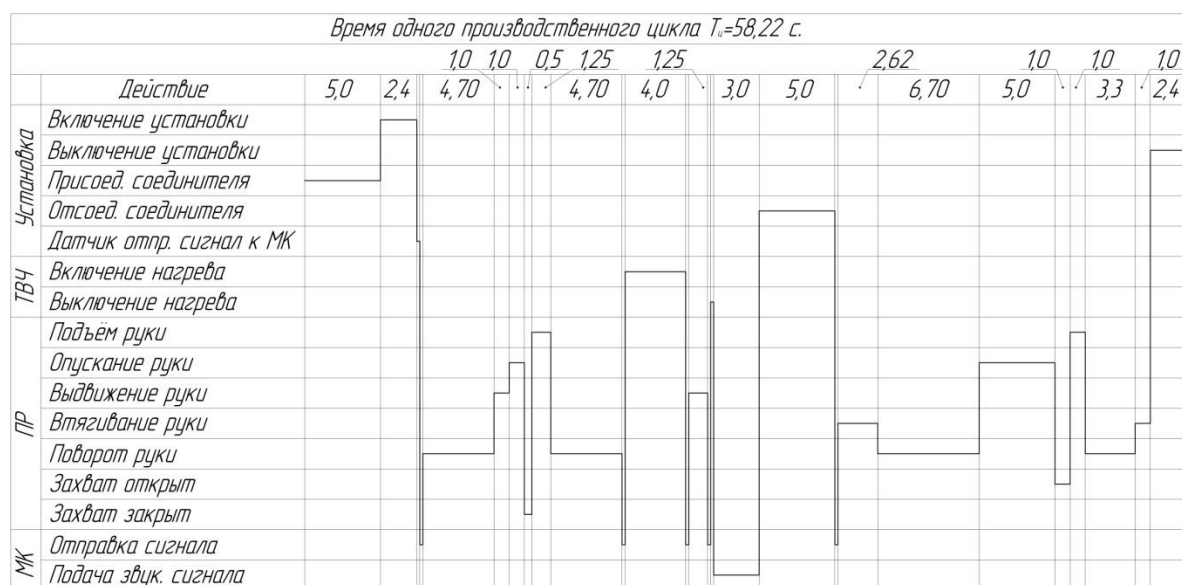


Рисунок 2.10 – Циклограмма работы установки

2.8 Выводы

В данном разделе ВКР было сделано следующее:

- разработаны и обоснованы требования предъявляемые к установке автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам;
- выбрана и обоснована элементная база установки;
- разработана функциональная схема установки;
- спроектирована структурная схема системы управления автоматизированной установки;
- разработан и описан алгоритм работы автоматизированной установки;
- описан принцип действия установки;
- разработана циклограмма работы установки.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Анализ опасных и вредных факторов при осуществлении пайки

В данной выпускной квалификационной работе разработано автоматизированное устройство пайки жгута проводов в хвостовики соединителей.

Опасные и вредные производственные факторы ГОСТ 12.3.003-86

При пайке паяльником на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны парами вредных химических веществ;
- повышенная температура поверхности изделия, оборудования, инструмента и расплавов припоев;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- пожароопасность;
- брызги припоев и флюсов;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело работника;
- неправильно организованное освещение.

Работники, занятые пайкой паяльником, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты.

Работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей должны проводиться при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания. Работа вентиляционных установок должна

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

контролироваться с помощью световой и звуковой сигнализации, автоматически включающейся при остановке вентиляции.

При лакокрасочных работах вредными факторами являются пары растворителей и лаков, которые вызывают тяжелые отравления организма. В санитарных нормах СН 245-71 оговаривается предельно допустимая концентрация паров растворителей.

Исходя из анализа вредных факторов, действующих на организм человека при работе автоматизированной установки пайки, необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- электробезопасность;
- безопасность монтажных работ;
- пожарная безопасность;
- промышленная вентиляция;
- освещение.

Несоблюдение каких-либо из перечисленных факторов приводит к частичной потере работоспособности и профессиональным заболеваниям. Кроме этого многие из перечисленных факторов влияют на утомляемость и, как результат, на качество продукции [14].

Требования к оборудованию и рабочему месту СП 952-72

Кабель паяльника должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими деталями.

Для местного освещения рабочих мест при пайке паяльником должны применяться светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения работников.

Устройство для крепления светильников местного освещения должно обеспечивать фиксацию светильника во всех необходимых положениях.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Подводка электропроводов к светильнику должна находиться внутри устройства. Открытая проводка не допускается.

На участках приготовления флюсов должны быть водопроводный кран с раковиной и нейтрализующие жидкости для удаления паяльных флюсов, содержащих фтористые и хлористые соли, в случаях их попадания на кожу работника.

Для предупреждения работников о возможности поражения электрическим током на участках пайки паяльником должны быть вывешены предупредительные надписи, плакаты и знаки безопасности, а на полу положены деревянные решетки, покрытые диэлектрическими ковриками [14].

Охрана труда при пайке ПОТ РМ-022-2002

К выполнению работ по пайке паяльником допускаются работники в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний по охране труда, освоившие безопасные методы и приемы выполнения работ, методы и приемы правильного обращения с приспособлениями, инструментами и грузами. Работники, выполняющие пайку паяльником, должны иметь II группу по электробезопасности.

Пайка – неразъемное соединение деталей с помощью припоя. Наиболее часто применяемые припои – оловянно-свинцовые (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40) и ПОСК-50, содержащий 32% свинца.

Процесс пайки сопровождается загрязнением воздушной среды, рабочих поверхностей, одежды и кожи рук работающих свинцом, это может привести к свинцовым отравлениям организма и вызвать изменения крови, нервной системы и сосудов.

В целях предупреждения отравлений свинцом участки пайки оборудуются в соответствии с требованиями санитарных правил.

В помещениях, где производится пайка припоем, содержащим свинец, во избежание попадания свинца в организм не разрешается хранить личные вещи,

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

принимать пищу и курить, а также стирать рабочую одежду дома. Рабочее место пайки оборудуется местной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей концентрацию свинца в рабочей зоне не более предельно допустимой – 0,01 мг/м³.

Для предотвращения ожогов и загрязнения свинцом кожи рук работающих должны быть выданы салфетки для удаления лишнего припоя с жала паяльника, а также пинцеты для поддержания припаиваемого провода и для подачи припоя к месту пайки, если отсутствует автоматическая подача.

При монтажных работах, связанных с опасностью засорения или ожога глаз, предусмотрена выдача работающим защитных очков.

Для защиты от окисления мест пайки применяют флюсы: канифольно-спиртовой при пайке припоями ПОС-40, ПОС-61 и ПОСК-50, хлористый цинк при пайке и лужении припоями ПОС-18 и ПОС-30. Канифоль раздражает кожу, может вызвать сыпь, а хлористый цинк может вызывать сильное раздражение, прожигать кожу и слизистые оболочки.

Наиболее эффективными мерами, предупреждающими профессиональные заболевания при пайке, являются механизация и автоматизация паяльных работ, внедрение новых технологических процессов, что позволяет полностью исключить соприкосновение кожи работающих со свинцом и флюсами.

Значительное число паяльных работ выполняется вручную и для предупреждения профессиональных заболеваний необходимо после окончания работы споласкивать руки однопроцентным раствором уксусной кислоты, мыть их горячей водой с мылом, прополаскивать рот, чистить зубы и принимать теплый душ.

Для предотвращения выхода из строя радиоэлементов во время пайки и монтажа из-за воздействия на них статического электричества, жало паяльника должно быть заземлено, а монтажник должен иметь на руке антистатический

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

браслет, так как тело человека способно накапливать заряды статического электричества за счет емкости [15].

Исходя из всех перечисленных опасных факторов, можно сформулировать следующие требования:

– электропаяльник необходимо применять напряжением не более 42 В., стержень паяльника не должен качаться, ручка его не должна иметь трещин, а шнур питания – нарушения изоляции. Жало паяльника должно быть очищено от окалины, заточено, облужено и заземлено;

– монтажник должен иметь на руке антистатический браслет;

– пайку выполнять с помощью пинцета;

– при пайке не делать резких движений паяльником, во избежание разбрызгивания припоя, флюс наносить тонким слоем, лишний припой с жала удалять салфеткой;

– смачивание мест паяк флюсом производить с помощью кисточки;

– работы по монтажу и демонтажу изделий, связанные с опасностью ожога глаз припоем, выполнять в защитных очках;

– паяльник, в перерывах между пайкой, держать на металлической или теплостойкой подставке;

– при уходе на длительное время с рабочего места - отключить паяльник [15].

Освещение на участке пайки СНиП 23-05-95

В соответствии с санитарными нормами и правилами все производственные, складские, бытовые и административно-конторские помещения должны иметь естественное освещение.

Искусственное освещение устраивают в помещениях, в которых естественного света недостаточно. В соответствии со СНиП II-4-79 искусственное освещение может быть общее и комбинированное (к общему

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочие поверхности).

Общее освещение подразделяется на общее равномерное распределение светового потока на рабочие места и на местное освещение. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

Рациональное освещение производственных участков является одним из важнейших факторов предупреждения травматизма и профессиональных заболеваний. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность и производительность труда. Освещенность производственных помещений регламентируется санитарными нормами и правилами. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы работающий мог без напряжения зрения выполнять свою работу.

Утомляемость органов зрения зависит от ряда причин: недостаточная освещенность, чрезмерная освещенность, неправильное направление света. Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, преждевременной усталости и ослаблению внимания.

Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочее место может создавать резкие тени, блики и дезориентировать работающего. Это может привести к несчастному случаю или профзаболеванию.

Прозрачные перекрытия и окна в помещениях должны протираться не реже одного раза в 6 месяцев. Непрозрачные перекрытия обычно покрывают светлой краской. Применение только местного освещения на производственном участке не допускается. В светильниках желательно применять люминесцентные лампы, так как по сравнению с лампами накаливания они имеют существенные преимущества: по спектральному составу они близки к естественному дневному освещению, обладают более высоким КПД, повышенной светоотдачей. Для более эффективного использования светового потока и снижения ослепленности электрические лампы устанавливают в осветительной арматуре.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Для правильного расчета внутреннего освещения в соответствии со СНиП П-4-79 и СН 245-71, противопожарными требованиями, ПУЭ следует дать оценку технологического процесса и по ней определить:

- класс пожароопасности (для сборочного цеха - П-1);
- класс взрывоопасности (В - см. ранее); характеристику помещения по степени опасности поражения электрическим током - без повышенной опасности; характеристику помещения по условиям окружающей среды (нормальное, жаркое, пыльное, с химически активной средой).

Для сборочного производства используют нормальные сухие помещения, поэтому подойдет любой тип светильника, способ проводки и тип выключателя.

По размерам наименьшего объекта различения хвостовик соединителя (от 1 до 2,5 мм.) определяем характеристику зрительной работы - малой точности. По фону (средний) и контрасту различения объекта с фоном (малый) определяем разряд (5) и подразряд (б) зрительной работы. Определив разряд и подразряд зрительной работы, определяется минимальная освещенность, которая составляет 500 лк. при этом доля общего освещения должна составлять 200 лк [15].

Электробезопасность. Защитное заземление ГОСТ 12.1.030-81

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологические действия.

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервных окончаний.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Электролитическое действие выражается в разложении крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химических составов.

Биологическое действие выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма (что сопровождается судорожными сокращениями мышц), а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, протекающих в нормально действующем организме и связанных с его жизненными функциями. В результате могут возникнуть нарушения в организме, даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Многообразие действий электрического тока нередко приводит к различным электротравмам, которые можно свести к двум видам: местным электротравмам и общим электротравмам (электрическим ударам).

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, то есть при замыкании на корпус.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус. Это достигается уменьшением потенциала заземлённого оборудования, а также выравниванием потенциалов за счёт подъёма потенциала основания, на котором стоит человек, до потенциала, близкого по значению к потенциалу заземлённого оборудования.

Для наилучшего заземления прибор соединяется с электродами-заземлителями устанавливаются на глубину 2,5-3 м. Это связано с промерзанием грунта, в замёрзшем состоянии грунт не проводит электрический ток.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

В качестве электрода-заземлителя могут применяться стальные уголки 40 × 40, 60×60, стальные трубы, стержни диаметром 50-100 мм.

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), омическое сопротивление заземляющего контура оборудования должно быть 4 Ом при напряжении в электросети 380 В, 8 Ом – при напряжении 220-127 В, и не более 10 Ом при мощности питающего трансформатора менее 100 кВ×А [15].

Пожарная безопасность. Переносные огнетушители ГОСТ 12.1.004-91

Согласно СНиП 2-2-80 производственные помещения по пожарной опасности и взрывоопасности подразделяют на 6 категорий: А, Б, В, Г, Д, Е.

В нашем случае подходит категория Г – умеренная пожароопасность. Производства категории Г – это производства, в которых негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Углекислотные огнетушители типа ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 предназначены для тушения загораний всех горючих материалов, двигателей внутреннего сгорания, электроустановок, находящихся под напряжением.

Огнетушитель состоит из стального баллона, сифонной трубки, рукоятки, запорного вентиля, маховичка, раструба-снегообразователя.

В качестве заряда применяют жидкую CO_2 , которая в момент приведения огнетушителя в действие редуцируется и при низкой температуре (-58 °С), превращается в хлопья сухого льда (твердую CO_2), которые, контактируя с огнём, превращаются в углекислый газ и локализуют очаг пожара.

В качестве рабочего заряда используется сжиженный под давлением 6,0-7,0 МПа углекислый газ. Масса заряда соответственно 1,4 и 3,5 кг, длина струи выброса заряда 1,5 и 4,5 м продолжительностью выброса 15...20 с. [13].

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Организация рабочего места СП 952-72

Рабочее место – зона, оснащенная необходимыми техническими средствами, в которой совершается деятельность человека. Под рабочим местом понимается место оснащенное средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием. Рабочее место должно быть приспособлено для конкретного вида труда, для работников определенной квалификации с учетом их физических возможностей. При проектировании рабочего места необходимо исходить из анализа конкретного трудового процесса, выполняемого человеком на данном оборудовании, и учитывать санитарно-гигиенические условия работы.

При конструировании рабочих мест учитываются следующие общие эргономические требования:

- достаточное рабочее пространство, позволяющее работающему человеку осуществлять необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования;
- достаточные физические, зрительные и слуховые связи между работающим человеком и оборудованием;
- необходимое естественное и искусственное освещения;
- наличие средств защиты от действия опасных и вредных факторов.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать быстроту, безопасность, простоту и экономичность технического обслуживания в нормальных условиях, полностью отвечать функциональным требованиям и предполагаемым условиям работы.

Микроклимат рабочего места СанПиН 2.2.4.548-96

Микроклимат рабочего места – это климат внутренней среды помещения, которая определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Микроклимат оценивается в рабочей зоне, т. е. в пространстве до 2 м над уровнем пола, на которой находятся места пребывания работающих. Микроклимат оценивается по ряду параметров таких как: влажность воздуха, подвижность воздуха, температура воздуха.

Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров.

Подвижность (скорость движения) воздуха – вектор усредненной скорости перемещения воздушных потоков, измеряемых в метрах в секунду.

Микроклимат рабочего места оказывает существенное влияние на работающего человека. Значительная выраженность отдельных факторов микроклимата может быть причиной ряда заболеваний.

В зависимости от энергозатрат организма ГОСТ12.1.005-76 выделяет три категории работ. Работы связанные с пайкой проводов в хвостовики соединителей относятся к первой категории.

В таблице 3.1 приведены оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха с учетом периода года и категории работ в помещении.

Таблица 3.1 – Оптимальные параметры микроклимата

Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Период года
Легкая – Юб	21 – 23	60 – 40	0,1	Холодный
	22 - 24	60 - 40	0,1	Теплый

Для постоянных рабочих мест нормируются оптимальные и допустимые значения температуры, влажности и подвижности воздуха.

3.2 Техника безопасности при работе с расплавами ПОТ РМ-022-2002

Перед началом работ необходимо:

1. Осмотреть рабочее место, привести его в порядок, освободить проходы и не загромождать их.
2. Осмотреть, привести в порядок и надеть средства индивидуальной защиты.
3. При пользовании паяльником:
 - проверить его на соответствие классу защиты от поражения электрическим током;
 - проверить внешним осмотром техническое состояние кабеля и штепсельной вилки, целостность защитного кожуха и изоляции рукоятки;
 - проверить на работоспособность встроенных в его конструкцию отсосов;
 - проверить на работоспособность механизированную подачу припоя в случаях ее установки в паяльнике.
4. Включить и проверить работу вентиляции.
5. Проверить наличие и исправность:
 - ограждений и предохранительных приспособлений;
 - токоведущих частей электрической аппаратуры (пускателей, трансформаторов, кнопок и других частей);
 - заземляющих устройств;
 - средств пожаротушения.
6. Проверить освещенность рабочего места. Напряжение для местного освещения не должно превышать 50 В [13].

Во время работ необходимо:

1. Содержать рабочее место в чистоте, не допускать его загромождения.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

2. При выполнении работ соблюдать принятую технологию пайки изделий.

3. Паяльник, находящийся в рабочем состоянии, устанавливать в зоне действия местной вытяжной вентиляции.

4. Паяльник на рабочих местах устанавливать на огнезащитные подставки, исключающие его падение.

5. Нагретые в процессе работы изделия и технологическую оснастку размещать в местах, оборудованных вытяжной вентиляцией.

6. Для перемещения изделий применять специальные инструменты (пинцеты, клещи или другие инструменты), обеспечивающие безопасность при пайке.

7. Сборку, фиксацию, поджатие соединяемых элементов, нанесение припоя, флюса и других материалов на сборочные детали проводить с использованием специальных приспособлений или инструментов, указанных в технологической документации.

8. Излишки припоя и флюса с жала паяльника снимать с применением материалов, указанных в технологической документации (хлопчатобумажные салфетки, асбест и другие).

9. Пайку паяльником в замкнутых объемах проводить не менее чем двумя работниками. Для осуществления контроля безопасного проведения работ один из работников должен находиться вне замкнутого объема. Работник, находящийся в замкнутом объеме, кроме спецодежды должен применять: защитные каски (полиэтиленовые, текстолитовые или винипластовые), электрозащитные средства (диэлектрические перчатки, галоши, коврики) и предохранительный пояс с канатом, конец которого должен находиться у наблюдающего вне замкнутого объема.

10. Пайку паяльником в замкнутых объемах проводить паяльником с напряжением не выше 12 В и при непрерывной работе местной приточной и вытяжной вентиляции.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

11. Пайку малогабаритных изделий в виде штепсельных разъемов, наконечников, клемм и других аналогичных изделий производить, закрепляя их в специальных приспособлениях, указанных в технологической документации (зажимы, струбцины и другие приспособления).

12. Во избежание ожогов расплавленным припоем при распайке не выдергивать резко с большим усилием паяемые провода.

13. Паяльник переносить за корпус, а не за провод или рабочую часть. При перерывах в работе паяльник отключать от электросети.

14. При нанесении флюсов на соединяемые места пользоваться кисточкой или фарфоровой лопаточкой.

15. При проверке результатов пайки не убирать изделие из активной зоны вытяжки до полного его остывания.

16. Изделия для пайки паяльником укладывать таким образом, чтобы они находились в устойчивом положении.

17. На участках пайки паяльником не производить прием и хранение пищи, а также курение [14].

По окончании работ необходимо:

1. Отключить от электросети паяльник, пульты питания, освещение.

2. Отключить местную вытяжную вентиляцию.

3. Неизрасходованные флюсы убрать в вытяжные шкафы или в специально предназначенные для хранения кладовые.

4. Привести в порядок рабочее место, сложить инструменты и приспособления в инструментальный ящик.

5. Снять спецодежду и другие средства индивидуальной защиты и повесить их в специально предназначенное место.

6. Вымыть руки и лицо теплой водой с мылом, при возможности принять душ [15].

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

3.3 Организация вытяжной вентиляции на участке пайки ГОСТ 12.1.005-88

Пайка любых изделий сплавами, содержащими свинец, производится при температуре 180–350 °С вручную с помощью электропаяльника, на автоматах различной конструкции, методом окунания (лужения) и волновой пайки. Для операции пайки в большинстве случаев используются свинцовые сплавы различных марок. Наиболее распространенные марки на основе свинца это - ПОС-40 (40% олова и 60% свинца) и ПОС-60 (60% олова и 40% свинца). В качестве флюса чаще всего применяются канифоль либо в различных комбинациях канифоль со стеарином.

Паяльные работы выполняются на отдельных участках производства или чередуются с монтажными и сборочными процессами. Процесс пайки может сопровождаться загрязнением воздушной среды свинцом как непосредственно при пайке, так и в периоды, когда паяльники и ванночки находятся в рабочем состоянии. Может также происходить загрязнение свинцом рабочих поверхностей и кожи рук работающих.

Расчет объема вытяжной вентиляции от одного рабочего места. Основное условие комфортного и здорового нахождения человека на рабочем месте это создание необходимого воздухообмена для разбавления выделяющихся газов, паров, пыли в среде помещений до допустимых концентраций.

В среднем, на одном рабочем месте монтажного участка расход припоя составляет 100 г/ч, так как в припое содержится, в среднем, 39% свинца, то расход свинца составляет 39 г/ч. При пайке свинец испаряется в количестве 0,5% от общего расхода, т.е. в воздух выделяется 195 мг паров свинца в час. Так как расчет ведется только по свинцу и считается, что в приточном воздухе, поступающем на участок вредностей нет, то расчет производится по следующей формуле:

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

$$L = \frac{C_i}{\text{ПДК}}, \quad (3.1)$$

где L – расход удаляемого воздуха, м³/ч;

C_i – концентрация свинца в удаляемом воздухе, мг/м³;

ПДК – предельно допустимая концентрация свинца в воздухе рабочей зоны,
0,01 мг/м³,

$$L = \frac{195}{0,01} = 19500 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Определив необходимый расход отсасываемого воздуха с одного рабочего места выбираем систему вентиляции, которая будет обеспечивать данный расход. Выбираем общую систему местных отсосов с вентилятором, расположенным в венткамере и обслуживающим несколько рабочих мест. Данная система позволяет получить любой необходимый расход воздуха на местном отсосе, и сэкономить место в рабочей зоне [16].

3.4 Выводы

В данном разделе ВКР были проанализированы опасные и вредные факторы при осуществлении пайки. Приведена техника безопасности при работе с расплавами. Произведен расчет вытяжной вентиляции на участке пайки.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Расчет себестоимости установки

Введение в производство автоматизированных технологий, влечет за собой техническое переоснащение цехов, повышение квалификации персонала и вложение определенного количества денежных средств [12].

С введением в производство установки автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам, основные денежные затраты будут связаны с закупкой требуемого оборудования и устройств. Расчет материальных затрат на закупку оборудования приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Затраты на закупку оборудования

Оборудование	Цена, тыс. руб.	Количество
ТВЧ установка СВЧ-4В	280 800	1
Микроконтроллер SIMATIC S7-300	15 700	1
Промышленный робот UR-10	266 950	1
Итого:	563 450	

Конечная сумма затрат на автоматизацию производства кабельных сборок данным способом, составит приблизительно 600 тыс. рублей на одно рабочее место.

4.2 Выводы

В данном разделе ВКР была рассчитана себестоимость установки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы разработана установка автоматизированной пайки соединителей к кабельным жгутам.

Проанализированы способы соединения жгута проводов и соединителя. Изучен и описан процесс пайки. Также проанализированы отечественные и передовые зарубежные технологии и решения в области пайки.

Спроектирована структурная схема системы управления автоматизированной установки. Разработана функциональная схема установки. Обоснована и выбрана элементная база установки. Разработан и описан алгоритм работы автоматизированной установки. Разработана циклограмма работы установки.

Произведен анализ опасных и вредных факторов при осуществлении пайки. Приведена техника безопасности при работе с расплавами. Выполнен расчет вытяжной вентиляции на участке пайки.

Выполнен расчет себестоимости установки.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

Результаты работы рекомендуется использовать при разработке автоматизированных систем пайки на машиностроительных предприятиях.

Выполненная работа имеет практическую ценность и рекомендована для апробации на машиностроительных производствах.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства: учебник для студентов технических специальностей / под ред. А.П. Достанко, В.Л. Ланин, А.А. Хмыль, Л.П. Ануфриев. – Минск: Высшая школа, 2002. – 403 с.
- 2 Лашко, С.В. Пайка металлов: справочник / С. В. Лашко, Н.Ф. Лашко. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
- 3 Песли, Р.Л. Руководство по пайке: справочник / Р.Л. Песли. – Киев: Киевская редакция центра переводов, 1988. – 432 с.
- 4 Петрунин, И.Е. Краткий справочник паяльщика: справ. пособие / И.Е. Петрунин. – М.: Машиностроение, 1991. – 212с.
- 5 Хряпин, В.Е. Справочник паяльщика: справочник / В.Е. Хряпин. – М.: Машиностроение, 1980. – 327с.
- 6 Лоцманов, С.Н. Справочник по пайке: справочник / С.Н. Лоцманов. – М.: Машиностроение, 1975. – 407с.
- 7 Петрунин, И.Е. Справочник по пайке: справочник / И.Е. Петрунин. – М.: Машиностроение, 1984. – 400с.
- 8 Патентный поиск// <http://www.findpatent.ru>.
- 9 Разработка систем автоматизации. Проектирование. Настройка. Внедрение: учебное пособие / под ред. В.С. Багданов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 75 с.
- 10 Автоматизация технологических процессов: учебник для вузов / под ред. И. Ф. Бородина, Ю. А. Судника. – М.: КолосС, 2007. – 343 с.
- 11 Автоматизированные информационные технологии и системы: учебник для студентов технических специальностей / под ред. В. А. Гвоздева. – М.: ФОРУМ, 2011. – 541 с.
- 12 Основы автоматизации технологических процессов и производств: учебное пособие для студентов вузов / под ред. О. М. Соснин. – М.: Академия, 2009. – 239 с.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

13 Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность: учебное пособие / под ред. В.Н. Павлова. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2001. – 284с.

14 Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2002. – 310 с.

15 Безопасность жизнедеятельности: учебник / под ред. С.В. Белова, – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 606 с.

16 Молчанов, Б.С. Проектирование промышленной вентиляции: учебное пособие / Б.С. Молчанов. – М.: Машиностроение, 1970. – 296 с.

17 СТО ЮУрГУ 04 – 2008. Стандарт организации. Курсовое в дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, и др. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

					15.03.04.2017.913 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74