

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Н.И. Войтович
« ____ » _____ 2020 г.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПУЛЬТА КОРРЕКТИРОВКИ ДАННЫХ
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-110303.2020.247.00 ПЗ ВКР

Руководитель от предприятия
инженер-конструктор 2 категории
_____ Матвеева И.С.
_____ 2020 г.

Руководитель работы
доцент кафедры КиПР
_____ Кудрин Л.П.
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы КЭ-412
_____ Колесников М.Е.
_____ 2020 г.

Нормоконтролер
Аспирант кафедры КиПР
_____ Юнгайтис Е.М.
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Колесников М.Е. Разработка конструкции пульта корректировки данных. – Челябинск: ЮУрГУ, ВШЭКН; 2020, 65 с. 24 ил., библиогр. список – 10 наим., 14 прил., 2 плакат ф. А1, 2 листа чертежей ф. А1 и 2 листа ф. А3.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена разработке конструкции пульта корректировки данных, который входит в состав стенда проверки дисплейного комплекса механика-водителя.

В ходе выполнения проекта был разработан корпус пульта, детали входящие в состав блока, в том числе табло, состоящее из нескольких разработанных деталей, выбраны покрытия для защиты от влияния внешних факторов. Представлена конструкторская документация: сборочные чертежи пульта и табло, чертежи деталей, жгута, спецификации.

Произведен расчет теплового режима внутри блока, с учетом компонентов на плате, которые в процессе работы рассеивают тепло. Выполнен расчет надежности пульта, рассчитана суммарная интенсивность отказов ЭРИ, среднее время безотказной работы составило 190 621 часов.

Для автоматизации процесса проектирования были использованы программные пакеты:

- 1) Autodesk Inventor Professional 2018;
- 2) SolidWorks 2012;
- 3) КОМПАС-3D;
- 4) P-CAD 2006.

					110303.2020.274.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка конструкции пульта корректировки данных	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Колесников						
Пров.		Кудрин					7	65
Конс.		Матвеева				ЮУрГУ		
Н. Контр.		Юнгайтис				Кафедра КиПР		
Утв.		Войтович						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ	11
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
3 СРАВНЕНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АНАЛОГОВ.....	14
4 СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАТЬ	15
4.1 Анализ схемы электрической принципиальной	15
4.2 Принцип работы пульта корректировки данных.....	17
5 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	19
5.1 Разработка корпуса пульта.....	19
5.2 Разработка корпусных деталей блока.....	21
5.3 Разработка табло	24
5.4 Последовательность сборки табло	26
5.5 Компоновка пульта	27
5.6 Защита прибора от коррозии, выбор покрытий.....	32
5.7 Расчет надежности пульта	35
5.8 Расчет теплового режима пульта.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А. СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ...	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ТАБЛИЦА СОЕДИНЕНИЙ	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ЧЕРТЕЖ КОРПУСА.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ЧЕРТЕЖ КРЫШКИ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ЧЕРТЕЖ ПЛАСТИНЫ.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ЧЕРТЕЖ НАКЛАДКИ	58
ПРИЛОЖЕНИЕ И. ЧЕРТЕЖ РАМКИ	59
ПРИЛОЖЕНИЕ К. ТАБЛО. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Л. ТАБЛО. СПЕЦИФИКАЦИЯ	61

ПРИЛОЖЕНИЕ М. ПУЛЬТ КОРРЕКТИРОВКИ ДАННЫХ . ТРЕХМЕРНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПУЛЬТА	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Н. ПУЛЬТ КОРРЕКТИРОВКИ ДАННЫХ. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ	63
ПРИЛОЖЕНИЕ П. ПУЛЬТ КОРРЕКТИРОВКИ ДАННЫХ. СПЕЦИФИКА- ЦИЯ	64
ПРИЛОЖЕНИЕ Р. ЖГУТ. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ.....	65

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Современная аппаратура должна соответствовать самым высоким техническим, эстетическим, а также другим потребительским требованиям, быть конкурентоспособной на рынке. Целью данной работы является разработка конструкции пульта корректировки данных.

Пульт – электронное устройство для контроля и управления работой устройств, процессов и сигналов. Пульт является конструктивной единицей, имеющей в своем составе блоки индикации и управления.

Одна из основных целей конструирования – создать высокоэффективную, малогабаритную и надежную аппаратуру, поэтому производство и эксплуатация требуют ограниченного расхода материальных, трудовых и энергетических ресурсов. Деятельность инженеров разработчиков включает в себя различные стадии, такие как изобретательство, исследование, конструирование, проектирование, организацию изготовления и обеспечение функционирования технических систем.

Разрабатываемые изделия должны обладать свойствами, которые устанавливают их преимущество над изделиями аналогичного применения. Это достигается за счет улучшения параметров ранее выпускаемых изделий, применения нового и более совершенного принципа работы. На каждой стадии решаются определенные вопросы, решение которых исключает возможность упустить важные моменты проектирования и постоянно приближает к совершенной конструкции изделия. Основными требованиями, предъявляемыми к изделию, являются соответствие своему назначению и высокая производительность, обеспечение высокого качества, надежности и ремонтпригодности.

Учитывать все вышеперечисленные требования, можно добиться повышения эффективности производства, качества изделия, снижения себестоимости и трудозатрат при производстве.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Исходя из технического задания, в ходе работы над ВКР необходимо разработать конструкцию пульта корректировки данных, осуществить компоновку и электромонтаж пульта. В качестве исходных данных будем использовать схему электрическую принципиальную (см. Приложение А), перечень элементов (см. Приложение Б), требования к изделию, условия эксплуатации и руководство по эксплуатации.

Рассмотрим технические характеристики, условия эксплуатации и требования к изделию, для которого разрабатывается конструкция. Пульт корректировки данных входит в состав стенда проверки дисплейного комплекса механика-водителя. Предназначен для обмена информации с блоком согласования и управления. Пульт корректировки данных обеспечивает отображение, либо обнуление технологической информации блока согласования и управления.

Необходимо разработать табло, в состав которого будет входить дисплей. Табло предназначено для отображения различных меню, в которых будет отображаться, обрабатываемая пультом информация.

Рабочие условия пульта: относительная влажность воздуха от 15 до 98 %, включая образование конденсата, температура (окружающего воздуха) – от минус 55 до плюс 55 °С, атмосферное давление не менее 61,328 кПа (460 мм.рт.ст.). Блок должен быть устойчив к климатическому воздействию среды по исполнению УХЛ 3 [1], конструкция должна быть защищен от попадания пыли и брызг – степень защиты IP66 по ГОСТ 14254-96 [2]. Для этого между корпусом и крышкой, а также разъемом и корпусом необходимо разработать и установить резиновые прокладки.

Исходя из пункта 3.3.10 ТЗ нужно учитывать устойчивость к механическим воздействиям – по группе М2 ГОСТ 30631-99 [3]. Пульт будет устанавливаться и эксплуатироваться в помещении, в котором отсутствуют механические воздействия в виде ударов одиночного и многократного действия. Воздействие вибраций будет незначительным.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

Питание блока осуществляется с помощью другого пульта, который также входит в состав стенда, напряжение питания – 27В постоянного тока от стабилизированного источника, собственная потребляемая мощность пульта не более 50 Вт.

Для подключения к стенду будет использоваться использовать разъем 2РМГ, внутриблочный электромонтаж выполняться проводами МПО 0,2.

В ходе разработки необходимо определить форму изготавливаемого изделия, способ изготовления, а также материалы, из которых будут изготавливаться компоненты блока. Необходимо выдержать расстояния между стойками для правильного монтажа печатного узла.

При разработке пульта корректировки необходимо предусмотреть доступ ко всем составным частям, для отладки и ремонта, для этого пульт должен свободно разбираться.

Разрабатывать блок нужно в соответствии с техническим заданием, целесообразно конструктивным особенностям блока и выполняемым им функциям.

В создании конструкции устройства также предусматривается использование стандартных и заимствованных деталей и сборочных единиц, разрабатываемых ранее на предприятии. Для выполнения этого требования будет необходимо произвести обзор ранее выпускаемых предприятием изделий.

Блок должен быть разработан в герметичном исполнении. Таким образом, крепежные винты, закрепляющие крышку и разъемы для межблочного монтажа, смазываются герметиком. Разъемы и крышка будут устанавливаться на резиновые прокладки, которые препятствуют попаданию брызг воды и пыли внутрь блока.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Чтобы обосновать различные технические решения в области схемотехники, конструирования и технологии, необходимо провести анализ различных источников информации. Такими источниками может служить: техническая литература, документы нормативного характера, отечественные и зарубежные стандарты, статьи из интернета, литература по проектированию и разработке аппаратуры.

В ходе работы большая часть информации была взята из учебников и справочников по проектированию различных электронных блоков:

- Конструирование радиоэлектронных средств, автор А.П. Ненашев [5];
- Справочник конструктора-машиностроителя, том 2, автор В.И.

Анурьев;

- Фрумкин Г.Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры [6];

Некоторая часть материалов бралась из технической документации на электрические компоненты пульта, а также из различных международных и отечественных стандартов.

Для расчета надежности отечественных и зарубежных компонентов, входящих в состав пульта, использовался учебник Боровикова С.М. «Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств» [8]. Справочная информация необходимая для расчета надежности бралась из справочника Прыткова С.Ф. «Надежность электрорадиоизделий» [7].

Материалы для расчета теплового режима блока были взяты из учебника Гелля П.П. «Конструирование и микроминиатюризация РЭА» [9], также часть информации бралась из книги Дульнева Г.Н. «Тепловые режимы электронной аппаратуры» [10].

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ

В ходе поиска и сравнения отечественных и зарубежных разработок, а также изделий выпускаемых на предприятии ОАО «НПО «Электромашина» не было найдено похожих устройств, для детального анализа и сравнения конструктивных особенностей разработки и построения блоков. Поэтому привести названия аналогичных систем и блоков, указать их параметры не представляется возможным.

В данной работе, выбор конструкторских и технологических решений ограничен техническим заданием, а также конструктивным исполнением, так как пульт будет входить в состав стенда.

Исходя из этого устройство, которое необходимо разработать в данной работе, будет проектироваться как новое.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

4 СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Анализ схемы электрической принципиальной

Входными данными для схемотехнической части является – схема электрическая принципиальная, таблица соединений (см. Приложение В), которые были разработаны ранее другим инженером.

Основная задача анализа схемы принципиальной – получить сведения об основных режимах работы устройства и их электрических характеристиках, которые будут необходимы на этапе конструкторского проектирования. Схема электрическая принципиальная 110303.2020.247.01.00 ЭЗ показана в приложении А.

Питание на пульт корректировки подается от другого блока на вилку 2РМГ к клеммам «+БС» и «-БС». Далее питание распределяется по проводам к другим электронным компонентам. Прием-передача осуществляется прохождением сигнала через клеммы «RS-232_TXD» и «RS-232_RXD».

Все основные операции по обработке и сбору информации осуществляются на печатном узле А01, к которому подходят электрические соединения от вилки 2РМГ, кнопок КМ1-1 и дисплея. Сигналы от этих электронных компонентов поступают на печатный узел через провода, которые подключаются к розетке СНП-346, и через специальный шлейф, идущий от дисплея. На плате расположены определенные коммутационные компоненты для данных розеток.

Для осуществления и регулировки функций пульта корректировки данных используются кнопки КМ1-1 (SB1, SB2, SB3), применяемые для коммутации электрических цепей. От вилки идет провод к кнопке SB1, все кнопки соединены последовательно и от каждой из них электрические соединения идут к плате.

Внутриблочные электрические соединения осуществляются проводами МПО 0,2 ТУ 16-505.339-79. Провода объединяются в жгут, который идет на вилку 2РМГ.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

Дисплей, входящий в состав блока, используется для отображения технологической информации поступающей с блока согласования и управления. В данном изделии используется OLED дисплей UG-5664ASWEF01 WISECHIP (A02), характеристики которого приведены в Таблице 4.1. Изображение дисплея показано на Рисунке 4.1

Рисунок 4.1 – OLED дисплей UG-5664ASWEF01.

Дисплей является частью табло, которое будет разрабатывать в этой работе.

Таблица 4.1 – Характеристики дисплея.

Параметр	Значение
Разрешение, пикс.	256x64
Яркость, кд/м ² .	80
Размер модуля, мм.	73.00 × 71.86 × 2.00
Размер экрана, мм.	61.41 × 30.69
Диагональ, дюйм.	3.12
Конструкция модуля	COG
Диапазон температур (рабочий), °C	– 40 ... +85

OLED дисплеи наиболее часто используются для устройств отображения информации. Указанный вид дисплея предназначен для современных видов техники: смартфоны, планшеты, электронные книги, цифровые фотоаппараты, автомобильные бортовые компьютеры, в OLED-телевизоры, выпускаются неболь-

шие OLED-дисплеи для цифровых индикаторов лицевых панелей автомагнитол, умных часов [4].

Преимущества использования OLED дисплеев:

- Такие дисплеи обеспечивают широкий диапазон яркости излучения от нескольких кд/м² до очень высоких яркостей — свыше 100 000 кд/м².
- Контрастность: OLED-дисплеи обладают бесконечной контрастностью 2 000 000:1 и даже больше;
- Энергопотребление: у OLED-дисплеев энергопотребление прямо пропорционально яркости и площади свечения.

4.2 Принцип работы пульта корректировки данных

При подключение пульта к стенду, на него подается питание и устройство становится готовым к работе.

На дисплее пульта отображается основное меню, в котором указываются пункты: ПРОСМОТР ДАННЫХ, ОБНУЛЕНИЕ. С помощью кнопки «МЕНЮ/ЛИСТАНИЕ» на экране выбирается требуемая строка меню.

Далее выбирается строка ПРОСМОТР ДАННЫХ, и нажимается кнопка ПОДТВ. После чего отображается надпись ЖДИТЕ ИДЕТ ЗАГРУЗКА. Если загрузка прошла успешно, то пульт переходит в режим просмотра блока согласования и управления.

Нажимая кнопку МЕНЮ/ЛИСТАНИЕ просмотреть сохраненные, данные блока согласования и управления.

Открывается меню просмотра, в котором следующие пункты:

Меню просмотра данных:

- ПУСКИ С ПВВ (РАЗРЕШЕННЫЕ, АВАРИЙНЫЕ),
- ПЕРЕГРЕВ ТВГ (температура выхлопных газов);
- ПЕРЕГРЕВ ТОЖ (по температуре охлаждающей жидкости);
- ПЕРЕГРЕВ ТМД (по температуре масла в двигателе);
- ПОЖАРОВ В ПО (переднем отделении);

- ПОЖАРОВ В ЗО (заднем отделении);
- НАРАБОТКИ (МОТОЧАСЫ, ПРОБЕГ)
- КОЛИЧЕСТВО СТИРАНИЙ;

Возле любого пункта из меню просмотра стоит двузначное число, обозначающее количество зафиксированных случаев.

При выборе МЕНЮ ОБНУЛЕНИЯ на табло отображаются следующие пункты:

- ВСЕ;
- АВАРИИ И ПВВ;
- ПРОБЕГ И МОТОЧАСЫ;

При выборе одного и пунктов этого меню отображается следующая команда:

ПОДТВЕРДИ ОБНУЛЕНИЕ КНОПКОЙ ПОДТВ.

После чего, при нажатии кнопки ПОДТВ., происходит обнуление выбранной информации.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

В соответствии с техническим заданием к блоку предъявляются следующие требования:

- 1) герметичность;
- 2) размеры блока должны быть не больше 145 x 130 x 45 мм;
- 3) стойкость к климатическим воздействиям;

Основными конструктивными частями блока пульта корректировки являются:

- 1) корпус;
- 2) крышка;
- 3) печатный узел;
- 4) пластина;
- 5) жгуты;
- 6) табличка;
- 7) табло (накладка, стекло, рамка, уплотнение, прокладка, дисплей)
- 8) резиновые прокладки;
- 9) вилка;
- 10) кнопки;

5.1 Разработка корпуса пульта

В качестве метода обработки было выбрано фрезерование. Данный метод обработки является одним из самых распространенных на производстве для похожих изделий. Он является дешевым, точным и быстрым методом среди прочих, не требуются затраты на сборочные операции и не требуются какие-либо пресс формы.

Использовать сталь для разработки данного корпуса не рационально, потому что это сильно повлияет на вес изделия. Применение же алюминия и его сплавов позволяет сократить массу изделия в 1,5-3 раза. Поэтому проектируемый корпус будет изготавливаться из алюминиевой плиты Д16А 40 ГОСТ 17329-99,

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

которая довольно часто применяется на предприятии. Материал удовлетворяет различным критериям прочности, жесткости, низкому весу конечного изделия, а также доступности материала на рынке. В качестве покрытия будет использоваться Хим.Окс.фос.фтор./эмаль ЭП 140 серая ГОСТ 24709-81.IV.02. Выбор покрытия обусловлен прежде всего своими характеристиками и тем, что данное покрытие очень часто используется в подобных изделиях на предприятии. Толщина стенок корпуса 4 мм. Габаритные размеры корпуса 140 x 120 x 36 мм.

Габаритные размеры корпуса подбираем исходя из размеров деталей, которые будут входить в состав блока. Толщина стенок корпуса равна 4 мм. однако на одной из боковых стенок будет устанавливаться вилка для межблочной коммутации, поэтому толщина стенки в области вилки 12 мм. Данная толщина стенки выбрана, из расчёта на то, что там будут находиться отверстия М3-6Н под винты. Требования к шероховатостям внешней поверхности стенок Rz 40.

На передней стенке располагаются 3 отверстия с углублениями для установки кнопок. Для защиты кнопок от повреждений и случайного нажатия были сделаны выступы на передней стенке. Также на этом выступе подписываются функциональное назначение кнопок. Надписи выполняются гравировкой и заполняются черной эмалью ПФ-115 ГОСТ 6465-76.

В нижней части корпуса имеется 8 отверстий для крепления крышки винтами М4-6gx12.36.016. Требования к шероховатостям нижней стороны с разъёмами Rz 20.

Толщина верхней стенки корпуса 3 мм. На верхней части корпуса будет устанавливаться табло, для размещения которого было сделано углубление с вырезом по размерам табло, а также 12 сквозных отверстий для крепления табло к корпусу винтами М3-6gx8.36.016.

Объемное изображение корпуса показано на рисунках 5.1 и 5.2. Чертеж корпуса представлен на чертеже 110303.2020.257.01.01 в Приложении Г.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

Рисунок 5.1 – Корпус (вид сверху).

Рисунок 5.2 – Корпус (вид снизу).

5.2 Разработка корпусных деталей блока.

Крышка будет изготавливаться из алюминиевого листа Д16.А.Т 4,0 ГОСТ 21631-76 с покрытием Хим.Окс.фос.фтор/ Эмаль ЭП-140 серая ГОСТ 24709-81.IV.02. Выбранный материал обеспечивает хорошую прочность соединения,

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

благодаря чему сборка-разборка винтовых соединений может происходить без каких-либо повреждений резьбы. Толщина крышки 4 мм. Крышка полностью закрывает корпус, и имеет по краям скругления, а также 8 отверстий для винтовых соединений. Чертеж крышки представлен на чертеже 110303.2020.247.01.02 в приложении Д, общий вид крышки показан на рисунке 5.3.

Рисунок 5.3 – Крышка.

По пункту 3.3.6 ТЗ в конструкции необходимо обеспечить защиту от пыли и влаги. Для этого в местах соприкосновения частей блока – корпуса и крышки, а также корпуса и разъёма и корпуса и табло нужно обеспечить беззазорность, которая достигается при помощи резиновых прокладок. Уплотнительные прокладки выполнены из резины НО-68-1 ТУ 005.216-99 толщиной 2 мм. Резина как конструкционный материал отличается высокими эластическими свойствами в широком диапазоне температур и частот деформации. Кроме того, резины обладают высоким сопротивлением разрыву, износу, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью.

Прокладка 110303.2020.247.01.03 приклеивается клеем 88-НП ТУ 38.105540-85, который используется на предприятии. Клей 88-НП представляет собой раствор резиновой смеси хлоропренового каучука. Также в прокладке

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

имеются отверстия под винтовые соединения корпуса и крышки. Объёмное изображение прокладки показано на рисунке 5.4.

Рисунок 5.4 – Резиновая прокладка.

Крепеж печатного узла к корпусу будет осуществляться с помощью пластины, специально разработанной для установки печатного узла. Пластина предназначена для более жесткого крепления печатного узла к корпусу и для выдержки определенного расстояния между стенками корпуса и компонентами платы. Пластина изготовлена из алюминиевого листа Д16.А.Т 2,0 ГОСТ 21631-76 с покрытием Хим.Окс.фос.фтор. Имеет 4 отверстия диаметром 3,4 мм. для крепления к корпусу, а также 4 отверстия диаметром 4,8 мм. для крепления печатного узла. Изображение пластины показано на рисунке 5.5. Чертеж пластины представлено на чертеже 110303.2020.247.01.04 в Приложении Е.

Рисунок 5.5 – Пластина.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5.3 Разработка табло.

Исходя из технического задания, необходимо разработать табло для отображения информации, которую обрабатывает пульт корректировки. Табло будет включать в состав OLED дисплей UG-5664ASWEF01 WISECHIP, полученный в качестве исходных данных.

Табло представляет из себя сборочную единицу, состоящую из:

- накладки;
- уплотнения;
- прокладки
- рамки;
- OLED дисплея UG-5664ASWEF01 WISECHIP;
- стекла;

1) Накладка (Рисунок 5.6) изготовлена из листа БТ-ПН-0.5 ГОСТ 19904-90/ К2708-4-3-30 ГОСТ 16523 97. Толщина листа 3,5 мм. Покрытие Ц15.хр., Эмаль светло-серая ЭП-140 ГОСТ 24709-81.IV.02. Имеет 12 сквозных отверстий диаметром 3,4 мм, для крепления к корпусу блока, и 4 сквозных отверстия М3-7Н для крепления рамки. Чертеж накладки 110303.2020.247.02.01 представлен в приложении Ж.

Рисунок 5.6 – Накладка.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

2) Уплотнение служит для защиты от пыли и влаги, выполнено из резины НО-68-1 ТУ 005.216-99. Толщина уплотнения 2 мм. Изображение уплотнения 110303.2020.247.02.02 представлено на рисунке 5.7.

Рисунок 5.7 – Уплотнение.

3) Рамка изготовлена из листа БТ-ПН-0.5 ГОСТ 19904-90/ К2708-4-3-30 ГОСТ 16523 97. Толщина рамки 4 мм. Имеет 4 сквозных отверстия диаметром 3,4 мм. Изображение рамки показано на рисунке 5.8. Чертеж рамки представлен на чертеже 110303.2020.247.02.04 в приложении И.

Рисунок 5.8 – Рамка.

4) Стекло для табло было подобрано органическое листовое ТОСП 4 бесцветное ГОСТ 17622-72. Само стекло изготавливается методом фрезерования. Имеет 4 отверстия диаметром 3,4 мм. Объёмное изображение стекла показано на рисунке 5.9.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Рисунок 5.9 – Стекло.

5) Прокладки, предназначенные для обеспечения зазора между стеклом и дисплеем, выполнены в форме плоских, прямоугольных пластин. Изготавливаются из меди. Пластины имеют толщину 0,3 мм. Изображение прокладки представлено на рисунке 5.10.

Рисунок 5.10 – Медная прокладка

5.4 Процесс сборки табло.

Сборка табло происходит в следующем порядке:

1) Дисплей располагается между стеклом и рамкой. Он крепится к рамке на клей К-400 ОСТ ГО.029.204.

2) Между стеклом и дисплеем располагаются две медные прокладки, для того, чтобы выдержать небольшое расстояние между скрепляемыми деталями. Прокладки крепятся к дисплею на клей К-400 ОСТ ГО.029.204.

3) Накладка прикладывается к рамке со стеклом и закрепляется винтами МЗ-6gx8.36.016 ГОСТ 17475-80. Отверстия с винтами с внешней стороны табло заливаются герметиком УТ-32 ТУ 38 1051386-80, для обеспечения герметизации сборки.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

4) Уплотнение крепится к тыльной стороне накладки на клей 88-НП ТУ38 105540-85, и при установке табло, зажимается между корпусом и накладкой, дополнительно скрепляясь винтами.

Сборочный чертеж табло представлен на чертеже 11.03.03.2020.247.02.00 СБ в приложении К. Спецификация табло 11.03.03.2020.247.02.00 в приложении Л. Объёмное изображение табло показано на рисунках 5.11 и 5.12.

Рисунок 5.11 – Табло (вид сверху).

Рисунок 5.12 – Табло (вид снизу).

5.5 Компоновка пульта

Во время компоновки определяются габаритные размеры всего блока, местоположение отдельных узлов и деталей. Такие характеристики как технические, эксплуатационные, технологические довольно сильно зависят от компо-

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

новки блока. Компоновка элементов производится, исходя из схемы электрической соединений, и должна удовлетворять всем требованиям ТЗ [5].

Компоновка блока была выполнена так, чтобы обеспечить высокую ремонтопригодность, минимальные массогабаритные параметры, минимальную длину цепей электрической коммутации.

В состав блока также входит и печатный узел, который разрабатывался другим инженером. Изображение печатного узла показано на рисунках 5.13 и 5.14.

Рисунок 5.13 – Печатный узел А01.

Рисунок 5.14 – Печатный узел А01 (вид снизу).

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Печатный узел крепится к пластине с помощью специальных стоек (см. Рисунок 5.15) винтами М4-8gx6.36.016 ГОСТ 1491-80 и шайбами: 4 65Г 06 ГОСТ 6402-70, 4.01.08кп.016 ГОСТ 11371-78, которые также крепят стойки к пластине. Стойки задают необходимое расстояния между печатным узлом и корпусом.

Рисунок 5.15 – Стойка.

Сама пластина с установленным на ней печатным узлом крепится к специальным выступам на корпусе в четырех местах винтами М3-8gx8.36.016 ГОСТ 1491-80, шайбами 3 65Г 06 ГОСТ 6402-70, 3.01.08кп.016 ГОСТ 11371-78.

Положение корпуса, пластины и печатного узла относительно друг друга показано на рисунке 5.16.

Печатный
узел

Пластина

Корпус

Рисунок 5.16 – Расположение деталей.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

В разрабатываемом изделии, исходя из перечня элементов, используется одна соединительная вилка ХР1. Соединительная вилка закрепляется на корпус при помощи винтов МЗ- 8gx10.36.016 ГОСТ 1491-80. Между корпусом и соединительной вилкой приклеивается на клей резиновая прокладка. Изображение соединительной вилки представлено на рисунке 5.17.

Рисунок 5.17 – Вилка 2РМГ22Б10Ш1Е2 (ХР1);

Вилка закрывается заглушкой для защиты от повреждений и загрязнений металлических контактов, при транспортировке. Заглушка изготовлена из алюминиевого прутка Д16.Т.КР 50 ГОСТ 21488-97. Объемное изображение заглушки 110303.2020.247.04.01 представлено на рисунке 5.18.

Рисунок 5.18 – Заглушка.

На боковой стенке корпуса располагается табличка, на которой указаны масса изделия. Табличка имеет размеры 32x16 мм и крепится к блоку на клей ВК-9 ОСТ4 ГО.029.204. Объемное изображение таблички представлено на рисунке 5.19.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Рисунок 5.19 – Табличка.

Кнопки, предназначенные для коммутации электрических цепей, приклеиваются на клей ВК-9 ОСТ4 ГО.029.204 в отверстия на передней стенке корпуса и закрепляются при помощи гаек с двух сторон. Между гайками, которые прикрепляется с внешней стороны корпуса и самим корпусом приклеивается резиновая прокладка на клей ВК-9 ОСТ4 ГО.029.204. Объемные изображения гайки и кнопки представлены на рисунках 5.20 и 5.21.

Рисунок 5.20 – Гайка.

Рисунок 5.21 – Кнопка КМ1-1.

На данные кнопки устанавливается специальный чехол для обеспечения герметичности и защиты от пыли и грязи. Кнопка приклеивается на клей 88-СА ТУ38 1051760-89 к гайке. Изображение чехла представлено на рисунке 5.22.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Рисунок 5.22 – Чехол.

Электрические соединения внутри пульта осуществляются при помощи проводов МПО 0,2 ТУ 16-505.339-79. Электромонтаж выполнен установкой и распайкой проводов, согласно схеме электрической принципиальной и таблицы соединений 110303.2020.247.01.00 ТЭЗ (см. Приложение В). Провода связываются в жгут при помощи шнур-чулка ШПЧЭ-1,0-29 ОСТ17-144-78 . В местах крепления и соприкосновения с острыми кромками провода изолируются лентой ПВХ 15x0,20 1 сорта ГОСТ 16214-86. На каждый конец жгута надевается маркированная трубка 305ТВ-20 2,0.

Объемное изображение пульта корректировки данных показано на плакате 110303.2020.247.04.00 и приложении М. Сборочный чертеж пульта представлен на чертеже 110303.2020.247.01.00 СБ в приложении Н. Спецификация пульта 110303.2020.247.01.00 в приложении П. Сборочный чертеж жгута представлен на чертеже 110303.2020.247.03.00 СБ в приложении Р.

5.6 Защите прибора от коррозии, выбор покрытий.

Детали и компоненты, изготовленные из металла, входящие в состав пульта, в процессе эксплуатации будут подвергаться процессу коррозии, в результате которого может быть нарушена целостность и работоспособность блока. Для обеспечения защищённости деталей и узлов изделия от коррозии нужно подобрать оптимальные покрытия, учитывая факторы, влияющие на коррозию.

К внешним факторам, влияющим на образование коррозии, относятся:

- 1) химический состав среды, в которой находится изделие (наличие примесей, пыли, кислотность среды (рН));
- 2) влажность окружающей среды;

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

3) температура окружающей среды;

Исходя из этого, необходимо предотвратить проникновение пыли, влаги в зазоры контактных соединений, иначе это повлечет за собой нежелательные химические и электрохимические разрушения в конструкции блока.

На производстве в таких случаях обычно используется нанесение защитных покрытий: металлических и неметаллических. Металлические защитные покрытия весьма распространены и дают хорошие результаты. Для защиты от коррозии наносят тонкий слой металла, устойчивого в данных условиях. Все металлические покрытия, в большинстве случаев, пористые.

Существуют два вида покрытий, в зависимости от поляризуемости металла пленки: катодные и анодные [5].

1.) Катодное покрытие – покрытие, материал которого имеет более положительный потенциал, чем у основного металла детали. Катодные покрытия защищают основной металл лишь механически. При образовании в слое покрытия даже незначительного механического разрушения (царапины) и проникновении туда влаги начинается контактная коррозия, при которой разрушению подвергается металл детали.

2.) Анодные покрытия – покрытие из металла, имеющего более отрицательный потенциал, чем у основного металла детали, в котором при воздействии влаги в первую очередь разрушается металл покрытия, а основной металл детали не разрушается. Анодные покрытия защищают основной металл не только механически, но и электрохимически. Продукты его разрушения заполняют поры, и коррозия замедляется.

Для деталей, расположенных внутри приборов, анодные покрытия применять опасно. Продукты коррозии, осыпаясь, могут вывести из строя контакты коммутирующих устройств, которые расположены в приборе. В таких случаях вместо металлических защитных пленок применяют оксидные или полимерные.

Неметаллические покрытия осуществляют с помощью лаков, красок, смазок, эмалей и полимеров. Недостатком лакокрасочных покрытий является их

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

хрупкость при старении, а также низкая нагревостойкость. Лакокрасочные покрытия представляют собой пленкообразующие органические вещества, наносимые в один или несколько слоев на защищаемую поверхность. Основой лакокрасочного покрытия являются органическое пленкообразующее вещество и пигмент (красящее вещество). Все применяемые лаки и краски, в известной степени, проницаемы для воды и кислорода.

Влагоустойчивость корпуса хорошо обеспечивается с применением покрытия Хим.Окс.фос.фтор./Эмаль ЭП-140 серая ГОСТ 24709-81.IV.02. Это покрытие было выбрано исходя из его характеристик и распространенности на данном предприятии. Покрытие на основе эмали марки ЭП-140 обладает высокими противокоррозионными свойствами, стойкостью к воде, минеральным маслам, бензину, моющим средствам, к периодическому действию воды.

Для защиты корпусных деталей было выбрано покрытие Ц15.хр./Эмаль ЭП-140 светло-серая ГОСТ 24709-81.(2).IV.02. Ц15.хр – это цинковое покрытие, которое обладает высокими электроизоляционными свойствами, обладает высокой стойкостью к воздействию различных газов, имеет хорошую адгезию с основным металлом-сталью [6]. Выбранное покрытие применяется для защиты деталей от коррозии, повышения адгезии лакокрасочных материалов, обработка в растворах хроматов улучшает защитные свойства. Для повышения стойкости к коррозии, цинковое покрытие хромируют.

Лицевую поверхность таблички необходимо покрыть лаком ЭП-730 ГОСТ 20824-81. Такой лак применяется для защиты алюминиевых, стальных или неметаллических поверхностей изделий, эксплуатируемых внутри помещений или под навесом в различных климатических районах, работающих в условиях повышенной влажности, температуры, воздействия растворов щелочи, спиртобензиновой смеси.

Для герметизации винтовых соединений будет использоваться эмаль ХВ-124 ГОСТ 10144-89. Данная эмаль представляет собой суспензию пигментов в растворе средневязкой поливинилхлоридной смолы и алкидной смолы в смеси

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

летучих органических растворителей с добавлением пластификатора. Достоинством рассматриваемой эмали является то, что система покрытий, состоящая из трех слоев эмали ХВ-124, в условиях умеренного климата сохраняет защитные свойства в течение 6 лет.

Герметизацию на предприятии осуществляют двумя способами: заливкой полимерными материалами и помещением в герметичный объем. В данном случае будет проводиться герметизация пульта корректировки с целью защиты элементов от повышенной влажности. Герметичность разъемов обеспечена путем применения резиновых прокладок, которые ставятся между разъемом и корпусом, а также табло и корпусом. Винты, предназначенные для установки в сквозные резьбовые отверстия, ставим на герметик УТ-32 ТУ38.1051386-80. Герметик представляет собой пасту белого цвета, состоит из герметизирующей пасты, вулканизирующего, ускоряющего агентов. Герметик наносится с помощью шпателя или шприца.

5.7 Расчёт надежности пульта.

Понятие надежности изделия определяется, как свойство изделия сохранять в течение определенного времени все параметры, характеризующие способность выполнения требуемых функций в соответствии с техническими условиями.

Надежность – совокупное свойство, включающее в себя такие параметры как долговечность, безотказность, ремонтпригодность, а также сохраняемость. Является одним из важнейших показателей качества изделия.

Расчет надежности чаще всего носит оценочный характер. Он производится на этапах проектирования, когда еще точно не определены режимы работы схемы, производится расчет, задавая ориентировочные данные, определяемые из условий работы. Прогностический расчет надежности позволяет предсказать возможные характеристики надежности и разработать стратегию технического обслуживания устройства в эксплуатации. Расчетная оценка надежности производится с учетом данных о надежности комплектующих электрорадиоизделий (далее – ЭРИ).

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

Для разрабатываемого изделия основным показателем надежности является среднее время безотказной работы. Среднее время безотказной работы для проектируемого изделия по техническому заданию должно составлять не менее 100 000 часов.

Исходными данными для расчета показателей надежности изделия являются:

- схема электрическая принципиальная;
- справочные значения интенсивности отказов комплектующих элементов в нормальных условиях эксплуатации;
- характеристики электрических режимов работы элементов;
- характеристики условий эксплуатации изделия.

Среднее время безотказной работы T_{cp} математически характеризует ожидание времени работы изделия до отказа:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}, \quad (5.1)$$

где t_i – время безотказной работы i -го образца;

N – число испытываемых образцов.

Чем больше показание среднего времени безотказной работы, тем выше надежность изделия.

Интенсивность отказов изделия, состоящего из n -го количества ЭРИ, определяется по формуле:

$$\Lambda_M = \sum_{i=1}^n \lambda_{Э i}, \quad (5.2)$$

где $\lambda_{Э i}$ – интенсивность отказов отдельного ЭРИ;

n – количество элементов;

Интенсивность отказов изделия является обратной величиной его среднего времени безотказной работы.

Для расчета надежности компонентов, входящих в состав различных узлов,

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

блоков электронной аппаратуры, используют такой параметр как базовая (исходная) интенсивность отказов ЭРИ (группы ЭРИ) – λ'_0 ($\lambda'_{\text{бст}}$). Базовая интенсивность отказов рассчитывается по результатам испытаний компонента на безотказность, долговечность, ресурс. Прогностический расчет надежности происходит с учетом различных поправочных коэффициентов, которые учитывают какую-либо характеристику конкретного компонента.

Коэффициенты, используемые при расчете надежности, и их характеристики.

Общие коэффициенты, учитываемые при расчете большинства элементов:

K_p – коэффициент режима – величина электрической нагрузки и температуры окружающей среды (корпуса изделия);

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент приемки – степень жесткости требований к контролю качества и правила приемки изделий;

K_3 (K_E) – коэффициент эксплуатации – степень жесткости условий эксплуатации;

Коэффициенты конкретных классов элементов:

$K_{\text{к.к}}$ – коэффициент в зависимости от количества задействованных контактов;

$K_{\text{к.с}}$ – коэффициент в зависимости от количества сочленений-расчленений;

K_f – коэффициент, зависящий от частоты включений в час;

K_T – коэффициент, зависящий от рабочей температуры, материала и конструкции.

K_t – коэффициент режима, зависящий от температуры перехода;

K_Q – коэффициент влияния качества изготовления;

Для расчета надежности пульта корректировки необходимо проанализировать влияние работоспособности отдельных элементов и модулей на работоспособность блока. Элементы, отказ которых, приводит к отказу изделия, в первую очередь необходимо учитывать при расчете надежности блока. Элементы, отказ

которых не влияет на работоспособность изделия, чаще всего не учитывают при расчете надежности.

Рассчитаем интенсивность отказов ЭРИ, входящих в состав пульта корректировки. Интенсивности отказов ЭРИ в нормальных условиях, а также необходимые поправочные коэффициенты, определены по справочнику [7].

1) Интенсивность отказов соединителей рассчитывается по модели:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_{\text{б}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{к.к}} \cdot K_{\text{к.с}} \cdot K_{\text{Э}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (5.3)$$

либо

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_{\text{бст}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{к.к}} \cdot K_{\text{к.с}} \cdot K_{\text{Э}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (5.4)$$

Таблица 5.1 – Значения базовой интенсивности отказов и поправочных коэффициентов для соединителей

Компонент	$\lambda'_{\text{б}} (\lambda'_{\text{бст}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ч}^{-1}$	$K_{\text{р}}$	$K_{\text{к.к}}$	$K_{\text{к.с}}$	$K_{\text{Э}}$	$K_{\text{пр}}$
Вилка 2РМГ	0,0007	1,53	2,58	0,42	1,5	1
Разъем СНП-346	0,005	2,18	5,6	0,32	1,5	1

Подставляем значения в указанную модель (5.3) и получаем:

Вилка 2РМГ:

$$\lambda_{\text{Э}} = 0,0007 \cdot 10^{-6} \cdot 1,53 \cdot 2,58 \cdot 0,42 \cdot 1,5 \cdot 1 = 0,00174 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

Разъём СНП-346:

$$\lambda_{\text{Э}} = 0,005 \cdot 10^{-6} \cdot 2,18 \cdot 5,6 \cdot 0,32 \cdot 1,5 \cdot 1 = 0,029 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

2) Интенсивность отказов коммутационных изделий рассчитывается по модели:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_{\text{б}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{к.к}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot K_{\text{Э}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (5.5)$$

Таблица 5.2 – Значения базовой интенсивности отказов и поправочных коэффициентов для коммутационных изделий

Компонент	$\lambda'_6 \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	K_p	$K_{к.к}$	K_f	$K_э$	$K_{пр}$
Кнопка КМ1-1	0,16	0,58	2	1	2,5	1

Подставляем значения в указанную модель (5.5) и получаем:

$$\lambda_э = 0,16 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1 = 0,464 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

3) Интенсивность отказов кабелей, проводов и шнуров рассчитывается по модели:

$$\lambda_э = \lambda'_6 \cdot K_T \cdot L \cdot K_э, \quad (5.6)$$

Таблица 5.3 – Значения базовой интенсивности отказов и поправочных коэффициентов для проводов, кабелей, шнуров

Компонент	$\lambda'_6 \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	K_T	$K_э$	L
Провод МПО 0,2	0,033	1	1,5	2,1 м.

Подставляем значения в указанную модель (5.6) и получаем:

$$\lambda_э = 0,033 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 2,1 = 0,104 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

Переключки выполняются тем же проводом МПО 0,2, но другой длины (L = 0,15 м).

$$\lambda_э = 0,033 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,15 = 0,0074 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

4) Все соединения проводов и переключек с компонентами пульта выполняются методом ручной пайки.

Интенсивность отказов соединений пайкой рассчитывается по модели:

$$\lambda_{\text{Э}} = K_{\text{Э}} \sum_{i=1}^n N_i \cdot \lambda'_{\text{Г}i}, \quad (5.7)$$

где N_i – количество соединений одного вида;

$\lambda'_{\text{Г}i}$ – базовое значение интенсивности отказов i -го вида соединения;

n – количество видов соединений в устройстве;

Таблица 5.4 – Значения базовой интенсивности отказов и поправочных коэффициентов для соединений, выполненных пайкой

Компонент	$\lambda'_{\text{Г}i} \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	N_i	n	$K_{\text{Э}}$
Провод МПО 0,2	0,0013	28	1	0,13

Подставляем значения в указанную модель (5.7) и получаем:

$$\lambda_{\text{Э}} = 2 \cdot 28 \cdot 0,0013 \cdot 10^{-6} = 0,73 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

5) Интенсивность отказов дисплея UG-5664ASWEF01 рассчитывается как интенсивность отказов оптоэлектронных полупроводниковых приборов по модели [8, с. 52]:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_{\text{В}} \cdot K_t \cdot K_Q \cdot K_E, \quad (5.8)$$

Поправочные коэффициенты для таких ЭРИ рассчитываются в ходе сложных алгебраических вычислений, поэтому мы укажем лишь результаты вычислений.

Таблица 5.5 – Значения базовой интенсивности отказов и поправочных коэффициентов для оптоэлектронных полупроводниковых приборов

Компонент	$\lambda'_{\text{В}} \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	K_t	K_Q	K_E
Дисплей UG-5664ASWEF01	0,00149	0,8065	1	3

Подставляем значения указанную модель (5.8) и получаем:

$$\lambda_{\text{Э}} = 0,00149 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8065 \cdot 1 \cdot 3 = 0,0036 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

б) Интенсивность отказов печатного узла, входящего в состав пульта корректировки, была рассчитана в другой работе. Было получено значение:

$$\lambda_{\text{Э}} = 3,628 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

Укажем все рассчитанные ранее интенсивности отказов ЭРИ в отдельной таблице, учитывая при этом количество каждого элемента, и посчитаем суммарную интенсивность отказов пульта корректировки данных.

Таблица 5.6 – Общая интенсивность отказов ($\lambda_{\text{Э общ.}}$) для ЭРИ пульта корректировки

№	Обозначение типа	Количество, N	$\lambda'_6 (\lambda'_{\text{бст}}) \cdot 10^{-6}, \text{ ч}^{-1}$	$\lambda_{\text{Э}} \cdot 10^{-6}, \text{ ч}^{-1}$	$\lambda_{\text{Э общ.}} = \lambda_{\text{Э}} \cdot N$
1	Вилка 2РМГ	1	0,0007	0,00174	0,00174
2	Розетка СНП-346	1	0,005	0,029	0,029
3	Кнопка КМ1-1	3	0,16	0,464	1,392
4	Дисплей UG-5664ASWEF01	1	0,00149	0,0036	0,0036
5	Печатный узел	1	3,628	3,628	3,628
6	Провод МПО 0,2	1	0,033	0,104	0,104
7	Переключки	2	0,033	0,0074	0,0148
8	Пайка	1	0,0013	0,073	0,073
Суммарная интенсивность отказов, $\Lambda_{\text{М}} = \sum_{i=1}^N \lambda_{\text{Э общ.}}$					5,246

Таким образом, суммарное значение интенсивности отказов элементов равно:

$$\Lambda_M = 5,246 \cdot 10^{-6}, \text{ ч}^{-1}.$$

Определим среднее время безотказной работы по формуле:

$$T_{\text{ср}} = 1 / \Lambda_M, \quad (5.9)$$

где $T_{\text{ср}}$ – среднее время безотказной работы.

$$T_{\text{ср}} = 190\,621 \text{ часов.}$$

Значение среднего времени безотказной работы для пульта корректировки получилось почти вдвое больше, чем требуется по техническому заданию. Исходя из этого, приходим к выводу о том, что разработанное изделие обладает высокой надёжностью.

5.8 Расчет теплового режима пульта

Под тепловым режимом РЭА понимается пространственно-временное распределение температуры в аппаратуре, соответствующее определенному пространственно-временному распределению тепловыделения в РЭА. Под заданным тепловым режимом в РЭА понимают такой тепловой режим, при котором температура каждого из элементов РЭА равна заданной и не выходит за пределы, указанные для этого элемента [9].

При работе электронной аппаратуры лишь несколько процентов потребляемой мощности идет на полезное преобразование сигнала, остальная часть выделяется в виде теплового излучения. В связи с этим, приходится предусматривать охлаждение конструкции, что может приводить к увеличению веса и габаритов устройства. В разрабатываемом изделии, было стремление обеспечить естественное охлаждение, рассматривая различные способы передачи тепла в окружающее пространство. Естественное воздушное охлаждение является самым

простым способом отвода тепла в окружающее пространство, происходящим за счет естественной конвекции и лучеиспускания.

Передача тепла от теплонагруженных элементов к более теплоемким элементам достигается за счет теплового сопротивления, изменяя которое можно улучшить теплообмен. Передача тепла теплопроводностью в некоторых случаях является единственно возможным способом, например в герметичных блоках, каким и является наш пульт корректировки. Большое значение в герметичных устройствах имеет тепловой контакт элементов конструкции с корпусом. Важно обеспечить хорошие тепловые контакты между элементами блока и самим корпусом.

Для осуществления винтовых соединений предпочтительней использовать винты большого диаметра, допускающие большие усилия свинчивания. В таком случае обеспечивается хороший тепловой контакт при больших нагрузках.

Тепловая характеристика зоны (корпуса) – это функциональная зависимость перегрева зоны (корпуса) от мощности тепловыделения.

Корпус блока изготовлен из алюминия Д16А ГОСТ 17329-99, крышка из алюминия Д16.А.Т ГОСТ 21631-76. Упомянутые материалы обладают довольно большой теплопроводностью. Тепловая энергия, передаваемая от нагретой зоны корпусу, равномерно распределена по всей поверхности.

Предварительная оценка тепловой нагрузки

Учитывая тепловой режим РЭА, блоки и узлы можно разделить на теплонагруженные и нетеплонагруженные. Важно сразу определить к какому тепловому режиму относится разрабатываемый пульт корректировки данных.

Для расчета теплового режима необходимо знать мощность, выделяемую источниками тепла, для чего следует рассмотреть работу всего блока. Пульт корректировки данных включает в себя печатный узел, элементы которого и являются источниками тепловыделения. Исходя из перечня элементов узла и технических условий ЭРИ, было выявлено, что основными источниками тепло-

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

выделения являются 2 микросхемы, диодные матрицы, а также 3 транзистора. В ходе расчета выделяемой мощности получилось, что суммарная мощность (P) источников тепла внутри блока составляет приблизительно 11 Вт.

Перед началом расчета необходимо предварительно оценить тепловую нагрузку на пульт корректировки, учитывая габариты пульта и температурные характеристики в процессе работы изделия. Стоит отметить, что пульт корректировки данных изготовлен в форме прямоугольного параллелепипеда, что в целом поможет оценить естественное воздушное охлаждение.

Допустимая температура нагретых зон внутри блока $t_{\text{доп}} = 85^{\circ}\text{C}$; температура окружающей среды $t_c = 23^{\circ}\text{C}$.

Габаритные размеры блока: 110 x 140 x 42 мм ($L_1 \times L_2 \times L_3$).

Удельная мощность, приходящаяся на единицу поверхности устройства, рассчитывается по формуле [9, стр. 301]:

$$P_{\text{уд}} = \frac{\sum P_i}{2 \cdot (L_1 \cdot L_2 + L_1 \cdot L_3 + L_2 \cdot L_3)}, \quad (5.10)$$

где P_i – суммарная мощность источников тепла в блоке, Вт;

L_1, L_2, L_3 – габаритные размеры блока, м².

$$P_{\text{уд}} = \frac{11}{0,0518} = 212,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

Допустимый перегрев внутри блока определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{доп}} = t_{\text{доп}} - t_c = 85 - 23 = 62^{\circ}\text{C}, \quad (5.11)$$

где $t_{\text{доп}}$ – допустимая температура нагретых зон, °C;

t_c – температура окружающей среды, °C.

Предварительная оценка производится по диаграмме из справочника [9, стр. 302], представленной на рисунке 5.23.

Рисунок 5.23 – Диаграмма для приближенной оценки теплового режима РЭА
при естественном охлаждении

На изображенной диаграмме указаны:

- по оси абсцисс – мощность, приходящаяся на единицу поверхности;
- по оси ординат – допустимый перегрев внутри блока;

Для рассчитанных $P_{уд}$ и $v_{доп}$ по диаграмме находим точку соответствующую рассчитанным параметрам.

Найденная точка лежит выше линии «а'». В таком случае возможна герметичная конструкция блока.

Расчет охлаждения при естественной конвекции внутри герметичного корпуса

Из рисунка 5.23 видно, что в нашем случае возможна герметичная или пылезащитная конструкция блока. Произведем расчет мощности, которую может рассеивать корпус блока.

При расчете нужно учитывать следующее:

- корпус имеет форму параллелепипеда, размеры которого: длина $L_1 = 0,11$ м, ширина $L_2 = 0,14$ м, а высота $L_3 = 0,042$ м;
- теплообмен корпуса с воздушной средой происходит в условиях свободной конвекции;

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- температура среды 23°C;
- температура корпуса 55°C.

Учитывая исходные данные, приступаем к расчету охлаждения.

Связь между мощностью $P_{\text{рас.}}$, рассеиваемой блоком, и средним перегревом поверхности выражается равенством [9]:

$$P_{\text{рас}} = (t_{\text{к}} - t_{\text{с}}) \cdot \sigma_{\text{кс}}, \quad (5.12)$$

где $t_{\text{к}}$ – температура корпуса, К;

$t_{\text{с}}$ – температура окружающей среды, К;

$\sigma_{\text{кс}}$ – тепловая проводимость участка от корпуса в среду, Вт/К.

Вследствие различной ориентации и размеров верхней, нижней и боковой стенок корпуса теплообмен их со средой характеризуется различной интенсивностью:

$$\sigma_{\text{кс}} = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \alpha_3 \cdot S_3, \quad (5.13)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – полные коэффициенты теплоотдачи верхней, нижней и боковой поверхностей, Вт/(м²·К);

S_1, S_2, S_3 – площади верхней, нижней и боковой поверхностей, м².

Вначале необходимо рассчитать геометрические размеры блока для дальнейших вычислений. Площадь верхней (нижней) поверхности блока:

$$S_{\text{в}} = S_{\text{н}} = L_1 \cdot L_2 = 0,14 \cdot 0,11 = 0,0154 \text{ м}^2. \quad (5.14)$$

Площадь боковой поверхности блока:

$$S_{\text{б}} = L_3 \cdot 2(L_1 + L_2) = 0,042 \cdot 2 \cdot (0,14 + 0,11) = 0,021 \text{ м}^2. \quad (5.15)$$

Полный коэффициент теплоотдачи i -ой поверхности равен сумме конвективного коэффициента $\alpha_{\text{ки}}$ и коэффициента лучеиспускания $\alpha_{\text{л}}$:

$$\alpha_i = \alpha_{\text{ки}} + \alpha_{\text{л}}, \quad (5.16)$$

В общем виде коэффициент лучеиспускания рассчитывается по формуле:

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

$$\alpha_{л} = \varepsilon_n \cdot \varphi_{ij} \cdot f(t_k, t_c), \quad (5.17)$$

где ε_n – приведенная степень черноты наружной поверхности корпуса, $\varepsilon_n = 0,92$ [10, стр.217];

φ_{ij} – коэффициент взаимной облученности i -ой поверхности корпуса и j -го элемента ($\varphi_{ij}=1$, так как вблизи нет излучающих тел);

$f(t_k, t_c)$ – значение функции температуры, Вт/(м²·К), которое численно равно:

$$f(t_k, t_c) = 5,67 \cdot \frac{\left(\frac{t_k + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_c + 273}{100}\right)^4}{t_k - t_c}, \quad (5.18)$$

После проведение расчетов получаем, что коэффициент лучеиспускания $\alpha_{л} = 6,91$ Вт/(м²·К).

Расчет конвективного коэффициента происходит по следующему закону [2]:

$$\alpha_{ki} = N \cdot A_1 \cdot \left(\frac{t_k - t_c}{L}\right)^{1/4}, \quad (5.19)$$

где L – определяющий размер, м;

N – поправочный коэффициент поверхности:

- для вертикальной поверхности $N=1$;
- для горизонтальной поверхности с нагретой стороной обращенной вверх $N=1,3$;
- для нагретой стороны, обращенной вниз $N=0,7$.

Коэффициент A_1 находится исходя из определяющей температуры t_m , которая вычисляется по следующей формуле:

$$t_m = \frac{t_k - t_c}{2}, \quad (5.20)$$

Получаем значение $t_m = 39$ °С. По таблице [7, стр.302] $A_1 = 1,33$ Вт/(м^{7/4}·К^{5/4}).

Определяющий размер для верхней и нижней стенок корпуса $L_1 = 0,11$ м.

$$\alpha_{к.в.} = 1,3 \cdot 1,33 \cdot \left(\frac{55-23}{0,11} \right)^{1/4} = 4,11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

$$\alpha_{к.н.} = 0,7 \cdot 1,33 \cdot \left(\frac{55-23}{0,11} \right)^{1/4} = 2,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

Определяющий размер для боковых поверхностей $L_3 = 0,042$ м.

$$\alpha_{к.б.} = 1,3 \cdot 1,33 \cdot \left(\frac{55-23}{0,042} \right)^{1/4} = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

По формуле (5.16) рассчитаем полный коэффициент теплоотдачи с поверхности корпуса:

$$\alpha_{в} = \alpha_{к.в.} + \alpha_{л} = 4,11 + 6,91 = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

$$\alpha_{н} = \alpha_{к.н.} + \alpha_{л} = 2,2 + 6,91 = 9,11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

$$\alpha_{б} = \alpha_{к.б.} + \alpha_{л} = 9 + 6,91 = 15,91 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

По формуле (5.13) определяем тепловую проводимость корпуса:

$$\sigma_{кс} = 11 \cdot 0,0154 + 9,11 \cdot 0,0154 + 15,91 \cdot 0,021 = 0,643 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}.$$

Вычислим тепловую мощность, рассеиваемую корпусом, по формуле (5.12):

$$P_{рас} = (328 - 296) \cdot 0,643 = 20,5 \text{Вт}.$$

После проведения расчетов и получения результатов, можно сделать вывод о том, что пульт корректировки данных является теплоненагруженным, так как тепловая мощность, рассеиваемая корпусом, превосходит выделяемую на источниках тепла ($P = 11$ Вт) почти в два раза, отсюда следует, что устройство вполне может работать в нормальном режиме при повышенной температуре и естественном способе охлаждения.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта была разработана конструкция пульта корректировки данных, разработано табло, предназначенное для отображения информации. Была выполнена компоновка блока, обеспечены минимальные габариты. При разработке конструкции были обеспечены требования, по герметизации и защите от климатических воздействий, коррозии. Создана трехмерная модель пульта корректировки. С использованием трехмерной модели были разработаны плакат с общим видом пульта корректировки, двухмерный чертеж корпуса блока, чертежи деталей, входящих в состав блока, сборочные чертежи блока и табло, а также чертеж жгута. Выполнены и оформлены спецификации на сборочные единицы и на само изделие.

Расчет надежности был произведен для всего пульта корректировки. Среднее время безотказной работы составило 190621 часов, что превышает значение требуемого почти в два раза. Расчет теплового режима пульта показал, что устройство работает в теплоненагруженном режиме и способно выполнять свои функции в активном режиме работы в условиях повышенной температуры.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2010 – 60 с.

2. ГОСТ 30631-99. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999 – 76 с.

3. ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP) [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2008 – 47 с.

4. Портал о светодиодной технике [Электронный ресурс]: Технология будущего – светодиодные экраны на органических светодиодах – Режим доступа: <https://svetodiodnyiekran.ru/poleznaya-informatsiya/oled.html>.

5. Ненашев, А.П. Конструирование радиоэлектронных средств [Текст]: учебн. пособие для радиотехнич. спец. вузов. / А.П. Ненашев. – М.: Высш. шк., 1990. – 432 с.: ил.

6. Фрумкин, Г.Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры [Текст]: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. / Г.Д. Фрумкин. – М.: Высш. шк., 1989. – 463 с.: ил.

7. Прытков, С.Ф. Надежность электрорадиоизделий [Текст]: справочник нормативного характера / С.Ф. Прытков, А.А. Борисов, В.Я. Власов. – М.: 22 ЦНИИ МО РФ, 2002. – 574 с.

8. Боровиков, С.М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств [Текст]: учеб.-метод. пособие / С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Ф.Д. Троян; под ред. С.М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2010. – 68 с.: ил.

9. Гелль, П.П. Конструирование и микроминиатюризация РЭА [Текст]: учебник для вузов / П.П. Гелль, Н.К. Иванов-Есипович. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние. 1984. – 536 с.: ил.

					110303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

10. Дульнев, Г.Н. Тепловые режимы электронной аппаратуры [Текст]: учебн. пособие для высш. технич. заведений / Г.Н. Дульнев, Н.Н. Тарановский. – Ленинград: Энергия, 1971. — 248 с.: ил.

					1 10303.2020.247.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51