

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой КиПР

_____ Войтович Н.И.

_____ 2020 г.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЕ ЮУрГУ 11.04.03.2020.589.00 ПЗ

Руководитель работы

_____ Суворов П.В.

_____ 2020 г.

Работу выполнил
студент гр. КЭ-224

_____ Дударев А.В.

_____ 2020 г.

Нормоконтролер

_____ Виденская Н.Ф.

_____ 2020 г.

Челябинск 2020 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ.....	11
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	12
1. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ	13
2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	15
3. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЕШЕНИЙ	16
3.1 TSS/Bridge Alarm – Интегрированная система аварийно- предупредительной сигнализации, связи и контроля дееспособности вахтенного помощника.....	16
3.2 TSS/ WIAS – Система аварийной сигнализации о поступлении воды в трюмы.....	19
3.3 Пульт управления и сигнализации П13	20
3.4 Блок сигнальный БС ПКМВ	23
3.5 Система судовой аварийно-предупредительной сигнализации «MANAGER 301M».....	25
3.6 Модуль блокировки и аварийной сигнализации ПАС-01.....	26
3.7 Модуль аварийной сигнализации УАС-16МИ.....	28
3.8 Блок аварийной сигнализации БАС701	29
3.9 Система аварийной сигнализации САС-В	30
4. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	31
4.1 Разработка печатных узлов	31
4.2 Разработка конструкции корпуса модуля аварийной сигнализации ...	40
4.3 Разработка корпусных деталей модуля аварийной сигнализации.....	44
4.4 Компановка модуля аварийной сигнализации	58
4.5 Выбор защитно-декоративных покрытий	69
4.6 Расчёт надёжности модуля аварийной сигнализации	70
5. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	78
5.1 Моделирование тепловых процессов индикационного печатного узла.....	78
5.2 Анализ полученных результатов моделирования	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	85
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А1	88
ПРИЛОЖЕНИЕ А2	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Б1	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Б2	94
ПРИЛОЖЕНИЕ В1	96
ПРИЛОЖЕНИЕ В2	98
ПРИЛОЖЕНИЕ Г1	100
ПРИЛОЖЕНИЕ Г2	102
ПРИЛОЖЕНИЕ Д1	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Д2	106
ПРИЛОЖЕНИЕ Е1	108
ПРИЛОЖЕНИЕ Е2	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж1	112
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж2	114
ПРИЛОЖЕНИЕ И1	116
ПРИЛОЖЕНИЕ И2	118
ПРИЛОЖЕНИЕ К1	120
ПРИЛОЖЕНИЕ К2	123
ПРИЛОЖЕНИЕ Л1	125
ПРИЛОЖЕНИЕ Л2	127
ПРИЛОЖЕНИЕ М1	129
ПРИЛОЖЕНИЕ М2	131
ПРИЛОЖЕНИЕ Н1	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Н2	138
ПРИЛОЖЕНИЕ П1	140
ПРИЛОЖЕНИЕ П2	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Р1	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Р2	146
ПРИЛОЖЕНИЕ С	151

ПРИЛОЖЕНИЕ Т1.....	153
ПРИЛОЖЕНИЕ Т2.....	155
ПРИЛОЖЕНИЕ У1	164
ПРИЛОЖЕНИЕ У2	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф1.....	172
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф2.....	180
ПРИЛОЖЕНИЕ Х1	184
ПРИЛОЖЕНИЕ Х2	186
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц1	190
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц2	192
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш1	195
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш2.....	198
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ1	200
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ2.....	202

ВВЕДЕНИЕ

Развитие и совершенствование объектов колёсно-гусеничной техники обусловлено повышением уровня автоматизации применяемых систем. Из-за повсеместного внедрения автоматизированных систем произошёл огромный скачок в повышении основных свойств транспортных машин. Современные колёсно-гусеничные машины оснащаются всё большим количеством электронного оборудования, аппаратов и приборов. От исправности и надежности работы используемого электрооборудования в большой степени зависит надежность современных объектов техники.

В наше время очень большое распространение получили системы индикации и аварийной сигнализации, данные системы позволяют осуществлять контроль основных параметров технических средств, а также при возникновении нештатных ситуаций: сбоев, аварийных ситуаций, осуществлять звуковую и световую индикацию. Данные системы широко применяются как в подвижных объектах (сухопутной колёсной и колёсно-гусеничной технике, морских судах, летательных аппаратах), так и в стационарных объектах.

В данной работе в рамках опытной-конструкторской работы (далее ОКР) на предприятии АО «НПО «Электромашина» мною был разработан модуль аварийной сигнализации, устанавливаемый на колёсно-гусеничное шасси. На данный блок был разработан полный комплект конструкторской документации, полностью соответствующей требованиям ЕСКД и ГОСТ. Был проведён расчёт надёжности для печатных узлов модуля. Также в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks Simulation был проведён расчёт теплового режима индикационного печатного узла. При проектировании модуля аварийной сигнализации использовались следующие системы автоматизированного проектирования (САПР): Altium Designer, SolidWorks, КОМПАС-3D.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ОКР – опытно-конструкторская работа.

САПР – система автоматизированного проектирования.

ОЖ – охлаждающая жидкость.

МТО – моторно-трансмиссионное отделение.

АКБ – аккумуляторная батарея.

ЕСКД – Единая система конструкторской документации.

РЛС – радиолокационная система.

АПС – аварийно-предупредительная сигнализация.

СКДВП – система контроля дееспособности вахтенного помощника.

ППО – противопожарное оборудование.

ВДГ – вспомогательный дизель-генератор.

АДГ – аварийный дизель-генератор.

РР – рулевая рубка.

ГРЩ – главный распределительный щит.

ЦПУ – центральный щит управления.

МО – машинное отделение.

РЭС – радиоэлектронное средство.

ЭРЭ – электро-радио элемент.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>12</i>

1. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В данной работе необходимо спроектировать модуль аварийной сигнализации, изготавливаемый в рамках опытно-конструкторской работы (ОКР) на ведущем предприятии России АО «НПО «Электромашина».

К разрабатываемому модулю аварийной сигнализации предъявляются следующие требования:

1. Модуль должен быть ремонтпригоден, должен быть обеспечен легкий доступ ко всем контактам элементов блока и узлам печатным в процессе отладки и ремонта.

2. Внешние поверхности модуля должны быть окрашены в серый цвет.

3. Модуль должен обеспечивать электрическое соединение корпуса с щитком водителя (заземление).

4. Модуль должен конструктивно соединяться с щитком водителя в предусмотренных для этого местах.

5. На модуле должна быть установлена панель с шкалами и пиктограммами, на которой должна отображаться информация: о контроле скорости движения объекта и частоте вращения вала двигателя, о аварийном уровне охлаждающей жидкости (далее ОЖ), аварийном уровне масла двигателя, аварийном давлении в системе управления трансмиссией, наличии открытых люков и дверей, аварийной температуре ОЖ, аварийной температуре масла двигателя, воде в моторно-трансмиссионном отделении (далее МТО), стояночном тормозе, аварийной температуре масла трансмиссии, выходе за габариты влево (вправо), аварийном давлении масла двигателя, удалении пыли из МТО, разряде аккумуляторных батарей (далее АКБ), аварийном давлении масла смазки в трансмиссии, манёвре, выключенном рычаге переключения передач.

6. Корпус модуля должен состоять из двух частей: передней несущей части со стеклом и задней крышки, выполненных из алюминиевого сплава.

7. При установке в щиток водителя, несущая часть модуля должна крепиться к несущей части щитка винтами, при этом модуль должен

					110403.2020.592.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

прижиматься к щитку через резиновую прокладку, приклеенную к посадочной поверхности модуля.

8. Степень защиты модуля аварийной сигнализации – IP52.

9. Средняя наработка на отказ – не менее 500 ч.

10. Напряжение питания – 5 В постоянного тока.

В качестве исходных данных при разработке модуля аварийной сигнализации выступают схемы электрические принципиальные и перечни элементов.

					<i>1104.03.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		14

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо разработать модуль аварийной сигнализации, состоящий из печатных узлов, корпуса, а также необходимых корпусных деталей, а также оформить комплект конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД на разрабатываемый модуль, и его составные части.

Разрабатываемый модуль должен соответствовать требованиям, предъявляемым к изделию со степенью защиты IP52, должен обладать высокой ремонтопригодностью, а также должен быть обеспечен простой доступ ко всем контактам элементов блока и узлам печатным в процессе отладки и ремонта.

При разработке модуля аварийной сигнализации будут использоваться САПР: Altium Designer, SolidWorks, КОМПАС-3D.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>15</i>

3.ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЕШЕНИЙ

В наше время широкое распространения получили системы индикации и аварийной сигнализации, данные системы позволяют контролировать основные параметры состояния технических средств, а также в случае возникновения аварийных ситуаций осуществлять световую и звуковую индикацию.

Системы аварийной сигнализации используются повсеместно как на подвижных объектах (колёсно-гусеничная техника, воздушные и морские суда), так и на стационарных. Рассмотрим существующие решения по блокам и системам аварийной световой и звуковой индикации.

3.1. TSS/Bridge Alarm [2] – Интегрированная система аварийно-предупредительной сигнализации, связи и контроля дееспособности вахтенного помощника

Данная система аварийно-предупредительной сигнализации, связи и контроля, разработанная компанией «Валком» [1], предназначена для отображения информации в виде световых и звуковых сигналов, поступающих с радиолокационных (РЛС) и навигационных систем.

Панель аварийно-предупредительной сигнализации, связи и контроля (далее АПСС) состоит из:

- 1) Блока управления;
- 2) Панели, расположенной на пульте управления судном;
- 3) Каютной панели, устанавливаемой в жилых помещениях.

Основные электрические характеристики системы:

- 1) Основное напряжение питания – 220В;
- 2) Резервное питание – 24В;
- 3) Потребляемая мощность – 60 Вт.

Панель АПСС необходима также для работы с системой контроля дееспособности вахтенного помощника (далее СКДВП)

[2], расположенной на нижней части панели, предназначенной для включения и отключения СКДВП.

Панель АПСС состоит из 15 светодиодных индикаторов (рис. 3.1.1) жёлтого цвета, позволяющих отображать следующие аварийные сигналы: неисправность гирокомпаса, нет питания гирокомпаса, нет питания эхолота, выход судна на минимальную глубину под килем, обнаружение опасной цели, нет питания навигационного оборудования, неисправность системы контроля дееспособности вахтенного штурмана, выход из троя сигнальных огней, отклонение от заданного курса, нет питания авторулевого.

Рисунок 3.1.1 – Панель аварийно-предупредительной сигнализации (АПСС)

На нижней части панели (рис. 3.1.1) находится блок СКДВП, состоящий из:

- 1) Тумблера, предназначенного для выбора режима работы СКДВП;
- 2) Тумблера выбора «времени пассивного состояния»;
- 3) Зуммера, сопровождающий световые сигналы до их квитирования СКДВП;
- 4) Кнопки квитирования, предназначенной для подтверждения приёма сигнала.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>17</i>

При обработке сигналов, поступающих от навигационных устройств, выполняется выключение звукового сигнала, а затем световой сигнал переводится из мигающего состояния в постоянное. Причём полное отключение светового сигнала происходит только после устранения неисправности.

Каютная панель [2] АПСС (рис. 3.1.2) необходима для информирования экипажа о срабатывании системы АПСС, системы контроля дееспособности помощника (далее СКДП).

Рисунок 3.1.2 – Каютная панель АПСС

Каютная панель АПСС состоит из:

1) Светодиодных индикаторов жёлтого цвета, светящихся непрерывно или мигающим светом (в зависимости от степени «сквитирован» или «не подтверждён») для следующих аварийных сигналов:

- сработала система АПСС;
- вызов механика;
- контроль дееспособности вахтенного штурмана не подтверждён;

2) Зуммера, сопровождающего световые сигналы до их квитирования.

3) Кнопки проверки работоспособности индикаторов данной панели.

Блок системы АПСС представляет собой панель размером 400 × 600 мм, устанавливаемую внутри пульта управления. К данной панели подключаются как блоки самой системы, так и кабели от навигационных систем.

Расположение системы АПСС на панели управления судном показано на рис. 3.1.3.

Рисунок 3.1.3 – Расположение аварийно-предупредительной сигнализации на пульте управления судном

3.2. TSS / WIAS – Система аварийной сигнализации о поступлении воды в трюмы

Система TSS / WIAS [2], разработанная компанией «Валком» [1], преимущественно устанавливается на грузовые суда и обеспечивает аварийную световую и звуковую сигнализацию при поступлении воды в грузовые трюмы.

Данная система работает следующим образом: при достижении водой уровня $\leq 0,3$ м в трюме происходит подача светового и звукового сигнала на мостик, второй сигнал подаётся на мостик при уровне воды в трюме: не более 15% от глубины (средней) грузового трюма.

Система TSS / WIAS состоит из сигнализаторов уровня UTS [2], имеющих степень защиты IP68, обеспечивающих передачу сигнала при непосредственном контакте с водой и панели аварийной сигнализации (рис 3.2.1), установленной в отдельном пульте.

Основные электрические параметры системы TSS / WIAS:

- 1) Основное напряжение питания – 220В.

					110403.2020.592.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

2) Резервное питание – 24В.

Рисунок 3.2.1 – Панель аварийной сигнализации TSS / WIAS

3.3. Пульт управления и сигнализации П13

Пульт П13 (рис. 3.3.1, 3.3.2) обеспечивает контроль исправности системы защиты, а также сигнализацию [3] и ручное дублирование сигналов противопожарного оборудования (далее ППО).

Рисунок 3.3.1 – Пульт сигнализации П13

					<i>1104.03.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>20</i>

Рисунок 3.3.2 – Пульт сигнализации П13 (модифицированный)

Пульт аварийной сигнализации П13 имеет следующие габариты: 240 мм × 110 мм × 106 мм (см. рис. 3.3.3).

Рисунок 3.3.3 – Габаритные размеры пульта П13

Основные элементы из которых состоит пульт аварийной сигнализации П13 [3] показаны на рис. 3.3.4.

					<i>1104.03.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		21

Рисунок 3.3.4 – Основные составные части пульта сигнализации П13

Основные элементы пульта: 1 – крышка (откидная); 2,3,4 – лампы, сигнализирующие о работоспособности электрических цепей пиропатронов ППО; 5 – выключатель; 6 – защитная накладка; 7,8 – кнопки «Проверка» и «Сброс»; 9 – лампа, оповещающая о переводе клапана в положение, обеспечивающее поступление воздуха через фильтр; 10,13 – предохранители; 11,13 – лампы, сигнализирующие о пожаре в боевом (ПО) и силовом (ЗО) отделениях машины; 12 – лампа, сигнализирующая о переводе аппаратуры ЗЭЦ13 [4] (рис. 3.3.5) в режим, исключающий срабатывание баллонов ППО и выключение нагнетателя; 15 – кнопка ручного дублирования команды «ОРБ»; 16,17 – кнопки ручного дублирования пожара в боевом и силовом отделениях (ПО и ЗО).

Рисунок 3.3.5 – Система автоматического обнаружения и тушения пожара
ЗЭЦ13

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		22

Пульт П13 работает в составе системы ЗЭЦ13 [4], спроектированной на предприятии АО «НПО «Электромашина» [4], предназначенной для автоматического определения и тушения пожара.

Система ЗЭЦ13 состоит из блока автоматики Б13, пульта управления и сигнализации П13, модуля управления вентиляцией, модуля динамического торможения, оптических датчиков (10 шт.), термодатчиков (5 шт.).

Технические характеристики системы ЗЭЦ13:

- 1) Номинальное напряжение питания (постоянного тока) – 27 В.
- 2) Режим работы – продолжительный.
- 3) Схема подключения – двухпроводная.
- 4) Потребляемая мощность – не более 35 Вт .
- 5) Диапазон рабочих температур – от -50 до +50 °С.

3.4. Блок сигнальный БС ПКМВ [5]

Блок сигнальный БС ПКМВ [5, 11] (рис. 3.4.1) обеспечивает сбор и представление механику-водителю следующей информации (в цифровом виде):

– температура охлаждающей жидкости, °С;

– температуру масла двигателя, °С;

– давление масла в двигателе, $\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}$;

– давление масла в трансмиссии, $\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}$.

Также данный блок обеспечивает индикацию следующих режимов:

– установка машины на стояночный тормоз;

– наличие вызова командира;

– включение инфракрасной фары;

– включение привода запуска двигателя с буксира;

– возникновение пожара в переднем и заднем отделении машины;

- засорение воздухоочистителя;
- выход из строя привода вентилятора.

Рисунок 3.4.1 – Блок сигнальный БС ПКМВ

Блок БС ПКМВ [5, 11] работает в составе приборного комплекса механика-водителя ПКМВ [5, 11]. Приборный комплекс ПКМВ включает в себя: блок информации БИ ПКМВ и блок сигнальный БС ПКМВ (рис. 3.4.2).

Рисунок 3.4.2 – Приборный комплекс механика-водителя ПКМВ

(блок информации БИ ПКМВ – сверху, блока сигнального БС ПКМВ – снизу)

Установка приборного комплекса механика-водителя осуществляется в боевом отделении (рис. 3.4.3).

Рисунок 3.4.3 – Размещение приборного комплекса механика-водителя ПКМВ

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		24

3.5. Система судовой аварийно-предупредительной сигнализации «MANAGER 301M» [6]

Система аварийно-предупредительной сигнализации (далее АПС) «MANAGER 301M» разработана для танкера пр.52.

Данная система обеспечивает следующие функции:

- 1) Аварийная сигнализация (индикация) параметров технических средств [6].
- 2) Принятие, а также индикация параметров, получаемых с датчиков;
- 3) Расчёт температуры выхлопных газов по цилиндрам и выдача необходимых сигналов при отклонении.
- 4) Индикация и приём параметров вспомогательного дизель-генератора (ВДГ), аварийного дизель-генератора (АДГ).
- 5) Контроль и индикация частоты вращения линии вала.
- 6) Регистрация аварийных ситуаций на панелях АПС.
- 7) Аварийный вызов механиков.
- 8) Контроль дееспособности вахтенного механика [6].

Технические характеристики системы «MANAGER 301M»:

- 1) Напряжение питания – от 18 до 32 В.
- 2) Потребляемая мощность – 600 Вт.
- 3) Рабочая температура – от -10 до +60 °С.
- 4) Время работы от аккумуляторной батареи – не менее 30 мин.
- 5) Степень защиты со стороны лицевой панели – не ниже IP44.

В состав системы «MANAGER 301M» (рис. 3.5.1) входит:

– оборудование, расположенное в рулевой рубке (далее РР), а также жилых и общественных помещениях: цветовые графические панели в РР, цветовые графические панели АПС в каютах механиков и кают-компаниях, промышленный коммутатор Etherpet, индикатор панели тахометрической системы, система контроля перелива топлива [6], панели приёма топлива;

– оборудование в помещениях главного распределительного щита (ГРЩ) [6], центрального щита управления (ЦПУ) или машинного отделения (МО): шкаф АПС, шкаф контроля и управления судовой электростанцией и вспомогательными механизмами, шкаф контроля и управления грузовыми операциями, шкаф управления балластно-осушительной системой, система контроля перелива, блок бесперебойного питания, светодиодная колонка с 9 символами, 2 проблесковыми огнями (красный, жёлтый) и сиреной, система контроля дееспособности вахтенного помощника, принтер регистрации.

Рисунок 3.5.1 – Структурная схема системы аварийно-предупредительной сигнализации «MANAGER 301M»

3.6. Модуль блокировки и аварийной сигнализации ПАС-01 [7]

Блок аварийной сигнализации и блокировки ПАС-01 (рис. 3.6.1) предназначен для контроля и обработки дискретных сигналов, аварийной и предупредительной, звуковой и световой сигнализации, а также ведения архива событий и подачи сигналов блокировки на исполнительные механизмы.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>26</i>

Основные функции прибора аварийной сигнализации ПАС-01 [7]:

- 1) Приём сигналов от двухпозиционных датчиков состояния исполнительных механизмов, находящихся в невзрывоопасных зонах.
- 2) Приём сигналов от двухпозиционных датчиков, осуществляющих сбор информации о состоянии объекта.
- 3) Подача сигналов блокировки на исполнительные механизмы.
- 4) Звуковая и световая, аварийная сигнализация.
- 5) Возможность работы со встроенным модулем бесперебойного питания.
- 6) Архивирование (в энергонезависимой памяти) даты и времени возникновения событий: аварийной и предупредительной сигнализации, включения и отключения исполнительных механизмов, возврата в нормальное состояние функционирования. Архив имеет ёмкость – 1200 событий [7].
- 7) Отображение на дисплее архивной и оперативной информации.
- 8) Объединение в сеть с другими приборами для передачи информации о состоянии входных сигналов, управления по интерфейсу RS-485.

Рисунок 3.6.1 – Приборы аварийной сигнализации ПАС-01-12 (рис. слева) и ПАС-01-24 (рис. справа)

Основные технические характеристики модуля сигнализации ПАС-01:

- 1) Напряжение питания (от сети переменного тока с частотой 50 Гц) – 220 В.
- 2) Потребляемая мощность – 40 Вт.
- 3) Количество входных дискретных сигналов – до 32.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		27

- 4) Количество выходных дискретных сигналов – до 16.
- 3) Время автономной работы – 15 минут.
- 4) Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой для внутренних элементов – IP 20.
- 5) Масса – не более 5 кг.

3.7. Модуль аварийной сигнализации УАС-16МИ [8]

Модуль аварийной сигнализации УАС-16МИ [8] (рис. 3.7.1) предназначен для приёма и обработки сигналов от двухпозиционных датчиков, оповещения оператора звуковыми и световыми сигналами об отклонении контролируемых параметров от нормы.

Рисунок 3.7.1 – Модуль аварийной сигнализации УАС-16МИ

Основные функциональные возможности модуля аварийной сигнализации УАС-16МИ [8]:

- 1) Передача входных сигналов осуществляется по интерфейсу RS-485.
- 2) В качестве сигнала аварийной сигнализации может выступать как статический сигнал (постоянное свечение), так и динамический сигнал с частотами f_1 или f_2 , задаваемыми при настройке устройства.
- 3) При срабатывании локальной и обобщённой аварийной сигнализации «загорается» соответствующий индикатор на лицевой панели устройства.

4) При срабатывании одного из четырёх каналов обобщённой сигнализации, из-за срабатывания одного из каналов аварийной сигнализации, происходит звуковая сигнализация.

Основные технические характеристики модуля аварийной сигнализации УАС-16МИ [8]:

- 1) Количество дискретных выходов – 4.
- 2) Количество дискретных входов – 16.
- 3) Длительность импульса f_1 – 0,06 – 0,25 с.
- 4) Длительность импульса f_2 – 0,69 – 2,55 с.
- 5) Максимальное напряжение коммутации переменного тока – 250 В.
- 6) Максимальное напряжение коммутации постоянного тока – (5 – 30) В.
- 7) Сопротивление входного контакта – 100 Ом.
- 8) Напряжение питания (от сети переменного тока с частотой 50 Гц) – от 80 до 242 В.
- 9) Напряжение питания (от сети постоянно тока) – 24 В.
- 10) Потребляемая мощность – 20 Вт.
- 11) Габаритные размеры модуля – 302 мм×232 мм×68 мм.

3.8. Блок аварийной сигнализации БАС701 [9]

Блок БАС701 [9] (рис. 3.8.1) обеспечивает работу в системе аварийной сигнализации колёсно-гусеничной бронетехники. Данный блок позволяет формировать сигналы о состоянии агрегатов изделия при помощи снятия информации с различных датчиков.

Рисунок 3.8.1 – Блок аварийной сигнализации БАС701

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>29</i>

Основные технические характеристики блока БАС701 [9]:

- 1) Напряжение питания от сети постоянного тока – (22–29) В.
- 2) Потребляемый ток – 6 А.
- 3) Степень защиты – IP64.
- 4) Масса – не более 1,9 кг.

3.9. Система аварийной сигнализации САС-В [10]

Система САС-В (рис. 3.9.1) предназначена для оповещения экипажа самолёта при помощи звуковых и световых сигналов об неисправностях и состоянии систем воздушного судна.

В состав системы аварийной сигнализации САС-В [10] входят: блок уведомляющей сигнализации БУ-В, блок аварийной сигнализации БАП-В, а также блоки коммутации БК-В и БК-В-1.

Рисунок 3.9.1 – Система аварийной сигнализации САС-В

Блок БУ-В обеспечивает взаимодействие уведомляющих световых сигнализаторов с датчиками систем воздушного судна.

Блок аварийной сигнализации БАП-В [10] объединяет аварийные световые сигнализаторы, а также обеспечивает взаимодействие их с датчиками агрегатов самолёта. Также блок БАП-В подаёт сигналы на запуск звукового сигнала и центрального сигнального огня.

Блоки БК-В и БК-В-1 [10] обеспечивают включение центральных сигнальных огней по всем четырём каналам, выдачу звуковых сигналов в переговорное устройство самолёта.

4. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Разработка печатных узлов

Печатная плата – это одна из неотъемлемых частей любого радиоэлектронного средства (далее РЭС). При разработке модуля аварийной сигнализации необходимо разработать три печатных платы. В качестве исходных данных для проектируемых печатных узлов (плата с установленными элементами) выступают схемы электрические принципиальные 110403.2020.592.00.24 ЭЗ (см. приложение У1), 110403.2020.592.00.26 ЭЗ (см. приложение Ц1) и соответствующие перечни элементов 110403.2020.592.00.24 ПЭЗ (см. приложение У2) и 110403.2020.592.00.26 ПЭЗ (см. приложение Ц2).

При разработке печатной платы решается ряд вопросов, связанных с выбором габаритных размеров печатной платы, выбором материала изготовления печатной платы, определением класса точности печатного рисунка, выбором способа изготовления печатной платы, расположением как самих электро-радио элементов (далее ЭРЭ), так элементов печатного рисунка, трассировкой печатной платы, выбором защитных покрытий печатной платы.

Разработку начнём с печатной платы 110403.2020.592.00.24 (см. приложение Т2). По требованиям схемотехников, разводку платы необходимо выполнить в четырёх слоях, следовательно, печатная плата 110403.2020.592.00.24 будет многослойной. В качестве материала основания для многослойной печатной платы был выбран стеклотекстолит ФТС-1-18-А-0,09 ТУ 16-503.154-84, размером 86×80 мм (для слоёв 1 и 4) и стеклотекстолит ФТС-2-35-А-0,23 ТУ 16-503.154-84, размером 86×80 мм (для слоёв 2 и 3). Стеклотекстолит ФТС – это стеклотекстолит фольгированный травящийся. Данный материал представляет собой слоистый прессованный материал, выполненный из стеклоткани, которая пропитана связующим на основе эпоксидной смолы, облицованный с одной или двух сторон медной фольгой

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>31</i>

толщиной 18 мкм или 35 мкм. Данный материал поставляется в виде листов толщиной от 0,11 мм до 0,5 мм и размером до 665×500 мм. ФТС-1-18-А-0,09 – это стеклотекстолит фольгированный травящийся толщиной 0,09 мм, покрытый с одной стороны медной гальваностойкой фольгой. ФТС-2-35-А-0,23 – это стеклотекстолит фольгированный травящийся толщиной 0,23 мм, покрытый с двух сторон медной гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм. Выбор данного материала обусловлен не только его широким распространением на рынке, но и активным применением его для изготовления многослойных печатных плат на предприятии изготовителе. В качестве прокладочного материала для многослойной печатной платы 110403.2020.592.00.25 СБ (приложение*) была выбрана стеклоткань прокладочная СПТ-3-0,06 ТУ 16-503.085-75. СПТ-3-0,06 – это стеклоткань прокладочная, травящаяся, пропитанная эпоксидным лаком ЭД-8-Х, с толщиной непропитанной стеклоткани 0,06 мм. Данная стеклоткань используется для того, чтобы склеить между собой внешние и внутренние основания из стеклотекстолита ФТС. Выбор данного материала обусловлен его широким распространением на предприятии изготовителе.

Многослойная печатная плата 110403.2020.592.00.24 СБ будет изготавливаться методом металлизации сквозных отверстий, причём внутренние слои будут изготовлены химическим методом. Данная многослойная печатная плата будет изготавливаться по 3 классу точности по ГОСТ Р 53429 [34], так как данный класс точности обеспечивается оборудованием, используемом на предприятии изготовителе. 3 класс точности регламентирует минимальную ширину печатных проводников – 0,25 мм, расстояние между краями элементов печатного рисунка, не менее 0,25 мм, а также минимальную ширину ободка металлизированного отверстия – 0,1 мм. При разводке печатной платы цепи питания (цепь «5В») и заземления (цепь «GND») были выполнены в виде цельных печатных полигонов, расположенных в 3 и 2 слое многослойной печатной платы (см. 110403.2020.592.00.24 СБ в приложении Т1). Спроектированная многослойная

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		32

печатная плата имеет размер 80×86 мм и толщину 1,4±0,2 мм. В многослойной плате имеются 4 крепёжных отверстия диаметром 3,4 мм и 4 отверстия диаметром 2,2 мм. Маркировка обозначения платы выполняется шрифтом 2,5 по ГОСТ 2.004-88 [19], месяц и год изготовления маркируется чёрной краской МКЭ ОСТ4 Г0.054.205 ОМ2 по инструкции И-75-89 шрифтом 3,5 или 5 тип А ГОСТ 2.304-81 [33]. Также допускается маркировать на упаковочной таре. Клеймение платы многослойной 110403.2020.592.00.25 СБ (см. приложение Ф1) осуществляется краской МКЭ любого цвета по ОСТ4 Г0.054.205 ОМ2, при этом допускается клеймить на упаковочной таре.

Немаловажным этапом при проектировании печатной платы является выбор защитного покрытия. В качестве покрытия для проводящего рисунка многослойной платы 110403.2020.592.00.25 СБ использовано покрытие Хим. м. м, обеспечивающее лучшую электропроводность при пайке. В качестве защитного покрытия многослойной печатной платы 110403.2020.592.00.25 СБ была выбрана защитная паяльная маска Imagecure XV501T-4 фирмы «SUN CHEMICAL», которая наносится с двух сторон, кроме контактных площадок, также допускается использовать защитную паяльную маску TAIYO PSR-4000 H855/CA-40 H855 фирмы «TAIYO INK».

Установка элементов на узле печатном 110403.2020.592.00.24 СБ (см. приложение Т1) осуществляется по УЭП.000 ДИ и чертежу. Устанавливаемые ЭРЭ покрываются лаком УР-231 ТУ 6-21-14-90(3) по инструкции И-250-2012, кроме проволоки ММ-1,00 ТУ 16-705.492-2005 поз. 65 на размере В, отверстий Б (крепёжные отверстия диаметром 3,4 мм) и ответной части разъёмов СНП346-10ВП22-2-В РЮМК.430420.011 ТУ поз. 59 и СНП346-30РП21-2-В РЮМК.430420.011 поз. 61 (см. 110403.2020.592.00.24 СБ в приложении Т1). 3Д модель разработанного печатного узла 110403.2020.592.00.24 СБ приведена на рис. 4.1.1. После разработки многослойной печатной платы на неё был оформлен полный комплект конструкторской документации (далее КД), включающий в себя чертежи 110403.2020.592.00.25 СБ (см. приложение Ф1) и 110403.2020.592.00.24 СБ (см. приложение Т1) и соответствующие

спецификации 110403.2020.592.00.25 (см. приложение Ф2) и
110403.2020.592.00.24 (см. приложение Т2).

а)

б)

в)

Рисунок 4.1.1 – 3Д модель печатного узла 110403.2020.592.00.24 СБ: а) вид
спереди, б) вид сзади, в) изометрическая проекция

После разработки многослойной печатной платы приступим к
разработке печатной платы 110403.2020.592.00.27 (см. приложение Ш1). В
качестве материала основания для платы двусторонней был выбран материал
стеклотекстолит ФТС-2-35-А-0,23 ТУ16-503.154-84. ФТС-2-35-А-0,23 – это
фольгированный травящийся стеклотекстолит толщиной 0,23 мм, покрытый с
двух сторон медной гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм. В качестве

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		34

материала заменителя допускается использовать стеклотекстолит СТФ-2-35-А-0,25 ТУ 16-503.161-83, DE104 0,250 L HO35/HO35 фирмы «Isola». Выбор данного материала обусловлен его широким распространением на предприятии изготовителе и на рынке в целом. Плата двусторонняя 110403.2020.592.00.27 имеет размер 126×136 мм. Плата двусторонняя 110403.2020.592.00.27 будет изготовлена химическим методом по 3 классу точности по ГОСТ Р 53429 [34]. В качестве покрытия проводников печатной платы 110403.2020.592.00.27 было выбрано защитное покрытие Хим. Мм Гор. ПОС-63, ГОСТ 21930 [28].

Плата двусторонняя 110403.2020.592.00.27 спрессовывается с пластиной, изготовленной из листа Д16АТ 2,0 ГОСТ 21631-76 [18], имеющего покрытие Ан. Окс. хр. (анодное оксидное покрытие, наполненное в растворе хроматов), для обеспечения более эффективного отвода тепла от кристаллов единичных светодиодных индикаторов ИПД156Б9-Б, а также обеспечения сопротивления изоляции между листом Д16АТ 2,0 ГОСТ 21631-76 [18] поз. 3 и любым элементом проводящего рисунка платы 110403.2020.592.00.27 поз. 1 в нормальных климатических условиях не менее 100 Мом (см. 110403.2020.592.00.29 СБ в приложении Щ1). При прессовке плата поз. 1 устанавливается на пластину поз. 3 маркировочной надписью вверх. В качестве прокладочного материала была выбрана стеклоткань прокладочная СПТ-3-0,025 ТУ 16-503,085-75 (поз.5). СПТ-3-0,025 – это стеклоткань прокладочная, травящаяся, пропитанная эпоксидным лаком ЭД-8-Х, с толщиной непропитанной стеклоткани 0,025 мм. Также допускается использовать стеклоткань прокладочную СПТ-3-0,06 ТУ 16-503,085-75 (поз. 6). После осуществления прессования допускается неплоскостность платы 110403.2020.592.00.29 СБ не более 0,5 мм на длине 100 мм. Допускается наличие смолы на поверхности Б вокруг металлизированных отверстий, на диаметре не более 1 мм (см. рис. 4.1.2 и 110403.2020.592.00.29 СБ в приложении Щ1).

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i> 35
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

Рисунок 4.1.2 – Горизонтальный разрез платы 110403.2020.592.00.29 СБ

Плата 110403.2020.592.00.29 СБ имеет трудную геометрическую форму, обусловленную, конструкцией корпуса, в ней выполнены 20 крепёжных отверстий диаметром 3,4 мм и 8 крепёжных отверстий диаметром 2,8 мм.

Маркировка месяца и года изготовления осуществляется чёрной краской МКЭ ОСТ 4 Г0.054.205 ОМ2 по инструкции И-75-89 шрифтом 3,5 или 5 тип А ГОСТ 2.304-81 [33], допускается маркировка на упаковочной таре. Клеймение выполняется краской МКЭ любого цвета по ОСТ 4 Г0.054.205 ОМ2, допускается клеймение на упаковочной таре.

На печатном узле 110403.2020.592.00.26 СБ (см. приложение X1) размещено 150 индикаторов ИПД156Б9-Б АЕЯР.432220.596 ТУ, таким образом, чтобы обеспечить необходимую равномерную световую индикацию пиктограмм, размещённых на табло разрабатываемого модуля аварийной сигнализации. ЭРЭ на узле печатном 110403.2020.592.00.26 СБ устанавливаются по УЭП.000 ДИ и чертежу. На узел печатный 110403.2020.592.00.26 СБ также устанавливается плата двусторонняя 110403.2020.592.00.28, которая припаивается металлизированными вырезами к соответствующим контактными площадкам платы 110403.2020.592.00.29 СБ (см. 110403.2020.592.00.26 СБ в приложении X1).

В качестве материала основания платы 110403.2020.592.00.28 (см. приложение Ш2) был выбран фольгированный стеклотекстолит МИ 1222-2-35-1,5 1кл ТУ 2296-001-00213060-94. МИ 1222-2-35-1,5 1кл – это стеклотекстолит фольгированный марки МИ1222 1 класса, толщиной 1,5 мм, покрытый с двух сторон медной гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм. Данный материал поставляется в виде листов размером до 1020×1220 мм. Выбор данного материала обусловлен широким распространением его на предприятии изготовителе и на рынке. В качестве материала-заменителя допускается использовать DE104 1,500 L HO35/HO35 фирмы «Isola», стеклотекстолит фольгированный двухсторонний СтФД-1,5-35-ЭМ-4 А ТУ 22.21.42-013-96330920.

Плата двусторонняя 110403.2020.592.00.28 (см. приложение Ш2) будет изготавливаться химическим методом по 3 классу точности по ГОСТ Р 53429 [34]. Плата 110403.2020.592.00.28 имеет размер 12,5×55 мм, в ней выполнены 2 крепёжных отверстия диаметром 3,4 мм. Маркировка обозначения платы выполняется шрифтом 2,5 по ГОСТ 2.004-88 [19], месяц и год изготовления маркируется чёрной краской МКЭ ОСТ4 Г0.054.205 ОМ2 по инструкции И-75-89 шрифтом 3,5 или 5 тип А ГОСТ 2.304-81 [33]. Также допускается маркировать на упаковочной таре. Клеймение платы двусторонней 110403.2020.592.00.28 (см. приложение Ш2) осуществляется краской МКЭ любого цвета по ОСТ4 Г0.054.205 ОМ2, при этом допускается клеймить на упаковочной таре.

В качестве покрытия для проводящего рисунка платы двусторонней 110403.2020.592.00.28 использовано покрытие Хим. м. м., обеспечивающее лучшую электропроводность при пайке. В качестве защитного покрытия многослойной печатной платы 110403.2020.592.00.28 была выбрана защитная паяльная маска Imagecure XV501T-4 фирмы «SUN CHEMICAL», которая наносится с двух сторон, кроме контактных площадок, также допускается использовать защитную паяльную маску TAIYO PSR-4000 H855/CA-40 H855 фирмы «TAIYO INK».

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i> 37
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

Плата 110403.2020.592.00.28 механически крепится к плате 110403.2020.592.00.29 СБ при помощи винтов МЗ-6gx10.36.016 ГОСТ 1491-80 [23] поз. 7 и гаек МЗ-6Н.5.А.016 ГОСТ 5927-70 [24] поз. 9. Для предотвращения самопроизвольного раскручивания винтов и гаек используются шайбы ХЗ-10588 поз. 5 и пружинные шайбы (гроверы) 3 65 Г 06 ГОСТ 6402-70 [26] поз. 11 (см. рис. 4.1.3 и 110403.2020.592.00.26 СБ в приложении Х1).

Рисунок 4.1.3 – Установка и крепление платы двусторонней 110403.2020.592.00.28

Перед установкой узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ в блок технологические гайки МЗ-6Н.5.А.016 ГОСТ 5927-70 [24] поз. 9 убираются.

Все элементы узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ покрываются лаком УР-231 ТУ6-21-14-90(3) по инструкции И-250-2012, кроме шайб поз. 5, винтов поз. 7, гаек поз. 9, шайб поз. 11, а также излучающей поверхности индикаторов ИПД156Б9-Б АЕЯР.432220.596 ТУ поз. 15, ответной части вилки СНП346-30ВП21-2-В РЮМК.430420.011 ТУ поз. 17 и отверстий Б, В (см. 110403.2020.592.00.26 СБ в приложении Х1). 3Д модель узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ изображена на рис. 4.1.4.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

а)

б)

в)

Рисунок 4.1.4 – 3Д модель печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ: а) вид спереди, б) вид сзади, в) изометрическая проекция

После проектирования узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ на него был оформлен полный комплект конструкторской документации, включающий в себя чертежи 110403.2020.592.00.27 (см. приложение Ш1), 110403.2020.592.00.28 (см. приложение Ш2), 110403.2020.592.00.29 СБ (см. приложение Щ1), 110403.2020.592.00.26 СБ (см. приложение Х1) и спецификации 110403.2020.592.00.26 (см. приложение Х2) и 110403.2020.592.00.29 (см. приложение Щ2).

После разработки печатных узлов модуля аварийной сигнализации приступим к проектированию корпуса.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		39

4.2. Разработка конструкции корпуса модуля аварийной сигнализации

Корпус РЭС – это одна из неотъемлемых частей конструкции РЭС, так как он обеспечивает защищённость внутренних частей РЭА от механических и климатических воздействий.

Корпус спроектированного модуля аварийной сигнализации состоит из двух основных частей: корпуса (см. 110403.2020.592.00.01 в приложении А1) и крышки (см. 110403.2020.592.00.02 в приложении А2). В качестве материала заготовки для корпуса (рис. 4.2.1, 4.2.2) была выбрана алюминиевая плита Д16.Б 30 ГОСТ 17232 [12]. Алюминий марки Д16.Б – это дюралюминиевый сплав с технологической лакировкой. Данный материал обладает высокой твёрдостью и механической прочностью, сравнимой со сталью, высокой коррозионной стойкостью и стойкостью к механическим воздействиям, а также малым удельным весом, что не менее важно для блока, устанавливаемого на колёсно-гусеничное шасси. Алюминий Д16.Б широко распространён в авиационной, космической и судостроительной промышленности. Выбор данного материала обусловлен широким распространением его на предприятии и на рынке в целом.

а)

б)

Рисунок 4.2.1 – Корпус 110403.2020.592.00.01: а) вид спереди, б) вид сзади

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>40</i>

Рисунок 4.2.2 – Корпус 110403.2020.592.00.01: изометрическая проекция

Корпус 110403.2020.592.00.01 имеет прямоугольную форму. По периметру корпуса имеется 12 отверстий (рис. 4.2.1), диаметром 4,5 мм, необходимых для крепления к щитку водителя, а также 16 резьбовых отверстий (рис. 4.2.2), диаметром 2,5 мм, под винты В.М2,5-6gx10.36.016 ГОСТ 1491-80 [23]. Корпус имеет покрытие Хим. Окс. фос. фтор/Эмаль ЭП-140 светло-серая ГОСТ 24709-81(2). IV.02 [13]. Поверхности Б (кромка с расположенными, на ней 12 отверстиями), В (место под установку таблички 110403.2020.592.00.10), внутренние поверхности и отверстия Г (см. рис. 4.2.3, чертёж 110403.2020.592.00.01 в приложении А1) не покрываются лакокрасочным покрытием.

Рисунок 4.2.3 – Поверхности корпуса 110403.2020.592.00.01, не покрываемые лакокрасочным покрытием

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		41

Материалом заготовки для крышки (рис. 4.2.4, 4.2.5) также была выбрана алюминиевая плита Д16.Б 35 ГОСТ 17232 [12], но толщиной 35мм.

а) б)
Рисунок 4.2.4 – Крышка 110403.2020.592.00.02: а) вид спереди, б) вид сзади

в)
Рисунок 4.2.5 – Крышка 110403.2020.592.00.02: изометрическая проекция

В крышке имеется отверстие диаметром 12 мм, для установки вилки 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ, которая крепится к ней четырьмя винтами В.МЗ-6gx10.36.016 ГОСТ 17475-80 [22] через предусмотренные для этого отверстия, диаметром 3,4 мм. Также в крышке выполнено резьбовое отверстие, диаметром 18 мм под пробку 110403.2020.592.00.07. По периметру

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		42

крышки размещены 16 отверстий, диаметром 3,4 мм, под винты В.МЗ-6gx10.36.016 ГОСТ 17475-80 [22]. На крышке выполнена гравировка «ХР1» шрифтом 3-Пр3 по ГОСТ 26.008-85 [14], которая будет заполняться чёрной эмалью ПФ-115 ГОСТ 6465-76 [15]. Крышка имеет покрытие Хим. Окс. фос. фтор/Эмаль ЭП-140 светло-серая ГОСТ 24709-81(2). IV.02. Поверхности Г, (кромка, с расположенными на ней 16 отверстиями) Д, внутренние поверхности, отверстия Е, Ж, резьбовые отверстия (см. рис. 4.2.6, 4.2.7, чертёж 110403.2020.592.00.02 в приложении А2) не покрываются лакокрасочным покрытием.

Рисунок 4.2.6 – Поверхности Г и Д крышки 110403.2020.592.00.02, не покрываемые лакокрасочным покрытием

Рисунок 4.2.7 – Отверстия Е и Ж крышки 110403.2020.592.00.02, не покрываемые лакокрасочным покрытием

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		43

Корпус и крышка будут изготавливаться путём фрезерования, так как это один из наиболее экономически выгодных, простых и доступных методов обработки металла. Также при фрезеровании не возникает опасности вскрытия пор и раковин, что несомненно является важным преимуществом данного метода обработки, так как при этом повышается надёжность проектируемой конструкции.

После разработки конструкции корпуса перейдём к разработке необходимых корпусных деталей.

4.3. Разработка корпусных деталей модуля аварийной сигнализации

К корпусным деталям модуля аварийной сигнализации относятся следующие детали: прижим 110403.2020.592.00.03, стекло 110403.2020.592.00.04, прокладка 110403.2020.592.00.05, прокладка 110403.2020.592.00.06, пробка 110403.2020.592.00.07, прокладка 110403.2020.592.00.08, прокладка 110403.2020.592.00.09, табличка 32×16 ГОСТ 12971-67 110403.2020.592.00.10, прокладка 110403.2020.592.00.11, плёнка 110403.2020.592.00.12, решётка 110403.2020.592.00.14, табло 110403.2020.592.00.16, накладка 110403.2020.592.00.18, кронштейн 110403.2020.592.00.19, прокладка 110403.2020.592.00.20, стойка 110403.2020.592.00.22, прокладка 110403.2020.592.00.23.

Рассмотрим более подробно каждую из выше перечисленных деталей.

Прижим 110403.2020.592.00.03 (рис. 4.3.1) выполнен из алюминиевой плиты Д16.Б 15 ГОСТ 17232-99 [12], толщиной 15 мм. Прижим 110403.2020.592.00.03 (см. приложение Б1) имеет прямоугольную форму, в нём выполнено 16 отверстий, диаметром 2,9 мм, а также 16 резьбовых отверстий диаметром 3 мм под винты В.МЗ-6gx10.36.016 ГОСТ 17475-80 [22]. Прижим покрывается составом Хим. Окс. фос. фтор.

Стекло 110403.2020.592.00.04 (рис. 4.3.2) изготовлено из стекла органического листовое ТОСП 6 ГОСТ 17622-72 [16], толщиной 6 мм. ТОСП – это техническое органическое стекло, пластифицированное с

коэффициентом пропускания 88%, производится в виде листов толщиной от 1 до 28 мм. Основным преимуществом данного материала является то, что при повышенных физических и механических нагрузках стекло не разбивается на осколки, а растрескивается. Данный материал широко распространён на предприятии и на рынке. При обработке материала заготовки стекла 110403.2020.592.00.04 не допускаются трещины, следы от инструмента, поверхностное растрескивание («серебро») на поверхностях А и Б и в местах обработки (см. чертёж 110403.2020.592.00.04 в приложении Б2).

Рисунок 4.3.1 – Прижим 110403.2020.592.00.03

Рисунок 4.3.2 – Стекло 110403.2020.592.00.04

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		45

Прокладка 110403.2020.592.00.05 (см. рис. 4.3.3 и чертёж 110403.2020.592.00.05 в приложении В1) и прокладка 110403.2020.592.00.06 (см. рис. 4.3.4 и чертёж 110403.2020.592.00.06 в приложении В2) изготовлены из материал $\frac{\text{Пластина 254311- 0,5}}{\text{Резина НО-68-1}}$ ТУ 005 216-75. Данное обозначение материала расшифровывается как пластина неформованная рулонная, без тканевой прокладки, толщиной 0,5 мм из резиновой смеси НО-68-1. Данный материал применяется для изготовления прокладочных деталей, обеспечивающих стабильную работу в таких средах, как вода, воздух, масло (МТ-16П, МС-20), топливо при температурах эксплуатации от -40 °С до +120 °С. Выбор пластин из резины НО-68-1 для изготовления прокладочных деталей модуля аварийной сигнализации обусловлен как оптимальными физическими и механическими свойствами материала, так и широким распространением данного материала на предприятии и на рынке в целом.

Рисунок 4.3.3 – Прокладка 110403.2020.592.00.05

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		46

Рисунок 4.3.4 – Прокладка 110403.2020.592.00.06

Пробка 110403.2020.592.00.07 (рис. 4.3.5) изготовлена из прутка Д16.Т КР30 ГОСТ 21488-97 [17] – это пруток из сплава марки Д16, в закалённом естественно состаренном состоянии, нормальной прочности, круглого сечения, диаметром 30 мм. Алюминий марки Д16 – это дюралюминиевый сплав, обладает высокой твёрдостью и механической прочностью, сравнимой со сталью, высокой коррозионной стойкостью и стойкостью к механическим воздействиям, а также малым удельным весом. Алюминий Д16 широко распространён в авиационной, космической и судостроительной промышленности, а также в приборостроении. Выбор данного материала обусловлен широким распространением его на предприятии и на рынке в целом. На пробке 110403.2020.592.00.07 нарезана резьба М18×0,5-6g (см. чертёж 110403.2020.592.00.07 в приложении Г1). Пробка 110403.2020.592.00.07 имеет защитное покрытие хим. окс. нхр.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		47

Рисунок 4.3.5 – Пробка 110403.2020.592.00.07

Прокладка 110403.2020.592.00.08 (см. рис. 4.3.6 и чертёж 110403.2020.592.00.08 в приложении Г2) имеет круглую форму и изготовлена из материала $\frac{\text{Пластина 254311-2}}{\text{Резина НО-68-1}}$ ТУ 005 216-75, толщиной 2 мм. Данная прокладка устанавливается между пробкой 110403.2020.592.00.07 и крышкой 110403.2020.592.00.02 для обеспечения герметичности соединения.

Прокладка 110403.2020.592.00.09 (см. рис. 4.3.7 и чертёж 110403.2020.592.00.09 в приложении Д1) – это прямоугольная прокладка, выполненная из материала $\frac{\text{Пластина 254311-2}}{\text{Резина НО-68-1}}$ ТУ 005 216-75, толщиной 2 мм. По периметру данной прокладки имеется 12 отверстий, диаметром 4,5 мм. Прокладка 110403.2020.592.00.09 приклеивается клеем 88-СА ТУ 38 1051760-89 (допускается использовать клей 88-НП ТУ 38 105540-85) с обратной стороны корпуса 110403.2020.592.00.01 (см. 110403.2020.592.00.00 СБ в приложении С) и обеспечивает герметичное соединение модуля аварийной сигнализации с щитком водителя.

Рисунок 4.3.6 – Прокладка 110403.2020.592.00.08

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		48

Рисунок 4.3.7 – Прокладка 110403.2020.592.00.09

Табличка 110403.2020.592.00.10 (см. рис. 4.3.8 и чертёж 110403.2020.592.00.10 в приложении Д2) имеет прямоугольную форму и размеры 32×16 мм. Материалом заготовки для таблички был выбран лист Д1А.Т 0,8 ГОСТ 21631-76 [18]. Д1А.Т 0,8 – это дюралюминиевый лист марки Д1 закалённый и естественно состаренный с нормальной плакировкой, толщиной 0,8 мм. Данный материал обладает высокой прочностью, твёрдостью, коррозионной стойкостью, а также низким удельным весом. В качестве материала заменителя для таблички 110403.2020.592.00.10 можно использовать лист Д16.АТ 0,8 ГОСТ 21631-76 [18].

Рисунок 4.3.7 – Табличка 110403.2020.592.00.10

Изображение на табличке 110403.2020.592.00.10 будет наноситься фотохимическим способом, шрифтом 3,5 тип А ГОСТ 2.004-88 [19], при этом допускается смещение надписи относительно оси симметрии таблички не более, чем на 2 мм. После нанесения изображения фотохимическим способом, лицевая поверхность таблички покрывается лаком АК-113 ГОСТ 23832-79

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		49

[20]. Также допускается нанесение изображения на табличку 110403.2020.592.00.10 путём гравировки её шрифтом 3-Пр3 ГОСТ 26.008-85 [14], причём после выполнения гравировки она будет заполняться чёрной эмалью МС-17 ТУ 6-10-1012-78 (см. чертёж 110403.2020.592.00.10 в приложении Д2). Перед гравировкой на табличку наносится покрытие хим. окс. фос. фтор.

Прокладка 110403.2020.592.00.11 (см. рис. 4.3.8 и чертёж 110403.2020.592.00.11 в приложении Е1) изготовлена из материала Пластина 254311-2 Резина НО-68-1 ТУ 005 216-75, толщиной 2 мм.

Плётка 110403.2020.592.00.12 (см. рис. 4.3.9 и чертёж 110403.2020.592.00.12 в приложении Е2) изготовлена из материала – плётка тонированной фирмы «МТФ Филм» (прохождение видимого света 20%). Данная плётка обеспечивает величину прохождения видимого света – 20% и величину пропускания инфракрасных лучей – 15 %. Отечественный производитель «МТФ Филм» предлагает широкий ассортимент плёнок различных размеров с процентным соотношением светопропускной способности от 5 до 50%. Плётка 110403.2020.592.00.12 клеится с обратной стороны стекла 110403.2020.592.00.04 для устранения возможных солнечных бликов. Материалом-заменителем для плётки 110403.2020.592.00.12 выступает плётка солнцезащитная «СОFIELD» (прохождение видимого света 20%).

Рисунок 4.3.8 – Прокладка 110403.2020.592.00.11

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>50</i>

Рисунок 4.3.9 – Плёнка 110403.2020.592.00.12

Решётка 110403.2020.592.00.14 (рис. 4.3.10) изготовлена из материала армамид ПА СВ-30-2Т ТУ 2243-015-11378612-2005 – это стеклонаполненный светостабилизированный полиамид 6 с 30% содержанием стекловолокна. Данный материал обладает отличными физическими и механическими свойствами, а также устойчивостью к воздействию топлива (бензина, керосина, дизельного топлива), масел (синтетических и минеральных), кислот и щелочей. Выбор данного материала обусловлен широким распространением его на предприятии и на рынке.

Рисунок 4.3.10 – Решётка 110403.2020.592.00.14

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		51

Решётка 110403.2020.592.00.14 имеет прямоугольную форму, в ней выполнены группы окон, покрываемые внутри белой эмалью ПФ-115 ГОСТ 6465-76 [15] (см. чертёж 110403.2020.592.00.14 в приложении И1), под расположением в них индикаторов ИПД156Б9-Б печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ.

Решётка 110403.2020.592.00.14 изготавливается путём литья аррамида ПА СВ-30-2Т под давлением в пресс-форму, причём на поверхности детали допускаются следы выталкивателей глубиной не более 0,5 мм, следы от разъёма составных частей пресс-формы на величину разницы литейных уклонов, а также следы и сколы на местах механической обработки глубиной не более 0,5 мм.

Экран 110403.2020.592.00.15 (см. рис. 4.3.11 и чертёж 110403.2020.592.00.15 в приложении И2) изготовлен из материала – плёнка Ф-4ПН сорт 1 0,2 белая, матовая ГОСТ 24222-80 [21]. Ф-4ПН сорт 1 0,2 белая – это фторопластовая лента марки Ф-4ПН 1 сорта, толщиной 0,2 мм, белого цвета. Плёнка 110403.2020.592.00.12 устанавливается между решёткой 110403.2020.592.00.14 и таблом 110403.2020.592.00.16.

Рисунок 4.3.11 – Экран 110403.2020.592.00.15

Табло 110403.2020.592.00.16 (рис. 4.3.12) изготовлено из материала – стекло органическое листовое ТОСП 1,5 бесцветное прозрачное ГОСТ 17622-

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		52

72 [16]. ТОСП 1,5 – это техническое органическое стекло, пластифицированное с коэффициентом пропускания 88%, толщиной 1,5 мм. Основным преимуществом данного материала является то, что при повышенных физических и механических нагрузках стекло не разбивается на осколки, а растрескивается.

Рисунок 4.3.12 – Табло 110403.2020.592.00.16

При обработке материала заготовки ТОСП 1,5 для табло 110403.2020.592.00.16 не допускаются следы от инструмента, поверхностное растрескивание («серебро») на поверхностях Ц и Ш (см. чертёж 110403.2020.592.00.16 в приложении К1), а также сколы, трещины и расслоения в местах обработки. Надписи и пиктограммы будут выполняются трафаретной печатью: фон чёрный, кроме оговорённых особо; надписи «0», «20», «40», «60», «80», «км/ч», «об/мин×100», «8», «12», «16», «20», «24», «28» – прозрачные; пиктограммы и остальные надписи – черные; фон пиктограмм и линии, расположенные в зонах Щ – зелёные; линии в зоне Э – жёлтые; фон пиктограмм и линии, расположенные в зонах Ю – красные (см. рис. 4.3.13, чертёж 110403.2020.592.00.16 в приложении К1). Допускается замена краски в зонах Щ, Э, Ю на самоклеящуюся плёнку Oracal фирмы ORAFOL соответствующего цвета, наносимую на поверхность Ц (см. чертёж 110403.2020.592.00.16 в приложении К1).

Рисунок 4.3.13 – Зоны Щ, Э, Ю табло 110403.2020.592.00.16

Надписи на табло 110403.2020.592.00.16 выполняются шрифтом Gost Тура А симметрично относительно соответствующих осей. При выполнении трафаретной печати используется краска трафаретная, универсальная, быстросохнущая ТУМС-01 чёрная, ТУМС-55 жёлтая, ТУМС-26 красная и ТУМС-40 зелёная ТУ 29-02-890-88. Выбор данной краски обусловлен широким распространением её на предприятии и на рынке.

Табло 110403.2020.592.00.16 имеет прямоугольную форму, в нём выполнено 13 отверстий, диаметром 1,8 мм, под винты А.М1,6x8 ГОСТ 17475-80 [22], при помощи которых табло крепится к решётке 110403.2020.592.00.14, а также 10 отверстий, диаметром 7 мм.

Накладка 110403.2020.592.00.18 (рис. 4.3.14) изготавливается из материала – лист Д16.Т 10 ГОСТ 21631-76 [18]. Лист Д16.Т 10 – это дюралюминиевый лист марки Д16 закалённый и естественно состаренный, толщиной 10 мм. Данный материал обладает высокой прочностью,

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		54

твёрдостью, коррозионной стойкостью, а также низким удельным весом. Накладка 110403.2020.592.00.18 (см. чертёж 110403.2020.592.00.18 в приложении Л2) имеет прямоугольную форму с скруглёнными краями, радиусом $3\pm 0,5$ мм, в ней выполнено 6 отверстий: одно диаметром 15 мм, под установку вилки 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ, 4 резьбовых отверстия, диаметром 3 мм, а также одно резьбовое отверстие, диаметром 2,5 мм, под винт А.М2,5х6 ГОСТ 1491-80 [23], при помощи которого кронштейн 110403.2020.592.00.19 (рис. 4.3.14) крепится к накладке 110403.2020.592.00.18. Накладка имеет покрытие Хим. Окс. фос. фтор.

Рисунок 4.3.14 – Накладка 110403.2020.592.00.18

Кронштейн 110403.2020.592.00.19 (см. рис. 4.3.15 и чертёж 110403.2020.592.00.19 в приложении М1) изготовлен из материала лист БТ-ПН-0-0,5 ГОСТ 19904-90 – это лист нормальной точности изготовления, К270В-4-П-НГОСТ 16523-97 нормальной плоскостности с обрезанной кромкой, толщиной 0,5 мм, изготавливаемый из холоднокатаного листа группы прочности К270В, 4 категории, высокой отделки. Кронштейн имеет покрытие Ц6, хр.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		55

Рисунок 4.3.15 – Кронштейн 110403.2020.592.00.19

Прокладка 110403.2020.592.00.20 (см. рис. 4.3.16 и чертёж 110403.2020.592.00.20 в приложении М2) имеет квадратную форму с скруглёнными краями, радиусом $3 \pm 0,5$ мм. В прокладке 110403.2020.592.00.20 выполнены 5 отверстий: одно диаметром 16 мм, под вилку 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ, 4 отверстия, диаметром 2,5 мм. Прокладка 110403.2020.592.00.20 приклеивается клеем 88-НП ТУ 38 105540-85 (допускается использовать клей 88-СА ТУ 38 1051760-89) к крепёжному сланцу разъёма 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ (см. чертёж 110403.2020.592.00.17 СБ в приложении Л1). Прокладка 110403.2020.592.00.20 изготовлена из материала $\frac{\text{Пластина 254311- 1,5}}{\text{Резина НО-68-1}}$ ТУ 005 216-75 – это пластина неформованная рулонная, без тканевой прокладки, толщиной 1,5 мм из резиновой смеси НО-68-1. Данный материал применяется для изготовления прокладочных деталей, обеспечивающих стабильную работу в таких средах, как вода, воздух, масло (МТ-16П, МС-20), топливо при температурах эксплуатации от -40 °С до $+120$ °С.

Рисунок 4.3.16 – Прокладка 110403.2020.592.00.20

Стойка 110403.2020.592.00.22 (см. рис. 4.3.17 и чертёж 110403.2020.592.00.22 в приложении П1), изготовленная из материала шестигранник $\frac{\text{h11-НД-5 ГОСТ 8560-78}}{10\text{-Б-М1-ТВ1-НГ ГОСТ 1050-2013}}$, имеет шестигранную форму, в ней выполнено резьбовое отверстие, диаметром 3 мм, под винт А.М3х14 ГОСТ 1491-80 [23]. Стойка 110403.2020.592.00.22 имеет покрытие ЦЗ. хр.

Рисунок 4.3.17 – Стойка 110403.2020.592.00.22

Прокладка 110403.2020.592.00.23 (см. рис. 4.3.18 и чертёж 110403.2020.592.00.23 в приложении П2) изготовлена из материала $\frac{\text{Пластина 254311-1}}{\text{Резина НО-68-1}}$ ТУ 005 216-75 – это пластина неформованная рулонная, без тканевой прокладки, толщиной 1 мм из резиновой смеси НО-68-1. Прокладка устанавливается между печатным узлом 110403.2020.592.00.26 СБ и решёткой 110403.2020.592.00.14, обеспечивая герметичное соединение

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		57

между ними. При установке прокладки 110403.2020.592.00.23 производится её приклеивание к поверхности решётки 110403.2020.592.00.14 клеем 88-СА ТУ 38 1051760-89 (допускается использовать клей 88-НП ТУ 38 105540-85).

Рисунок 4.3.18 – Прокладка 110403.2020.592.00.23

После разработки всех необходимых корпусных деталей, а также печатных узлов перейдём к компоновке и размещению их внутри свободного объёма спроектированного корпуса.

4.4. Компоновка модуля аварийной сигнализации

Компоновка является одной из неотъемлемых частей процесса конструирования, так как во время неё производится оптимальное размещение и установка деталей, сборочных единиц, печатных узлов в ограниченном объёме корпуса.

Печатные узлы 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ соединяется между собой при помощи разъёмов СНП346-30РП21-2-В РЮМК.430420.011 ТУ (см. рис. 4.4.1 и 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2). Для обеспечения жёсткости и надёжности конструкции между печатными узлами устанавливаются четыре стойки 110403.2020.592.00.22, которые крепятся к печатным узлам 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ при помощи винтов

А.М3х9 ГОСТ 1491-80 [23], А.М3х14 ГОСТ 1491-80 [23] и гаек М3 ГОСТ 5927-70 [24] (рис. 4.4.2). Для предотвращения самопроизвольного раскручивания конструкции используются шайбы С.3 ГОСТ 10450-78 [25], А.3 ГОСТ 10450-78 [25] и гроверы 3 ГОСТ 6402-70 [26], а также краска ХВ-124 серая ГОСТ 10144-89 [27] для законтривания выступающих частей винтов и гаек.

Рисунок 4.4.1 – Соединение печатных узлов 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ при помощи разъемов СНП346-30РП21-2-В РЮМК.430420.011 ТУ

Рисунок 4.4.2 – Установка стоек 110403.2020.592.00.22 между печатными узлами 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		59

Вилка (см. рис 4.4.3 и 110403.2020.592.00.17 СБ в приложении Л1) состоит из накладки 110403.2020.592.00.18, кронштейна 110403.2020.592.00.19, прокладки 110403.2020.592.00.20 и вилки 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ. К вилке 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ с обратной стороны клеится накладка 110403.2020.592.00.18 при помощи клея ВК-9 ОСТ 4Г 0.029.204, а затем к накладке прикручивается кронштейн 110403.2020.592.00.19 винтом А.М2,5х6 ГОСТ 1491-80 [23], причём для того чтобы исключить раскручивание винта при возникновении резонансных эффектов, он покрывается клеем ВК-9 ОСТ 4Г 0.029.204 (см. 110403.2020.592.00.17 СБ в приложении Л1). Для обеспечения плотного прилегания вилки 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ к корпусу, к ней с лицевой стороны клеится прокладка 110403.2020.592.00.20 при помощи клея 88-НП ТУ 38 105540-85 (допускается использовать клей 88-СА ТУ 38 1051760-89) (см. 110403.2020.592.00.17 СБ в приложении Л1). При использовании клея для сборки вилки не допускается выступание его за пределы вилки, а также попадание его на резьбовые поверхности.

Рисунок 4.4.3 – Вилка 110403.2020.592.00.17 СБ

Вилка (110403.2020.592.00.17 СБ) устанавливается между печатным узлом 110403.2020.592.00.26 СБ и стойками 110403.2020.592.00.22 (рис. 4.4.4).

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

Рисунок 4.4.4 – Установка вилки 110403.2020.592.00.17 СБ

Контакты вилки 110403.2020.592.00.17 СБ соединяются с к контактам печатного узла 110403.2020.592.00.24 СБ при помощи провода МГТФ 0,35 ТУ 16-505.185-71 (см. 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2). При пайке используется припой ПОССу 61-0,5 ГОСТ 21930-76 [28] с флюсом ФКСп ОСТ4 Г0.033.200 (для припаивания контактов вилки 2РМГ14Б4Ш1Е2Б ГЕО.364.140ТУ к проводу) и припой ПОСК50-18 ГОСТ 21930-76 [28] с флюсом ФКСп ОСТ4 Г0.033.200 (для припаивания провода к печатному узлу 110403.2020.592.00.24 СБ). Провода перед припаиванием помещаются в изоляционную трубку белую, высшего сорта 305 ТВ-40, 4,0 ГОСТ 19034-82 [29]. Маркировка проводов производится трубкой белой, высшего сорта 305 ТВ-40, 1,5 ГОСТ 19034-82 [29], причём номера на трубку наносятся специальными чернилами по инструкции БК0.029.000 или при помощи термотрансферного принтера. Крепление проводов производится к винту Б (см. 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2) при помощи шнур-чулка ШЧПЭ-1,0-29 ОСТ 17-184-2003.

Решётка 110403.2020.592.00.13 СБ (см рис. 4.4.5 и чертёж 110403.2020.592.00.13 СБ в приложении Ж2) состоит из решётки 110403.2020.592.00.14, экрана 110403.2020.592.00.15 и табло 110403.2020.592.00.16. Табло 110403.2020.592.00.16 крепится к решётке 110403.2020.592.00.14 при помощи винтов А.М1,6х8 ГОСТ 17475-80 [22] и

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		61

гаек М1,6 ГОСТ 5927-70 [24] (см. рис. 4.4.5 и чертёж 110403.2020.592.00.13 СБ в приложении Ж2), причём между решёткой и таблом устанавливается экран 110403.2020.592.00.15.

Рисунок 4.4.5 – Решётка 110403.2020.592.00.13 СБ

Для предотвращения самопроизвольного раскручивания винтов используются шайбы С.1,6 ГОСТ 11371-78 [30], а также краска ХВ-124 серая ГОСТ 10144-89 [27] для законтривания выступающих частей винтов и гаек. Головки винтов со стороны поверхности А (см. 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2) покрываются чёрной эмалью ПФ-115 ГОСТ 6465-76 [15].

Решётка 110403.2020.592.00.13 СБ крепится к печатному узлу 110403.2020.592.00.26 СБ при помощи винтов А.М2,5х12 ГОСТ 1491-80 [23] и гаек М2,5 ГОСТ 5927-70 [24] (см. рис. 4.4.6 и 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2). Для предотвращения самопроизвольного раскручивания винтов и гаек используются шайбы С.2,5 ГОСТ 11371-78 [30], гроверы 2,5 ГОСТ 6402-70 [26], а также краска ХВ-124 серая ГОСТ 10144-89 [27] для законтривания выступающих частей винтов и гаек. Для обеспечения герметичности соединения между печатным узлом 110403.2020.592.00.26 СБ и решёткой 110403.2020.592.00.13 СБ устанавливается прокладка

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

110403.2020.592.00.23, приклеиваемая к решётке при помощи клея 88-СА ТУ 38 1051760-89 (допускается использовать клей 88-НП ТУ 38 105540-85).

Рисунок 4.4.6 – Модуль 110403.2020.592.00.21 СБ

После непосредственной сборки модуля 110403.2020.592.00.21 СБ можно приступать к его размещению внутри корпуса. Изначально в корпус 110403.2020.592.00.01 устанавливается стекло 110403.2020.592.00.04, на которое с обратной стороны наклеивается плёнка 110403.2020.592.00.12 (см. 110403.2020.592.00.00 СБ в приложении С). Для герметичного соединения стекла с корпусом, между корпусом и стеклом устанавливается прокладка 110403.2020.592.00.05, которая приклеивается к корпусу клеем 88-СА ТУ 38 1051760-89, также допускается использовать клей 88-НП ТУ 38 105540-85 (см. 110403.2020.592.00.00 СБ в приложении С). После установки стекла 110403.2020.592.00.04 в корпус 110403.2020.592.00.01 устанавливается прокладка 110403.2020.592.00.05 с прижимом 110403.2020.592.00.03, фиксирующим стекло в корпусе, который крепится к корпусу винтами В.М2,5-6gx10.36.016 ГОСТ 1491-80 [23] (см. рис. 4.4.7 и чертёж 110403.2020.592.00.00 СБ в приложении С). Для предотвращения самопроизвольного раскручивания винтов В.М2,5-6gx10.36.016 ГОСТ 1491-80 [23] используются пружинные шайбы (гроверы) 2,5 65Г 06 ГОСТ 6402-70 [26].

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>63</i>

Рисунок 4.4.7 – Корпус 110403.2020.592.00.01 со стеклом 110403.2020.592.00.04 и установленным прижимом 110403.2020.592.00.03

После установки прижима 110403.2020.592.00.03 в корпус 110403.2020.592.00.01, в специальную канавку в прижиме устанавливается прокладка 110403.2020.592.00.06 и приклеивается к нему клеем 88-СА ТУ 38 1051760-89, также допускается использовать клей 88-НП ТУ 38 105540-85 (см. рис. 4.4.8 и чертёж 110403.2020.592.00.00 СБ в приложении С). Затем в корпус 110403.2020.592.00.01 помещается модуль 110403.2020.592.00.21 СБ (см. рис. 4.4.9). После размещения модуля 110403.2020.592.00.21 СБ в корпусе 110403.2020.592.00.01, корпус закрывается крышкой 110403.2020.592.00.02, к которой с обратной стороны приклеивается прокладка 110403.2020.592.00.11 клеем 88-СА ТУ 38 1051760-89 (допускается использовать клей 88-НП ТУ 38 105540-85), для обеспечения плотного прилегания крышки 110403.2020.592.00.02 к модулю 110403.2020.592.00.21 СБ. Крышка 110403.2020.592.00.02 крепится к корпусу 110403.2020.592.00.01 при помощи винтов В.МЗ-6gx10.36.016 ГОСТ 17475-80 [22] (см. рис. 4.4.10).

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		64

Рисунок 4.4.8 – Установка прокладки 110403.2020.592.00.06 в корпусе
110403.2020.592.00.01

Рисунок 4.4.9 – Корпус 110403.2020.592.00.01 с установленным в него
модулем 110403.2020.592.00.21 СБ

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		65

Рисунок 4.4.10 – Корпус 110403.2020.592.00.01 с установленным в него модулем 110403.2020.592.00.21 СБ и прикрепленной к нему крышкой 110403.2020.592.00.02

Для предотвращения самопроизвольного раскручивания винтов все винты устанавливаются на эмаль ХВ-124 серую ГОСТ 101044-89, причём головки винтов Б и В (см. рис. 4.4.11 и чертёж 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2) покрываются этой же эмалью. Винты Б покрываются мастикой пломбирочной по инструкции И-94-79 поверх которой производится клеймение ОТК (Отдел Технического Контроля) и ВП (Военное Представительство). Винты В (см. рис. 4.4.11 и чертёж 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2) после прикручивания к вилке 110403.2020.592.00.17 СБ покрываются герметиком УТ-32 ТУ 38 1051386-80.

После установки крышки 110403.2020.592.00.02 на выступающую часть вилки 110403.2020.592.00.17 СБ накручивается колпачок транспортировочный ЭМ20.019, а в отверстие под вилку СНП346-10ВП22-2-В, установленную на печатном узле 110403.2020.592.00.24 СБ модуля 110403.2020.592.00.21 СБ, вкручивается пробка 110403.2020.592.00.07 с надетой на неё прокладкой 110403.2020.592.00.08. Также для герметичного соединения модуля аварийной сигнализации с щитком водителя на бортик корпуса 110403.2020.592.00.01 приклеивается прокладка

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>66</i>

110403.2020.592.00.09 клеем 88-СА ТУ 38 1051760-89, также допускается использовать клей 88-НП ТУ 38 105540-85 (см. рис. 4.4.12 и чертёж 110403.2020.592.00.21 СБ в приложении Н2).

Рисунок 4.4.11 – Винты Б и В модуля аварийной сигнализации

Рисунок 4.4.12 – Модуль 110403.2020.592.00.00 СБ

Табличка 110403.2020.592.00.10 приклеивается к корпусу 110403.2020.592.00.01 модуля аварийной сигнализации клеем ВК-9 ОСТ 4 Г0.029.204, причём перед её приклейкой на неё наносится заводской номер шрифтом 3-ПрЗ ГОСТ 26.008-85 и на обратной стороне таблички наносятся

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		67

риски в виде сетки. Надписи и линии, нанесённые на табличку 110403.2020.592.00.10 заполняются эмалью ПФ-115 чёрной ГОСТ 6465-76 [15], после этого лицевая поверхность таблички покрывается лаком ЭП-730 ГОСТ 20824-81(2) [31].

Модуль аварийной сигнализации 110403.2020.592.00.00 СБ изображён на рис. 4.4.13.

Рисунок 4.4.13 – Модуль 110403.2020.592.00.00 СБ

Модуль аварийной сигнализации 110403.2020.592.00.00 СБ разрабатывался исходя из требований, предъявляемых к изделию, обладающим степенью защиты IP52 [37] (пылезащищённое исполнение с защитой от вертикально капающей воды под углом не более 15°). Требуемая степень защиты (IP52) реализовывалась в данном изделии путём применения резиновых прокладок между корпусными деталями и сборочными единицами, а также использованием допусков h13 и h14 при разработке конструкции корпуса и корпусных деталей, что обеспечило более точную подгонку деталей друг к другу и устранение зазоров. Спроектированный модуль 110403.2020.592.00.00 СБ обладает простотой конструкции, а также высокой степенью ремонтпригодности.

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>68</i>

4.5. Выбор защитно-декоративных-покрытий

Выбор защитно-декоративных покрытий – это один из немаловажных аспектов при разработке конструкции блока. Защитно-декоративное покрытие деталей и корпуса, должно выбираться исходя из требований, предъявляемых заказчиком к разрабатываемому изделию. При выборе защитно-декоративного покрытия нужно учитывать также и адгезионные свойства материала покрытия к материалу из которого изготавливаются корпус и соответствующие корпусные детали.

Защитное покрытие корпуса и корпусных деталей разрабатываемого модуля аварийной сигнализации должно обладать антикоррозионной стойкостью, а также стойкостью к механическим воздействиям. По техническому заданию внешним поверхности разрабатываемого модуля должны покрываться в серый цвет.

В качестве покрытия корпуса 110403.2020.592.00.01 и крышки 110403.2020.592.00.02 модуля аварийной сигнализации было выбрано покрытие Хим. Окс. фос. фтор/эмаль ЭП-140 светло-серая ГОСТ 24709-81(2). IV.02 [13]. Покрытие хим. окс. фос. фтор [32] – это химическое оксидное покрытие, обладающее хорошей электропроводностью. Данное покрытие является защитно-декоративным. После нанесения данного покрытия на корпус и крышку модуля аварийной сигнализации, они окрашиваются светло-серой эмалью ЭП-140 ГОСТ 24709-81(2). IV.02 [13]. Данное покрытие широко применяется на предприятии для защиты корпусов блоков из алюминия и алюминиевых сплавов.

В качестве покрытия корпусных деталей использовались покрытия: Хим. Окс. фос. фтор [32], Ц6. хр. [32], Ц3. хр. Ц6. хр. [32] – это цинковое покрытия толщиной 6 мкм, хромированное. Ц3. хр. [32] – это цинковое покрытия толщиной 3 мкм, хромированное. Покрытие Ц. хр. [32] является отличным защитным и защитно-декоративным покрытием.

4.6. Расчёт надёжности модуля аварийной сигнализации

Одним из немаловажных этапов при разработке модуля аварийной сигнализации является расчёт надёжности. Надёжность деталей и сборочных единиц модуля необходимо учитывать при проектировании, так как выход из строя даже одного ЭРЭ может привести к потере работоспособности не только печатного узла, на котором он установлен, но и к потере работоспособности всего изделия в целом.

Расчёт надёжности в данном случае будем проводить только для спроектированных печатных узлов модуля аварийной сигнализации, так как это наиболее важные элементы конструкции, подверженные риску возникновения отказов.

Проведём расчёт надёжности печатных узлов 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ.

Эксплуатационная интенсивность отказов ЭРЭ рассчитывается по формуле [35, 36]:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_B (\lambda'_{\text{Б.С.Г.}}) \cdot K_P, \quad (4.6.1)$$

где $\lambda'_B (\lambda'_{\text{Б.С.Г.}})$ – базовая интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ, K_P – коэффициент режима.

Эксплуатационная интенсивность отказов для печатной платы рассчитывается по формуле [35, 36]:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda_B \cdot K_{\text{Э}} [N_1 K_C + N_2 (K_C + 13)], \quad (4.6.2)$$

где $K_{\text{Э}}$ – коэффициент жёсткости условий эксплуатации, K_C – коэффициент сложности, N_1 – количество отверстий, которые при сборке запаиваются волной припоя, N_2 – количество отверстий, которые запаиваются вручную.

Эксплуатационная интенсивность отказов для микросхем рассчитывается по формуле [35, 36]:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_B (\lambda'_{\text{Б.С.Г.}}) \cdot K_{\text{СТ}} \cdot K_{\text{КОРП}}, \quad (4.6.3)$$

где K_{CT} – коэффициент режима работы, $K_{КОРП}$ – коэффициент, зависящий от корпуса.

Эксплуатационная интенсивность отказов паяемых соединений определяется по формуле [35, 36]:

$$\lambda_{\mathcal{E}} = \lambda'_B(\lambda'_{Б.С.Г.}) \cdot K_P = \lambda'_B(\lambda'_{Б.С.Г.}) \cdot K_t \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot K_{II}, \quad (4.6.4)$$

где K_t – это коэффициент, зависящий от температуры корпуса элемента, $K_t = 0,061t_{окр} - 0,525$, где $t_{окр}$ – это температура окружающей среды, K_{II} – коэффициент приёмки.

Суммарная эксплуатационная интенсивность отказов рассчитывается как сумма интенсивностей отказов соответствующих элементов, входящих в изделие:

$$\Lambda_{\mathcal{E}i} = \sum_{i=1}^N \lambda_{\mathcal{E}i} \cdot n_i, \quad (4.6.5)$$

где $\lambda_{\mathcal{E}i}$ – это эксплуатационная интенсивность отказов i -группы элементов, n_i – число элементов в i -группе, N – количество сформированных групп элементов.

Вероятность безотказной работы изделия определяется следующим образом:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\mathcal{E}} t}, \quad (4.6.6)$$

где t – это интервал времени.

Проведём расчёт надёжности печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ. На печатном узле установлено 150 единичных индикаторов ИПД156Б9-Б АЕЯР.432220.596 ТУ. Интенсивность отказа индикатора ИПД156Б9-Б АЕЯР.432220.596 ТУ рассчитывается следующим образом:

$$\lambda_{\mathcal{E}} = \lambda'_B \cdot K_P = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,645 = 0,387 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{ч}. \quad (4.6.7)$$

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказа печатной платы 110403.2020.592.00.27:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda_{\text{Б}} \cdot K_{\text{Э}} [N_1 K_{\text{С}} + N_2 (K_{\text{С}} + 13)] = 1,7 \cdot 10^{-11} \cdot 4 \cdot [0 \cdot 1 + 186 \cdot (1 + 13)] =$$

$$= 0,177 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{\text{ч}}. \quad (4.6.8)$$

Рассчитаем эксплуатационную интенсивность отказа печатной платы 110403.2020.592.00.28:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda_{\text{Б}} \cdot K_{\text{Э}} [N_1 K_{\text{С}} + N_2 (K_{\text{С}} + 13)] = 1,7 \cdot 10^{-11} \cdot 4 \cdot [0 \cdot 1 + 30 \cdot (1 + 13)] =$$

$$= 0,029 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{\text{ч}}. \quad (4.6.9)$$

Определим эксплуатационную интенсивность отказа вилки СНП346-30ВП21-2-В РЮМК.430420.011:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_{\text{Б.С.Г.}} \cdot K_{\text{Р}} = 0,00103 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,00103 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{\text{ч}}. \quad (4.6.10)$$

Определим эксплуатационную интенсивность отказов паяемых соединений печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda'_{\text{Б.С.Г.}} \cdot K_{\text{Р}} = \lambda'_{\text{Б.С.Г.}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{Э}} \cdot K_{\text{П}} = 330 \cdot 0,0013 \cdot 10^{-6} \cdot (0,061 \cdot 40 - 0,525) \cdot 4 \cdot 1 =$$

$$= 0,01 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{\text{ч}}. \quad (4.6.11)$$

Полученные при расчёте данные занесём в таблицу 4.6.1.

Таблица 4.6.1 – Расчёт характеристик надёжности печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ

Обозначение элемента	Кол-во элементов в группе, N	$\lambda'_{\text{Б}} (\lambda'_{\text{Б.С.Г.}}) \cdot 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$	$K_{\text{Р}}$	$\lambda_{\text{Э}} \cdot 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$	$\lambda_{\text{Э}\Sigma} = \lambda_{\text{Э}} \cdot n \cdot 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$
Индикатор ИПД156Б9-Б	150	0,6	0,645	0,387	58,05
ПП (110403.2020.592.00.27)	1	0,000017	1	0,177	0,177
ПП (110403.2020.592.00.28)	1	0,000017	1	0,029	0,029
Вилка СНП346-30ВП21-2	1	0,0104	4,06	0,042	0,042
Соединения пайкой	330	0,0013	7,66	0,01	3,3

Зная эксплуатационные интенсивности отказов всех элементов узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ определим суммарную эксплуатационную интенсивность отказов для печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ по формуле 4.6.5:

$$\Lambda_{\Sigma}(1) = \sum_{i=1}^N \lambda_{\Sigma i} \cdot n_i = (58,05 + 0,177 + 0,029 + 0,042 + 3,3) \cdot 10^{-6} =$$

$$= 61,6 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{ч}. \quad (4.6.12)$$

Среднее время безотказной работы обратно пропорционально интенсивности отказов. Определим среднее время безотказной работы для узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ:

$$T_{CP} = \frac{1}{\Lambda_{\Sigma}(1)} = \frac{1}{61,6 \cdot 10^{-6}} = 1,62 \cdot 10^4, ч. \quad (4.6.13)$$

Среднее время безотказной работы для узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям заказчика.

Рассчитаем вероятность безотказной работы за время $t_p=500$ ч.

$$P_M(t_p) = e^{-t_p/T_{CP}} = 0,97 \quad (4.6.14)$$

Для визуализации полученного результата построим график зависимости вероятности безотказной работы от времени.

Рисунок 4.6.1 – График зависимости вероятности безотказной работы узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ от времени

После определения надёжности печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ, проведём расчёт надёжности для печатного узла 110403.2020.592.00.24 СБ.

Расчёт надёжности для печатного узла 110403.2020.592.00.24 СБ будет проводиться аналогично расчёту надёжности узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ, поэтому результаты, полученные при проведении расчёта надёжности узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ, сразу занесём в таблицу 4.6.2.

Таблица 4.6.2 – Расчёт характеристик надёжности печатного узла 110403.2020.592.00.24 СБ

Обозначение элемента	Кол-во элементов в группе, N	$\lambda'_B (\lambda'_{Б.С.Г.}) \cdot 10^6, \frac{1}{ч}$	K_P	$\lambda_{\Sigma} \cdot 10^6, \frac{1}{ч}$	$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \cdot n \cdot 10^6, \frac{1}{ч}$
Конденсатор К10-69в (0805)	18	0,002	0,047	0,000094	0,001692

Продолжение таблицы 4.6.2

Конденсатор К10-69в (1206)	10	0,002	0,059	0,000118	0,00118
Конденсатор К53-68	3	0,00005	0,376	0,0000188	0,0000564
Резистор Р1-12-0,125	74	0,112	1	0,112	8,288
Резистор С2-33Н	1	0,112	1	0,112	0,112
Транзистор 2Т3130А9	15	0,06	0,2986	0,0179	0,2687
Транзистор 2Т3130Г9	30	0,06	0,2986	0,0179	0,5375
Транзистор 2Т3175А	15	0,06	0,2986	0,0179	0,2687
Резонатор РК456-МДУ- 6ДС-8М	1	0,025	1,337	0,0334	0,0334
Диодная матрица 2Д707АС9	2	0,033	1,0143	0,0335	0,0669
Транзисторная сборка 2П7241АС9	5	0,2	0,2986	0,0597	0,2986
Микросхема 1887ВЕ1У	1	0,0230	1	0,0230	0,0230
Вилка СНП346-10ВП22-2-В	1	0,0104	4,06	0,042	0,042
Розетка СНП346-30РП21-2-В	1	0,0104	4,06	0,042	0,042
ПП (110403.2020.592.00.24)	1	0,000017	1	0,1896	0,1896
Соединения пайкой	621	0,0013	7,66	0,01	6,1839

Определив эксплуатационные интенсивности отказов всех элементов, входящих в состав узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ, рассчитаем суммарную эксплуатационную интенсивности отказов узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ просуммировав эксплуатационные интенсивности отказов всех элементов, входящих в него.

$$\Lambda_{\text{Э}_i}(2) = \sum_{i=1}^N \lambda_{\text{Э}_i} \cdot n_i = (0,001692 + 0,00118 + 0,0000564 + 8,288 + 0,112 + 0,2687 + 0,5375 + 0,2687 + 0,0334 + 0,0669 + 0,2986 + 0,0230 + 0,042 + 0,042 + 0,1896 + 6,1839) \cdot 10^{-6} = 16,36 \cdot 10^{-6}, \frac{1}{\text{ч}}. \quad (4.6.15)$$

Среднее время безотказной работы обратно пропорционально интенсивности отказов. Определим среднее время безотказной работы для узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ:

$$T_{\text{СР.}} = \frac{1}{\Lambda_{\text{Э}_i}(2)} = \frac{1}{16,36 \cdot 10^{-6}} = 6,1 \cdot 10^4, \text{ ч}. \quad (4.6.16)$$

Время безотказной работы для узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым заказчиком.

Построим график зависимости вероятности безотказной работы узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ от времени.

Рисунок 4.6.2 – График зависимости вероятности безотказной работы узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ от времени

Определим вероятность безотказной работы узла печатного 110403.2020.592.00.24 СБ за время $t_p=500$ ч.

$$P_M(t_p) = e^{-t_p/T_{cp}} = 0,99 \quad (4.6.17)$$

Рассчитаем суммарную эксплуатационную интенсивность отказов печатных узлов 110403.2020.592.00.26 СБ и 110403.2020.592.00.24 СБ, входящих в модуль 110403.2020.592.00.21 СБ.

$$\Lambda_{\Sigma} = \Lambda_{\Sigma}(1) + \Lambda_{\Sigma}(2) = (61,6 + 16,36) \cdot 10^{-6} = 77,96 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}. \quad (4.6.18)$$

Зная суммарную эксплуатационную интенсивность отказов печатных узлов 110403.2020.592.00.26 СБ и 110403.2020.592.00.24 СБ определим их среднее время безотказной работы (наработка на отказ).

$$T_{cp} = \frac{1}{\Lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{77,96 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^4, ч. \quad (4.6.19)$$

Определим вероятность безотказной работы за время $t_p=500$ ч.

$$P_M(t_p) = e^{-t_p/T_{cp}} = 0,96 \quad (4.6.20)$$

Время безотказной работы для печатных узлов 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ модуля аварийной сигнализации составило 13000 часов. Рассчитанное время безотказной работы печатных узлов полностью удовлетворяет требованию безотказности, предъявляемому заказчиком к изделию: средняя наработка на отказ – не менее 500 ч.

Построим график зависимости вероятности безотказной работы узлов печатных 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ, входящих в состав модуля от времени.

Рисунок 4.6.3 – График зависимости вероятности безотказной работы узлов печатных 110403.2020.592.00.24 СБ и 110403.2020.592.00.26 СБ от времени

5. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Моделирование тепловых процессов индикационного печатного узла

Расчёт тепловых процессов будем проводить для узла печатного 110403.2020.592.00.26 СБ, так как он наиболее подвержен риску перегрева. Это обусловлено тем, что на данном печатном узле установлено 150 светодиодных единичных индикаторов ИПД156Б9-Б АЕЯР.432220.596 ТУ. В рабочем режиме на каждом светодиодном индикаторе ИПД156Б9-Б АЕЯР.432220.596 ТУ рассеивается около 6 Вт мощности. Поэтому для более эффективного отвода тепла от кристаллов светодиодов ИПД156Б9-Б АЕЯР.432220.596 ТУ была применена в конструкции печатного узла алюмооксидная технология, заключающаяся в том, что к плате двусторонней с обратной стороны крепится алюминиевый лист, путём спекания между ними

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		78

прокладочного материала, в нашем случае это стеклоткань прокладочная СПТ-3-0,025 или стеклоткань СПТ-3-0,06.

Промоделируем тепловые процессы печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ. Тепловой анализ будем проводить в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks Simulation, так как данный пакет широко распространён на предприятии. Печатный узел 110403.2020.592.00.26 СБ находится в герметичном корпусе поэтому тепло от кристаллов светодиодных индикаторов может отводиться только путём естественной конвекции, характеризуемой коэффициентом конвективной теплоотдачи в пределах от 5 до $30 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$. При проведении расчёта коэффициент конвективной теплоотдачи был выбран, равным $30 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$. Массовая температура окружающей среды была задана, равной 328К (55°C) (рис.5.1.1).

Рисунок 5.1.1 – Задание параметров конвекции в SolidWorks Simulation

Также зададим на светодиодные индикаторы термическую нагрузку в виде тепловой мощности, равную 6 Вт (рис. 5.1.2)

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		79

Рисунок 5.1.2 – Задание параметров тепловой мощности в SolidWorks
Simulation

После проведения анализа были получены следующие термические
эпюры (см. рис 5.1.3 – 5.1.6).

Рисунок 5.1.3 – Распределение тепла по поверхности печатного узла
110403.2020.592.00.26 СБ (вид спереди)

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>80</i>

Рисунок 5.1.4 – Распределение тепла по поверхности печатного узла
110403.2020.592.00.26 СБ (вид сзади)

Рисунок 5.1.5 – Распределение тепла по поверхности печатного узла
110403.2020.592.00.26 СБ при использовании алюминиевого пластины (вид сзади)

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>81</i>

Рисунок 5.1.6 – Распределение тепла в сечении печатного узла,
расположенного на расстоянии 30 мм от края

5.2. Анализ полученных результатов моделирования

После проведения теплового анализа для печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ можно сделать следующие выводы:

1. В рабочем режиме максимальная температура корпуса единичных светодиодных индикаторов ИПД156Б9-Б достигает 80,7 °С (рис. 5.1.3), что не превышает максимально допустимой рабочей температуры корпуса (85 °С) для данного типа светодиодных индикаторов.

2. Без использования алюминиевой пластины температура с обратной стороны печатного узла в областях размещения светодиодных индикаторов не превышает 80,7 °С (рис. 5.1.4).

3. При использовании алюминиевой пластины, прикрепленной с обратной стороны печатного узла, температура снижается и уже составляет около 75 °С в наиболее нагретых местах (рис. 5.1.5).

4. Из выше полученных результатов, можно сделать вывод, что алюмооксидная технология позволяет эффективнее отводить тепло от светодиодных индикаторов ИПД156Б9-Б (см. рис 5.1.4, 5.1.5), этим и обусловлено её применение при разработке печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе был спроектирован модуль аварийной сигнализации в рамках ОКР на ведущем предприятии России АО «НПО «Электромашина», состоящий из печатных узлов, разработанных в программном пакете Altium Designer, корпуса и крышки, а также всех необходимых корпусных деталей, спроектированных в САПР SolidWorks. На всю разработанную мной конструкцию модуля аварийной сигнализации был оформлен полный комплект конструкторской документации в САПР SolidWorks и КОМПАС-3D, полностью соответствующий требованиям ЕСКД.

Для печатных узлов модуля был проведён расчёт эксплуатационной интенсивности отказов, и он показал, что средняя наработка на отказ для печатных узлов модуля составило 13000 часов, что в 26 раз превышает требуемое по техническому заданию время безотказной работы (500 часов), поэтому вероятность безотказной работы за период 500 часов составила 96%, что является очень хорошим показателем работоспособности для печатных узлов модуля.

Для индикационного печатного узла 110403.2020.592.00.26 СБ был проведён тепловой расчёт в САПР SolidWorks Simulation, который наглядно показал эффективность использования алюмооксидной технологии для отвода тепла от кристаллов светодиодных индикаторов.

Спроектированный модуль аварийной сигнализации соответствует требованиям, предъявляемых к изделию, обладающим степенью защиты IP52 (пылезащищённое исполнение с защитой от вертикально капающей воды под углом не более 15°). Требуемая степень защиты IP52 реализовывалась в данном изделии путём применения резиновых прокладок, между корпусными деталями и сборочными единицами, применением клеев и герметиков, а также использованием допусков h13 и h14 при разработке конструкции корпуса и корпусных деталей, что обеспечило более точную подгонку деталей и сборочных единиц друг к другу и устранение зазоров. Спроектированный

					<i>110403.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>83</i>

модуль аварийной сигнализации обладает простотой конструкции, а также высокой степенью ремонтпригодности.

					<i>1104.03.2020.592.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>84</i>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Одегова, О.В. Системы автоматики российских производителей / О.В. Одегова, А.Л. Попов // Судостроение. – 2009. – №4 (785). – С. 50-51.
2. Датчики и системы судовой автоматики. – http://www.valcom.ru/CatalogImages/File/Katalog_valcom_2010.08.pdf.
3. Погодаев, В.П. Совершенствование аварийной сигнализации танка / В.П. Погодаев, О.И. Чикеров, К.В. Костин, В.А. Мунин // Динамика систем, механизмов и машин. – 2012. – №5. – С. 22-24.
4. Система противопожарного оборудования ЗЭЦ13. – <https://www.nproelm.ru/product/spetsproduktsiya/sistemy-pozharotusheniya-ppo/sistema-protivopozharnogo-oborudovaniya-3ets13>.
5. Приборный комплекс механика водителя ПКМВ. – <http://www.nproelm.ru/production/sproduction/bius/pkmv>.
6. Пименов, Е.В. Новая система судовой аварийно-предупредительной сигнализации «MANAGER 301М» / Е.В. Пименов // Морской вестник. – 2013. – №4(48). – С. 69-70.
7. Прибор аварийной сигнализации и блокировки ПАС-01. – http://www.centravtomat.ru/1products/1_1_spzs/1_1_1_pas01.
8. Устройство аварийной сигнализации с индикацией УАС-16МИ. – <https://chelyabinsk.selarius.ru/catalog/ustroystvo-avariynoy-signalizacii-s-indikaciey-uas-16mi>.
9. Блок аварийной сигнализации БАС701. – <https://xn--90ahkico2a6b9d.xn--c1aky3c.xn--p1ai/pribor/blok-avariynoy-signalizacii-bas701.html>.
10. Система аварийной сигнализации САС-В. – <https://chl.skidkosnab.ru/pribor/sistema-avariynoy-signalizacii-sas-v>.
11. Хлопотов, А. Модернизированный Т-90С / А. Хлопотов, В. Вовнова // Техника и вооружение. – 2012. – №2. – С. 13-20.
12. ГОСТ 17232-99. Плиты из алюминия и алюминиевых сплавов. ТУ. – Минск: Издательство стандартов, 2000, – 15 с.

13. ГОСТ 24709-81. Эмали ЭП-140. ТУ. – М.: Издательство стандартов, 1993, – 14 с.
14. ГОСТ 26.008-85. Шрифты для надписей, наносимых методом гравирования. – М.: Стандартиформ, 2006, – 27 с.
15. ГОСТ 6465-76. Эмали ПФ-115. ТУ. – М.: Издательство стандартов, 1977, 12 с.
16. ГОСТ 17622-72. Стекло органическое техническое. ТУ. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1972, – 23 с.
17. ГОСТ 21488-97. Прутки пресованные из алюминия и алюминиевых сплавов. ТУ. – Минск: Издательство стандартов, 2001, – 29 с.
18. ГОСТ 21631-76. Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. ТУ. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002, – 31 с.
19. ГОСТ 2.004-88. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ. – М.: Стандартиформ, 2007, – 24 с.
20. ГОСТ 23832-79. Лаки АК-113 и АК-113Ф. ТУ. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999, – 8 с.
21. ГОСТ 24222-80. Плёнка и лента из фторопласта-4. ТУ. – М.: Издательство стандартов, 1993, – 28 с.
22. ГОСТ 17475-80. Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры. – М.: Стандартиформ, 2008, – 6 с.
23. ГОСТ 1491-80. Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры. – М.: Стандартиформ, 2006, – 5 с.
24. ГОСТ 5927-70. Гайки шестигранные класса точности А. Конструкция и размеры. – М.: Стандартиформ, 2010, – 6 с.
25. ГОСТ 10450-78. Шайбы уменьшенные. Классы точности А и С. ТУ. – М.: Стандартиформ, 2006, – 4 с.
26. ГОСТ 6402-70. Шайбы пружинные. ТУ. – М.: Стандартиформ, 2006, – 7 с.

27. ГОСТ 10144-89. Эмали ХВ-124. ТУ. – М.: Стандартиформ, 2007, – 9 с.
28. ГОСТ 21930-76. Припой оловянно-свинцовые в чушках. ТУ. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008, – 12 с.
29. ГОСТ 19034-82. Трубки из поливинилхлоридного пластика. ТУ. – М.: Стандартиформ, 2010, – 20 с.
30. ГОСТ 11371-78. Шайбы. ТУ. – М.: Стандартиформ, 2006, – 6 с.
31. ГОСТ 20824-81. Лак ЭП-730. ТУ. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1981, – 17 с.
32. ГОСТ 9.303-84. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008, – 45 с.
33. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертёжные. – М.: Стандартиформ, 2007, – 23 с.
34. ГОСТ Р 53429. Платы печатные. Основные параметры конструкции. – М.: Стандартиформ, 2010, – 8 с.
35. Боровиков, С.М. Расчёт показателей надёжности радиоэлектронных средств: учеб. –метод. пособие / С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Ф.Д. Троян; под ред. С.М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2010, – 68 с.: ил.
36. Прытков, С.Ф. Надёжность электрорадиоизделий: справочник / С.Ф. Прытков, В.М. Горбачева, А.А. Борисов и др. М.: 22 ЦНИИИ МО РФ, 2002, – 574 с.
37. ГОСТ 14254-2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP). – М.: Стандартиформ, 2016, – 39 с.