

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.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ БЛОКА ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПУНКТА  
(ДП) ИЗДЕЛИЯ ПРМГ-76УМ-1, РАБОТАЮЩЕГО ОДНОВРЕМЕННО В  
ОТЕЧЕСТВЕННОМ И МЕЖДУНАРОДНОМ ДИАПАЗОНАХ ЧАСТОТ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ 11.04.03.2020.596.00 ПЗ

Руководитель работы

\_\_\_\_\_ Кудрин Л.П.

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Работу выполнил  
студент гр. КЭ-224

\_\_\_\_\_ Низаметдинов В.И.

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_ Юнгайтис Е.М.

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск 2020 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	11
1.1. Принцип работы .....	11
1.2. Анализ конструкторских и технологических решений.....	15
1.3. Анализ серийно применяемых решений. Обеспечение унификации .....	24
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	27
2.1. Компоновка ЭРЭ внутри блока ДП .....	27
2.2. Разработка передней панели с элементами индикации и управления.....	34
2.3. Разработка конструкции блока ДП.....	42
2.4. Расчёт прочности блока ДП в САПР.....	52
2.5. Расчёт теплового режима блока ДП в САПР.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	61
ЛИСТ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ И .....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ К.....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ М.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ Н .....	107
ПРИЛОЖЕНИЕ П .....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ Р .....	111

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ПРИЛОЖЕНИЕ С .....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Т .....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ У .....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф .....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ Х .....	127
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц .....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш .....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ .....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Э .....	135
ПРИЛОЖЕНИЕ Ю .....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ Я .....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 .....	149
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 .....	151

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время можно заметить, что средства массовой информации, а также многие другие источники делают акцент на различных объектах воздушно-транспортной техники и их модернизации. Улучшения, по большей части, происходят из-за непрекращаемого роста уровня автоматизации управления рабочими параметрами этих систем.

При модернизации и функциональном усложнении различных систем инженеру-конструктору необходимо создавать и разрабатывать новые конструктивные решения, которые несут в себе механические и электронные узлы. При этом растут предъявляемые требования к конструкции этих устройств. Ведь необходимо обеспечить надежность, малые весогабаритные параметры, технологичность и ремонтпригодность разрабатываемого изделия, защиту от воздействия внешних факторов, обеспечить тепловой режим, при котором устройство будет работать без перебоев. Конечно же, не стоит забывать об интуитивно понятном, удобном интерфейсе. Также немаловажным фактором является производство и эксплуатация изделия, которые требуют ограниченного расхода материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

В области воздушного транспорта за безопасную посадку самолёта при метеоминимумах I и II категории на полевые и стационарные аэродромы, как и в дневное, так и в ночное время суток в режиме ручного, автоматического или полуавтоматического управления отвечает наземное оборудование системы инструментальной посадки дециметрового диапазона ПРМГ-76УМ-1. Данная радиотехническая система используется на аэродромах государственной авиации и совместного базирования.

Целью работы является модернизация конструкции блока ДП, который входит в состав оборудования изделия ПРМГ-76УМ-1, работающего на отечественном и на международном диапазонах частот. Располагается данный прибор в кузове автомобиля или может размещаться в помещении.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбор темы обоснован широким применением авиатранспорта во всех сферах человеческой деятельности. Известный факт, что именно этот вид транспорта требует самых жёстких правил и требований к безопасности. Ведь очень важно обеспечить мягкую и стабильную посадку самолёта, в этом деле экипажу помогает изделие ПРМГ-76УМ-1. А способом непосредственного управления является блок ДП, модернизацию конструкции которого необходимо выполнить.

Работа содержит две главы. Первая глава представляет собой анализ технического задания, включающая в себя три параграфа: принцип работы, анализ конструкторских и технологических решений и анализ серийно применяемых решений – обеспечение унификации.

Вторая глава является основной частью работы и включает в себя следующие параграфы: разработка корпуса блока ДП, разработка передней панели с элементами индикации и управления, компоновка ЭРЭ внутри, анализ прочности блока ДП в САПР, анализ теплового режима блока ДП в САПР, а также разработка и оформление комплекта рабочей конструкторской документации на блок ДП.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

## 1. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

### 1.1. Принцип работы

По заданию необходимо модернизировать конструкцию блока ДП.

Для этого потребуется схема электрическая принципиальная, перечень элементов, электромонтажный чертёж, руководство по эксплуатации, технические условия и техническое задание на модернизацию блока ДП.

Рассмотрим технические характеристики, устройство и принцип работы блока ДП, для которого будет модернизироваться конструкция.

Блок ДП предназначен для формирования и передачи команд управления с КДП на КРМ и ДГРМ изделия ПРМГ-76УМ-1 в режиме ДУ, приема сигналов состояния с КРМ и ДГРМ по двухпроводным линиям связи, их дальнейшего преобразования и индикации [1].

Также блок ДП предназначен для работы в следующих условиях:

- температуры окружающей среды от 263 до 323 К (от -10 до +50 °С);
- относительной влажности воздуха до 98 % при температуре не более 313 К (+40 °С);
- атмосферного давления не менее 61,328 кПа (460 мм рт. ст.).

Технические характеристики блока ДП:

1. Максимально допустимое удаление блока ДП от РМ при применении телефонного кабеля до 5000 м, а максимально допустимое удаление блока ДП и РМ от внешних устройств при использовании полудуплексного интерфейса RS-485 до 1200 м.

2. Источник питания: сеть напряжением 220 В ± 10 % и частотой 50,0 Гц ± 0,5 Гц.

3. Мощность, потребляемая блоком ДП от сети – не более 50 Вт.

4. Блок ДП обеспечивает работу в режиме ведущего (инициирующего обмен) по отношению к КРМ и ДГРМ.

5. В аппаратуре ТУ-ТС используется временное разделение сигналов на передачу и прием. Цикл обмена (непрерывно повторяемый): прием сообщения –

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

пауза – передача сообщения – пауза (общая длительность одного цикла обмена не превышает 1 с).

6. Формат сообщения (служебная и полезная информация) при применении трехуровневого балансного кода 32 бита, а по интерфейсу RS-485 12 байт.

7. Амплитуда биполярного трехуровневого балансного кода не более +15 В (при положительной полярности) и не менее -15 В (при отрицательной полярности). Третий уровень паузы 0 В. Размах сигнала по интерфейсу RS-485 в соответствии со стандартом.

8. Скорость обмена по телефонному кабелю ориентировочно 250 бит/с.

9. Скорость обмена по интерфейсу RS-485 – 57600 бит/с.

10. Технический ресурс блока ДП аналогичен техническому ресурсу ПРМГ-76УМ-1.

Устройство и принцип работы блока ДП:

Приемопередатчик, входящий в блок ДП, формирует логический протокол в последовательном коде и декодирует сигналы с КРМ и ДГРМ, представленных в аналогичном формате. Обновление информации на индикаторах блока ДП происходит 1 раз в 2 с. (две посылки одного и того же вида).

Для оценки работоспособности ТУ-ТС по линиям связи КДП-КРМ и КДП-ДГРМ используются две пары индикаторов РАБОТА ТУ-ТС ГРМ (АВАРИЯ ТУ-ТС ГРМ) и РАБОТА ТУ-ТС ДКРМ (АВАРИЯ ТУ-ТС ДКРМ). Индикатор РАБОТА ТУ-ТС светится при подключении линии связи и при положительном результате обмена информацией. Индикатор АВАРИЯ ТУ-ТС светится при отказе ТУ-ТС. При отсутствии обмена включается звуковой сигнал, индикаторы гаснут, а светится индикатор АВАРИЯ ТУ-ТС того РМ, связь с которым отсутствует. При уходе в аварию ТУ-ТС аппаратура РМ продолжает работать в тех режимах, в которых она находилась в момент возникновения аварии ТУ-ТС.

На лицевой панели блока расположены органы управления и элементы индикации, приведенные в таблицах 1 и 2.

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Таблица 1 – Органы управления блока ДП

Орган управления		Формируемая и передаваемая в линию команда	Примечание
Наименование	Тип		
ВКЛ РД Комплект 1	кнопка	вкл. 1 компл. РД	
ВКЛ РД Комплект 2	кнопка	вкл. 2 компл. РД	
ОТКЛ РД	кнопка	откл. РД	
ВКЛ ГРМ Комплект 1	кнопка	вкл. 1 компл. ГРМ	
ВКЛ ГРМ Комплект 2	кнопка	вкл. 2 компл. ГРМ	
ОТКЛ ГРМ	кнопка	откл. ГРМ	
ВКЛ КРМ-О Комплект 1	кнопка	вкл. 1 компл. КРМ-О	
ВКЛ КРМ-О Комплект 2	кнопка	вкл. 2 компл. КРМ-О	
ОТКЛ КРМ-О	кнопка	откл. КРМ-О	
ВКЛ КРМ-М Комплект 1	кнопка	вкл. 1 компл. КРМ-М	
ВКЛ КРМ-М Комплект 2	кнопка	вкл. 2 компл. КРМ-М	
ОТКЛ КРМ-М	кнопка	откл. КРМ-М	
ВКЛ СВЕТООГР	кнопка	вкл. светоогр. КРМ и вкл. светоогр. ДГРМ	
ОТКЛ СВЕТООГР	кнопка	откл. светоогр. КРМ и откл. светоогр. ДГРМ	
СБРОС АВАРИИ КРМ	кнопка	сброс аварии и вкл. КРМ	при нажатии кнопок происходит сброс аварии
СБРОС АВАРИИ ДГРМ	кнопка	сброс аварии и вкл. ДГРМ	
ОТКЛ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА	кнопка		при нажатии кнопки отключается звуковой сигнал
КОНТРОЛЬ ИНДИКАТОРОВ	кнопка		при нажатии светятся все индикаторы

Выбор режима «МУ» или «ДУ» осуществляется на РМ. При выборе режима «ДУ» обеспечивается функционирование аппаратуры ТУ-ТС в режимах «ОУ» или «ДУ».

В режиме «МУ» на блоке ДП обеспечивается индикация состояния КРМ и ДГРМ, команды с блока ДП, кроме команд включения и отключения огней светоограждения, игнорируются. В режиме «МУ» звуковой сигнал не работает.

При управлении РМ с ПОУ (положение переключателя на ПОУ «НАПРАВЛЕНИЕ I» или «НАПРАВЛЕНИЕ II») команды с блока ДП, кроме команд включения и отключения огней светоограждения, игнорируются. При выборе положения переключателя на ПОУ «НАПРАВЛЕНИЕ I» формируются сигналы отключения радиомаяка по «НАПРАВЛЕНИЮ II».



Положение переключателя ПДУ блокирует прохождение команд с ПОУ и разрешает прохождение команд с блока ДП на РМ.

Мигание индикаторов ПЕРЕГРЕВ КРМ и ПЕРЕГРЕВ ДГРМ интерпретируется как ПОЖАР КРМ и ПОЖАР ДГРМ соответственно.

Таблица 2 – Элементы индикации блока ДП

Сигнал	Наличие звука	Элемент индикации	Цвет	Примечание
1 компл. вкл.	-	1 КОМПЛ КРМ-О ВКЛ	зеленый	зона КРМ-О
2 компл. вкл.	-	2 КОМПЛ КРМ-О ВКЛ	зеленый	
категория 1	+	КАТЕГОРИЯ 1 КРМ-О	желтый	
категория 2	-	КАТЕГОРИЯ 2 КРМ-О	зеленый	
нет резерва	+	НЕТ РЕЗЕРВА КРМ-О	желтый	
авария	+	АВАРИЯ КРМ-О	красный	
1 компл. вкл.	-	1 КОМПЛ КРМ-М ВКЛ	зеленый	зона КРМ-М
2 компл. вкл.	-	2 КОМПЛ КРМ-М ВКЛ	зеленый	
категория 1	+	КАТЕГОРИЯ 1 КРМ-М	желтый	
категория 2	-	КАТЕГОРИЯ 2 КРМ-М	зеленый	
нет резерва	+	НЕТ РЕЗЕРВА КРМ-М	желтый	
авария	+	АВАРИЯ КРМ-М	красный	
1 компл. вкл.	-	1 КОМПЛ ГРМ ВКЛ	зеленый	зона ГРМ
2 компл. вкл.	-	2 КОМПЛ ГРМ ВКЛ	зеленый	
категория 1	+	КАТЕГОРИЯ 1 ГРМ	желтый	
категория 2	-	КАТЕГОРИЯ 2 ГРМ	зеленый	
нет резерва	+	НЕТ РЕЗЕРВА ГРМ	желтый	
авария	+	АВАРИЯ ГРМ	красный	
1 компл. РД вкл.»	-	1 КОМПЛ. РД ВКЛ	зеленый	зона РД
2 компл. РД вкл.»	-	2 КОМПЛ. РД ВКЛ	зеленый	
нет резерва РД	+	НЕТ РЕЗЕРВА РД	желтый	
авария РД	+	АВАРИЯ РД	красный	
вскрытие	+	ВСКРЫТИЕ КРМ	красный	зона КРМ
работа от аккумулятора	+	РАБОТА ОТ АККУМ. КРМ	желтый	
отказ аккумулятора	+	ОТКАЗ АККУМ. КРМ	красный	
работа ТУ-ТС	-	РАБОТА ТУ-ТС КРМ	зеленый	
авария ТУ-ТС	+	АВАРИЯ ТУ-ТС КРМ	красный	
ДУ	-	ДУ КРМ	зеленый	
светоограждение	-	СВЕТООГРАЖДЕНИЕ КРМ	зеленый	
перегрев	+	ПЕРЕГРЕВ КРМ	красный	
вскрытие	+	ВСКРЫТИЕ ДГРМ	красный	
работа от аккумулятора	+	РАБОТА ОТ АККУМ. ДГРМ	желтый	
отказ аккумулятора	+	ОТКАЗ АККУМ. ДГРМ	красный	
работа ТУ – ТС	-	РАБОТА ТУ-ТС ДГРМ	зеленый	
авария ТУ – ТС	+	АВАРИЯ ТУ-ТС ДГРМ	красный	
ДУ	-	ДУ ДГРМ	зеленый	

Сигнал	Наличие звука	Элемент индикации	Цвет	Примечание
светоограждение	-	СВЕТООГРАЖДЕНИЕ ДГРМ	зеленый	зона ДГРМ
перегрев	+	ПЕРЕГРЕВ ДКРМ	красный	
БДП	-	БДП	зеленый	зона управления
ПОУ	-	ПОУ	зеленый	

Звуковой сигнал на блоке ДП присутствует при наличии соответствующих состояний РМ согласно таблице 2 и может быть отключен нажатием кнопки ОТКЛ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА.

При нажатии кнопки КОНТРОЛЬ ИНДИКАТОРОВ обеспечивается свечение всех светодиодов на блоке ДП.

### 1.2. Анализ конструкторских и технологических решений

По техническому заданию конструкцию блока ДП необходимо изготовить из листового алюминия.

Можно заметить, что алюминиевые комплектующие используются практически во всех областях производственной отрасли и, конечно же, в производстве корпусов для РЭА. Ведь корпуса, сделанные из алюминия, обладают высокой степенью защиты от химического, механического и физического влияния.

Высокая степень надежности алюминиевых корпусов помогает достичь максимальной защиты внутренних печатных узлов, электронных компонентов от внешнего воздействия. Главное преимущество данных корпусов – долгий срок службы. Для алюминиевых корпусов (или сплавов металлов) со специальной обработкой воздействия атмосферных и химических факторов не страшны. Вот поэтому они нашли широкое применение в промышленном производстве.

В различных отраслях производства алюминиевые корпуса показали свою эффективность, но обозначение «алюминиевые» корпуса весьма условно, потому что чаще всего материалом для изготовления корпусов являются разные сплавы алюминия. Самый популярный – дюралюминий (например, Д16Т) в силу того, что

этот материал очень легкий (примерно  $2,8 \text{ г/см}^3$ ), а также обладает высокой стойкостью к коррозии и простоте обработки по сравнению с другими материалами. Но дюралюминий имеет свои недостатки, а именно трудность гибки и сварки.

Своё применение в современном мире нашли такие варианты сплавов, как АМг, АМц (а если добавить к указанным сплавам анодированное покрытие, то поверхность получится ровной и насыщенной (по цвету), в отличие с дюралюминия). Данные варианты сплавов имеют такие достоинства, как хорошая свариваемость и гибкость.

Также применяется сплав В95, который имеет тоже неплохие характеристики, но он имеет преимущественно авиационное применение. В изделиях АО «ЧРЗ» Полет» не используется.

По назначению алюминиевые корпуса для РЭА можно разделить на несколько групп:

- оборудование, подвергающиеся транспортировке в течение длительного времени;

- оборудование, требующие соответствующего уровня влагозащиты;

- оборудование, оснащающиеся пультом управления, дисплеем и другими различными функциями в одном блоке.

- Во время изготовления алюминиевых корпусов для РЭА могут использоваться самые различные способы обработки данного материала:

- резка, формовка, а также гибка алюминия (в том случае если требуется использование цельнолитого материала)

- токарные и фрезеровочные работы;

- применение различных видов сварки;

- покраска заготовки;

- маркировка, гравировка и т.д.

Итак, далее мы рассмотрим конструкторские и технологические решения.

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Листообработка металла – это многоуровневые технологические мероприятия, которые направлены на изготовление готовой детали из листовой заготовки. Сюда относятся резка, гибка, вырубка, штамповка, перфорирование и сварка металла.

В самых разных случаях листообработки металла могут появиться свои особенности, но основные этапы остаются неизменными:

- проектирование изделия;
- составление рабочей программы производства для изделия;
- раскрой металла;
- гибка металла;
- сварка готовых заготовок;
- финишная обработка изделия;
- покраска и сборка готового изделия.

Таким образом, можно сказать, что листообработка – это этапы изготовления изделия из листовой заготовки материала, которые начинаются от проектирования и разработки рабочей производственной программы и заканчивающиеся сборкой, покраской и отделкой изделия.

Корпуса РЭА лучше изготавливать из таких марок алюминия, как АМг, АМц, АМцМ (когда необходима гибка металла). Стоит заметить, что увеличится цена заготовки, но значительно снизится вес самого изделия, благодаря этим маркам алюминия. Было принято решение использовать марку алюминия АМг, при этом обойтись без сварочных работ, так как по себе процесс сварки алюминия сложный. Такие корпуса возможно изготовить, используя гибочный станок, координатно-пробивной пресс, а также с помощью лазерной резки.

Принято считать, что гибка металла является самым важным этапом листообработки.

Гибка металла – это технологический процесс пластической деформации листа или заготовки, для выполнения которого необходимо применять только специализированное оборудование, с помощью которого можно создавать изделия

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

самых различных форм. Данный метод листообработки обеспечивает быстроту выполнения работы, её экономичность и самое главное – прочность готовой продукции, которая напрямую связана с отсутствием швов, стыков и термической деформации, в отличие от сварки. Также он позволяет создавать всевозможные парапеты, откосы, элементы декора, шильдики, короба, боксы, щиты и т.д.

Рисунок 1 – Листогибочный станок

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>18</i>

Координатно-пробивной пресс необходим для выполнения вырубки, формовки, штамповки металлических заготовок, а также с его помощью можно пробить отверстие на листовом материале. Он отличаются неплохой производительностью и самое главное – точностью выполнения работ, связанных с листообработкой.

#### Рисунок 2 – Координатно-пробивной пресс

Пробивной инструмент в координатно-пробивном прессе необходим для перфорации листа различными отверстиями, такими как круг, квадрат, треугольник и т.д. Стоит заметить, что чем больше отверстий на детали, тем выгоднее их сделать на координатно-пробивном прессе, ведь при лазерной резке нужно учитывать каждый внутренний замкнутый контур, который потребует врезки луча лазера и снижающей обработку.

Формовочный инструмент в координатно-пробивном прессе предназначен для пуклевки, зенковки, перфорации и т.д. Он позволяет проводить комплексную обработку и заготовку в один заход. Такая обработка листового материала проходит с наибольшей скоростью и наименьшими энергозатратами.

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

### Рисунок 3 – Пробивной и формовочный инструмент

Лазерная резка – это технология, используемая для обработки металлических заготовок и других различных деталей с помощью лазерного луча.

Главное преимущество лазерной резки в том, что с её помощью можно выполнять вырезы сложной формы без ограничений. Вырезы получаются ровными, без следов обработки, в отличие от пробивного инструмента. Также прорезы шириной менее 1,5 мм следует выполнять с помощью лазерной резки, так как пробивной инструмент малого размера нетехнологичен. Ещё одним преимуществом лазерной резки является то, что имеется возможность сделать проемы и отверстия после гибки в тех случаях, когда они находятся близко к сгибам заготовки и могут деформироваться (вытянуться).

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>20</i>

#### Рисунок 4 – Лазерная резка

Покраска изделия также является немаловажным этапом листообработки.

Обычно для окраски алюминиевых корпусов для РЭА рекомендуется использовать эмали МЛ-12 по ГОСТу 9765-76 и эмаль ПФ-115 по ГОСТу 6465-76.

Основное предназначение эмали МЛ-12 – покраска автомобилей, которые предварительно прошли обработку грунтовкой или поверх грунтового покрытия был нанесен шпаклевочный материал. Также она отлично подходит и применяется для покраски различных металлических поверхностей, которые находятся как внутри помещений, так и на поверхностях, подвергающихся воздействию атмосферных явлений. Эмаль применяют для декоративной покраски, защиты, а также для исправления дефектов металлических поверхностей, которые ранее имели лакокрасочное покрытие.

Изделия, покрашенные эмалью МЛ-12, имеют качественное глянцевое покрытие, высокое сцепление с обрабатываемой поверхностью, хорошую защиту от внешних факторов, а также приобретают яркий и насыщенный цвет. Данное лакокрасочное покрытие обладает атмосферостойкостью и устойчивостью к моющим средствам и маслам. Пленка эмали МЛ-12 обладает стойкостью к изменениям температуры в границах от -60 °С до +60 °С, при этом не теряя свои

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21



свойства. Поверхности после покрытия эмалью и последующего высыхания получаются однородными, без расслаиваний и др., бывает мелкая шагрень.

Таблица 3 – Технические характеристики эмали МЛ-12

Параметры		–
Вязкость при температуре 20 °С, с		70-100
Массовая доля нелетучих веществ в зависимости от цвета, %.		44-59
Степень перетира не более, мкм		10
Время высыхания при температуре (130-135) °С, мин.		35
Укрывистость высушенной пленки, г/м <sup>2</sup> .		40-100
Расход, г/м <sup>2</sup> .		120-150
Эластичность пленки при изгибе не более, мм.		3
Прочность пленки при ударе по прибору типа У-1 не менее, см		45
Твердость пленки по маятниковому прибору типа ТМЛ (маятник А) не менее, отн. ед.,		0,21
Адгезия покрытия не более, баллы		1
Блеск пленки, не менее %	для эмали защитной	35-45
	для цветной эмали	58
Стойкость пленки при температуре (20+2) °С к статическому воздействию жидкостей не менее, ч.	вода	48
	бензин	8
	индустриальное масло	48

Рисунок 5 – Эмаль МЛ-12

Эмаль ПФ-115 представляет собой одноупаковочный материал на основе алкидных смол. Данную эмаль рекомендуется применять для окраски различных

поверхностей: металлических, деревянных, бетонных, кирпичных и др., которые подвергаются воздействию атмосферных явлений, но при этом разрешается её использование во внутренних отделочных работах.

Окрас этой эмалью придаст устойчивость к атмосферным воздействиям и высокую стойкостью к различным химическим средствам. Если на подготовленную загрунтованную металлическую или любую другую поверхность нанести два слоя эмали ПФ-115, то защитные характеристики сохранятся вплоть до 4-х лет. Несомненно, преимуществом данной эмали является стойкость к перепадам температуры в диапазоне от -50 °С до +60 °С, без утраты свойства блеска.

Таблица 4 – Технические характеристики эмали ПФ-115

Параметр	–
Уровень блеска, %.	от 50,5
Вязкость при температуре 20 °С, с.	60-123
Время высыхания при 20 °С, ч.	24
Твердость, отн. ед.	0,20-0,25
Ударопрочность, см.	40
Укрывистость, г/м <sup>2</sup> .	60-115
Расход, г/м <sup>2</sup> .	100-200
Температура основания при нанесении, °С.	от +5 до +35
Условия эксплуатации, °С.	от -50 до +60

Рисунок 6 – Эмаль ПФ-115

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

### 1.3. Анализ серийно применяемых решений. Обеспечение унификации

Понятие унификации для техники (согласно ГОСТу 23945.0-80): «Унификация изделий – приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей».

Основной принцип унификации изделий – ограничение множества различных частных решений поставленных задач на каждой ступени проектно-конструкторской работы общими качествами и признаками, приводящими конструкцию в единый порядок типовых изделий. Метод заимствования основывается на применении уже существующих деталей к проектируемой конструкции.

Определим главные цели унификации:

- повышение качества;
- сокращение экономических затрат;
- проектирование и изготовление изделия в более короткие сроки;
- взаимозаменяемость деталей;
- обоснованное и разумное удерживание объёма выпускаемых изделий.

Итак, основываясь на принципе и главных целях унификации и для его достижения мы будем использовать ранее созданные и серийно применяемые изделия на заводе АО «ЧРЗ «Полёт»: амортизаторы, держатели разрядников планки, платы для единичного индикатора, кнопки, клеммы заземления, пружины, стойки, опоры и т.д. А также различные покупные элементы: втулки, винты, шайбы, гайки, держатели вставок плавких, заглушки для вилок и розеток, заклёпки, и многое др. Для большей наглядности приведем некоторые примеры с конкретным указанием десятичных номеров, ГОСТов и их ТУ.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Серийно применяемые изделия:

Рисунок 7 – Планка монтажная (ТЖЗ.660.024)

Рисунок 8 – Плата для единичного индикатора (ТБИС.468732.012)

Рисунок 9 – Стойка (ТБИС.746612.056)

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>25</i>

Покупные и серийно применяемые изделия:

Рисунок 10 – Втулка (ОСТ 4Г 0.822.009)

Рисунок 11 – Держатель вставки плавкой ДВП4-1В (УВМК.646116.01 ТУ)

Рисунок 12 – Заклёпка 1,6x5.32.11 (ГОСТ 12641-80)

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>26</i>

## 2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Компоновка ЭРЭ внутри блока ДП

Компоновка ЭРЭ является немаловажной частью в процессе конструирования, во время которого определяются массогабаритные характеристики, а также взаимное расположение ЭРЭ внутри блока.

Чем качественнее будет выполнена компоновка ЭРЭ, тем выше будет надежность и ремонтпригодность всего изделия, а также от качества компоновки зависят технические, технологические и эксплуатационные характеристики.

Компоновка ЭРЭ внутри блока ДП была выполнена с опорой на выданную схему электрическую принципиальную таким образом, чтобы обеспечить требуемые массогабаритные параметры, высокую ремонтпригодность, оптимальный тепловой режим, а также минимальную длину цепей электрической коммутации.

Элементы устанавливаем, предварительно сняв панель блока ДП.

Разъемы под ЛС ДКРМ, ЛС КРМ, RS-485 ДГРМ, RS-485 КРМ, ПОУ, под сеть 220 В 50 Гц, заземление, держатели с разрядниками, а также под предохранители устанавливаем на заднюю панель блока ДП. Так же, как и в предыдущем блоке ДП, для удобства подключения и эксплуатации отверстия под ЭРЭ были сгруппированы по блокам. А также устанавливаем шильдик с серийным номером блока ДП.

Рисунок 13 – Вид ЭРЭ на задней панели блока ДП

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>27</i>

Рисунок 14 – Вид на ЭРЭ с внутренней стороны

На переднюю панель блока ДП устанавливаем полупроводниковые излучатели (АЕЯР.432230.501 ТУ), тумблер П2Т1-1-1В и предохранители. ЭРЭ также были сгруппированы по блокам.

Рисунок 15 – Вид ЭРЭ на передней панели блока ДП

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>28</i>

Рисунок 16 – Вид на ЭРЭ с внутренней стороны

Далее устанавливаем источник питания ТБИС.436381.020 (см. рис. 45) на основание блока ДП в соответствующие отверстия, сняв одну из боковых стенок. При установке используются стойки, винты и шайбы. Также к источнику питания при монтаже устанавливаются розетка РП10-15ЛУ и вилка РП10-22ЛУ.

Рисунок 17 – Источник питания ТБИС.436381.020

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>29</i>



Рисунок 18 – Вид сбоку на установленный источник питания ТБИС.436381.020

Рисунок 19 – Вид сверху на установленный источник питания ТБИС.436381.020 с розеткой РП10-15ЛУ и вилкой РП10-22ЛУ

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>30</i>

На одну из боковых стенок устанавливаются монтажные планки ТЖЗ.660.024 (рис. 7) с помощью винтов. На данные планки при монтаже устанавливаются радиоэлементы, в нашем случае резисторы, диоды и разрядники.

Рисунок 20 – Вид на установленные монтажные планки

На другую боковую стенку устанавливаем устройство тональное вызывное постоянного тока ТВУ-24 ТБИС.468231.002 (см. рис. 21) с помощью винтов. Под устройство клеится (клей 88-НП ТУ 38 105540-85) прокладка (радиоткань 35078 сорт 1 ТУ 17-04-44-90) размером 40x40.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>31</i>

Рисунок 21 – ТВУ-24 ТБИС.468231.002

Рисунок 22 – Вид на ТВУ-24 ТБИС.468231.002

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>32</i>

И последним устанавливается панель с элементами индикации и управления.  
Панель крепится с помощью стандартных винтовых соединений.

Рисунок 23 – Готовая конструкция блока ДП

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>33</i>

## 2.2. Разработка передней панели с элементами индикации и управления

Передняя панель состоит из двух частей: основной части с элементами индикации и управления и ответной части с вилкой СНО58-46/135x13В-25-1-В по ТУ БРО.364.021. Рассмотрим основную часть.

Панель с элементами индикации и управления – это одна из основных деталей в конструкции блока ДП. Она изготавливается из листа алюминия марки АМг6 толщиной 2 мм по ГОСТу 21631-76. Покрытие панели: Хим.Окс.Э/эмаль МЛ-12 светло-дымчатая. Ш. УХЛ1. ГОСТ 9754-76. На самой панели была выполнена гравировка и предусмотрены отверстия, места расположения которых соответствуют выданному эскизу. Также есть отверстия с зенковкой под винты с потайной головкой для мест крепления.

Рисунок 24 – Эскиз панели с расположением элементов индикации и управления

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>34</i>

Рисунок 25 – Панель управления (основная часть)

С обратной стороны панели устанавливаются кнопки с помощью стоек, планок и винтов. Между кнопкой и планкой ставится пружина, которая выполняет функцию возвратного механизма. На рис. 26 показан образец установки кнопки.

Рисунок 26 – Установка кнопки на панель

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>35</i>

Рисунок 27 – Панель с установленными кнопками

Рисунок 28 – Панель с установленными кнопками (тыльная сторона)

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>36</i>

Далее следует установка платы приёмопередатчика ТБИС.468352.021 (рис. 29). В плате предусмотрено 6 отверстий для крепления её к панели с помощью стоек (рис. 9) и винтов, но при проектировании выяснилось, что одно из отверстий на плате мешает нанесению гравировки на панели, так как место крепления платы с панелью совпадает с областью гравировки. Решением данной проблемы послужила замена стойки опорой (рис. 30), что позволило сместить крепление платы к панели от места гравировки, не утратив надёжность крепления.

Рисунок 29 – Плата приёмопередатчика ТБИС.468352.021

Рисунок 30 – Опора 11.04.03.2020.596.01.13

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
						<i>37</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 31 – Панель с установленной платой

Рисунок 32 – Панель с установленной платой (тыльная сторона)

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

Теперь рассмотрим ответную часть панели с вилкой СНО58-46/135x13В-25-1В по ТУ БРО.364.021. Материал и покрытие аналогично основной части. Таким же образом были предусмотрены отверстия и выполнена гравировка.

К самой панели крепится вилка с помощью угольника (рис. 33), винтов с гаечным соединением. Для надежности крепления используются шайбы плоские и пружинные. Также к панели на клей крепится диод с платой (рис. 8).

Рисунок 33 – Угольник 11.04.03.2020.596.01.16

Рисунок 34 – Вилка СНО58-46/135x13В-25-1В по ТУ БРО.364.021

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>39</i>

Рисунок 35 – Ответная часть панели

Рисунок 36 – Ответная часть панели (тыльная сторона)

На рис. 37 и 38 показана сборка основной части с ответной.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>40</i>

Рисунок 37 – Панель в сборе

Рисунок 38– Панель в сборе (тыльная сторона)

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>41</i>

### 2.3. Разработка конструкции блока ДП

По выданному техническому заданию необходимо модернизировать конструкцию блока ДП. Под словом модернизация понимается полная замена старой конструкции блока ДП, так как вводятся новая плата приёмопередатчика и источник питания. Соответственно, изменяются конструктивные требования.

При разработке конструкции блока ДП необходимо выполнить следующие конструктивные требования:

- Габариты блока ДП: длина не более 260 мм, ширина не более 290 мм, высота не более 160 мм; масса блока ДП не более 3 кг; материал конструкции блока ДП – листовой алюминий;
- Блок должен быть выполнен в виде настольной конструкции;
- В верхней части блока должна размещаться индикация и элементы управления;
- Конструкция блока должна быть обеспечена защитным заземлением;
- Конструкция блока должна обеспечивать оперативную замену платы приемопередатчика;
- Конструкция блока должна быть унифицирована с изделиями, изготавливаемыми на АО «ЧРЗ» Полет».

Также нужно выполнить требования к внешним воздействиям и испытаниям:

- Блок диспетчерского пункта должен быть устойчивым к изменениям температуры от минус 50 °С до плюс 65 °С в течение 2 часов;
- Блок диспетчерского пункта должен быть устойчивым на воздействие повышенной влажности от 95% до 98% в течение 10 суток;
- Блок диспетчерского пункта должен быть устойчивым к вибрации на одной частоте, лежащей в диапазоне от 20 до 25 Гц, при ускорении 2g и времени испытания 30 мин.

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Таким образом, рассмотрев вышеперечисленные требования, напрашивается вывод о том, что разрабатываемый корпус будет иметь относительно простую в исполнении конструкцию.

Разработка новой конструкции производилась на основе предыдущего корпуса, который был разработан и серийно выпускался на заводе АО «ЧРЗ» Полёт». Следовательно, этот корпус прошел все испытания и удовлетворяет всевозможным конструкторским и техническим требованиям. Корпус был выполнен в виде настольной конструкции, а также элементы индикации и управления располагались в верхней части блока ДП, что соответствует техническому заданию и упрощает разработку.

Рисунок 39 – Предыдущая конструкция блока ДП

По техническому заданию, блок ДП должен быть устойчивым к изменениям температуры от минус 50 °С до плюс 65 °С в течение 2 часов. Также необходимо обеспечить устойчивость на воздействие повышенной влажности от 95% до 98% в

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>43</i>

течение 10 суток. При работе блока ДП заметную тепловую энергию будет выделять только источник питания ТБИС.436381.020 (см. рис. 17). На радиоэлементы будет наноситься водоотталкивающий лак, и в дополнение ко всему на боковых стенках конструкции блока ДП предусмотрены отверстия, которые выполняют функцию естественной конвекции, что гарантирует выполнение требуемых условий.

Следующим требованием к блоку ДП является его устойчивость к вибрации на одной частоте, лежащей в диапазоне от 20 до 25 Гц, при ускорении 2g и времени испытания 30 мин. Решением данной задачи являлось использование ножек (амортизаторы, см. рис. 40) по опыту предыдущего блока ДП. Он также был выполнен в виде настольной конструкции, прошел все испытания и подвергался перевозкам.

Рисунок 40 – Амортизатор А0-10 (Н4.450.000 ТУ)

Конструкция блока ДП состоит из 4 основных деталей – это кожух, боковая стенка (2 шт.), основание и панель, которую мы рассмотрели в предыдущем параграфе. Данный корпус имеет следующие массогабаритные характеристики: 253 мм в длину, 285 мм в ширину, 159 мм в высоту и массу в 2,5 кг, что полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям. Все детали, как и панель, изготавливаются из листа алюминия марки АМг6 толщиной 2 мм по ГОСТу 21631-

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>44</i>

76. Покрытие: Хим.Окс.Э/эмаль МЛ-12 светло-дымчатая. III. УХЛ1. ГОСТ 9754-76.

Рассмотрим кожух. Форма была выбрана по аналогии с предыдущим корпусом блока ДП. Кожух является центральной деталью, к которой крепятся боковые стенки, основание и панель.

Рисунок 41 – Кожух (вид спереди)

Рисунок 42 – Кожух (вид сзади)

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>45</i>



Рисунок 43 – Кожух (вид сбоку)

Рисунок 44 – Кожух (вид сверху)

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>46</i>

Рисунок 45 – Кожух (общий вид)

Далее рассмотрим основание. Основание и ножки (амортизаторы, см. рис. 7) одновременно крепятся при помощи соответствующих винтов. Также к кожуху крепятся 10 втулок под винты. Назовём данную конструкцию корпус №1.

Рисунок 46 – Основание блока ДП

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>47</i>

Рисунок 47 – Корпус №1

Следующая основная деталь конструкции блока ДП – это боковая стенка (2 шт.). Боковые стенки крепятся к кожуху при помощи опор (рис. 48) и винтов, на каждую стенку приходится по четыре опоры. Данную конструкцию будем называть корпус № 2.

Рисунок 48– Опора ТБИС.41125.210

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>48</i>

Рисунок 49 – Боковая правая стенка

Рисунок 50 – Боковая левая стенка

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>49</i>

Рисунок 51 – Корпус №2

Теперь устанавливаем последнюю основную деталь блока ДП – панель индикации и элементов управления. Панель крепим к корпусу №2 с помощью винтов. Эту сборку назовем корпус №3.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>50</i>

Рисунок 52 – Корпус №3

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>51</i>

## 2.4. Расчёт прочности блока ДП в САПР

Расчёт прочности блока ДП будем проводить в САПР Autodesk Inventor в программной среде «Анализ напряженности». Расчёт в данной программной среде выполняется методом конечных элементов. Для расчета прочности создадим новое моделирование, зададим фиксации и нагрузку на корпус блока ДП, а также зададим свойства сетки для повышения точности результата. После выполнения моделирования мы сможем просмотреть результаты расчета: напряжения, смещения и др. Но в данном случае интерес представляют такие параметры как смещение и коэффициент запаса прочности.

Итак, для расчёта прочности блока ДП необходимо приложить определенную силу давления. Для нахождения силы давления воспользуемся следующей формулой:

$$F = mg, \quad (1)$$

где  $m$  – масса тела (кг),  $g$  – ускорение свободного падения ( $9,8 \text{ м}^2/\text{с}$ ).

Опираясь на данные технического задания, где ускорение свободного падения равно  $2g$ , получим расчётную формулу:

$$F = 2mg, \quad (2)$$

Масса блока ДП равна  $2,5 \text{ кг}$ . Подставив значения в формулу 2, получили значение, равное  $49 \text{ Н}$ .

Полученную силу давления в  $49 \text{ Н}$  в первом случае приложим на панель блока ДП, во втором случае на боковую стенку и в третьем случае на переднюю часть конструкции. Результаты (см. таблицу 5) с соответствующими графиками и приложенной силой давления представлены ниже.

В первом случае опоры устанавливаем на амортизаторы блока ДП.

Рисунок 53 – Смещение при силе давления в 49 Н на панель блока ДП

Рисунок 54 – Коэффициент прочности при силе давления в 49 Н на панель блока ДП

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>53</i>



Во втором случае опору устанавливаем на противоположной стенке корпуса.

Рисунок 55 – Смещение при силе давления в 49 Н на боковую стенку блока ДП

Рисунок 56 – Коэффициент запаса прочности при силе давления в 49 Н на боковую стенку блока ДП

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>54</i>

В третьем случае опору устанавливаем на заднюю часть конструкции.

Рисунок 57 – Смещение при силе давления в 49 Н на переднюю часть блока ДП

Рисунок 58 – Смещение при силе давления в 49 Н на переднюю часть блока ДП

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>55</i>

Таблица 5 – Результаты прочностного расчета

Параметр	Панель	Боковая стенка	Передняя часть конструкции
Максимальное смещение, мм	0,60	0,30	0,02
Минимальный коэффициент прочности	1,26	0,86	5,00

Таким образом, из полученных результатов можно сделать вывод, что корпус блока ДП выдерживает силу давления в 49 Н. Видимых повреждений не наблюдается. Устройство можно продолжать эксплуатировать.

## 2.5. Расчёт теплового режима блока ДП в САПР

Расчёт теплового режима блока ДП будем проводить в САПР SOLIDWORKS в программной среде Simulation. Расчёт в данной программной среде также выполняется методом конечных элементов. Для расчёта теплового режима создадим новое моделирование, зададим тепловые нагрузки, а также зададим свойства сетки для повышения точности результата.

В блоке ДП наибольшую тепловую энергию будет выделять источник питания ТБИС.436381.020 (см. рис. 16), а именно модули электропитания, находящиеся на плате источника питания. Их всего четыре: МАА30-1С27СБП (А), МДМ7,5-1В05МП (Б – 2 шт.), МДМ5-2В1515МП (В) по БКЯЮ.436630.001 ТУ. На рис. 59 показано их месторасположение.

А

Б

В

Рисунок 59 – Расположение модулей питания на плате источника питания

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Итак, для расчёта теплового режима блока ДП необходимо выяснить мощность, которая будет выделяться в тепло. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$P_t = P_{\text{вых}} \cdot (1 / \text{КПД} - 1), \quad (3)$$

где  $P_{\text{вых}}$  – выходная мощность (Вт), КПД – коэффициент полезного действия.

Модуль МАА30-1С27СБП даёт выходную мощность в 30 Вт, а МДМ7,5-1В05МП и МДМ5-2В1515МП по 7,5 Вт и 5 Вт соответственно. КПД данных модулей электропитания равен 80% (0,8).

Подставив значения в формулу 3, получили следующие значения: для модуля МАА30-1С27СБП мощность, выделяемая в тепло, равна 7,5 В, для МДМ7,5-1В05МП и МДМ5-2В1515МП по 1,875 Вт и 1,25 Вт соответственно.

Далее зададим следующие тепловые нагрузки: естественную конвекцию в 293 К (+20 °С), теплопроводность воздуха в 0,2 Вт/(м<sup>2</sup>·К) и соответствующие мощности, выделяемые в тепло, на модули электропитания (7,5 Вт, 1,875 Вт и 1,25 В). Результат расчёта представлен на рис. 60 и 61.

Рисунок 60 – Результат теплового расчета (вид изометрия)

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Рисунок б1 – Результат теплового расчета (вид сверху)

Видно, что наиболее тепловыделяемым модулем электропитания является модуль МАА30-1С27СБП. Максимальная температура достигает +68 °С при непрерывной работе на максимальной мощности. Стоит отметить, что диапазон рабочих температур модулей электропитания от -50 °С до +85 °С.

Таким образом, тепловой расчёт показал, что в корпусе блока ДП обеспечивается нормальный тепловой режим. В использовании дополнительной вентиляции нет необходимости.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>59</i>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта была заново разработана конструкция блока ДП. Выполнена компоновка ЭРЭ, обеспечивающая минимальные весогабаритные характеристики, а также высокую степень ремонтпригодности и удобство при эксплуатации изделия.

Была смоделирована трехмерная модель конструкции блока ДП, которая облегчила процесс проектирования путем визуализации разрабатываемого устройства. На основе данной трехмерной модели был разработан комплект конструкторской документации.

При разработке блока ДП были учтены конструкторские и технологические требования, а именно минимизирован объём изделия, благодаря чему повысилось удобство в эксплуатации и транспортировке. В результате этого был уменьшен объём используемых материалов. Следовательно, себестоимость изделия несколько уменьшилась.

Были произведены расчёты в САПР: расчёт на прочность и расчёт теплового режима блока ДП. Результаты данных расчётов показали, что конструкция обеспечена защитой от механических воздействий, в корпусе поддерживается оптимальный тепловой режим. Это доказывает возможность длительной эксплуатации изделия и полностью соответствует поставленным заказчиком задачам.

					<i>11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гелль П.П. Конструирование и микроминиатюризация РЭА: Учебник для вузов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние. 1984. – 536 с.: ил.
2. Глудкин О.П. и др. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование: Учеб. пособие для вузов – М.: Радио и связь, 1987. – 272 с.: ил.
3. ГОСТ 11371-38. Шайбы. Технические условия. – Издание официальное. – Шайбы и контрящие элементы. Технические условия. Конструкция и размеры: Сб. стандартов. – М.: Стандартиформ, 2006 г. – 10 с.
4. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Издание официальное – М.: Стандартиформ, 2006 г. – 59 с.
5. ГОСТ 17473-80. Винты. Технические условия. – Издание официальное. – М.: Изд-во стандартов, 1989 г. – с.
6. ГОСТ 17475-80. Винты. Технические условия. – Издание официальное. – М.: Стандартиформ, 2008 г. – 7 с.
7. ГОСТ 23592 – 96. Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Общие требования к объемному монтажу изделий электронной техники и электротехнической. – Издание официальное. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г. – 16 с.
8. ГОСТ 5927-70. Гайки. Технические условия. – Издание официальное. – М.: Стандартиформ, 2010 г. – 5 с.
9. ГОСТ 6402-70. Шайбы пружинные. Технические условия. – Издание официальное. – Шайбы и контрящие элементы. Технические условия. Конструкция и размеры: Сб. стандартов. – М.: Стандартиформ, 2006 г. – 11 с.
10. Единая система конструкторской документации. Общие положения: ГОСТ 2.401-68. – Издание официальное. – М.: Стандартиформ, 2018. – 6 с.

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61



11. Журнал АО «Челябинский радиозавод «Полёт»/ Наука и транспорт// Раздел «Навигация и управление воздушным движением». – 2013. – №3 (7). 30-32.

12. Испытания радиоэлектронных средств на воздействие внешних факторов: учебное пособие / Б.В. Пермяков. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 43 с.

13. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 432 с.: ил.

14. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016. /Составители: Дмитрий Зиновьев – Москва: Изд-во «ДМК Пресс», 2017. – 256 с.

15. ОСТ 4Г 0.822.001. Втулки резьбовые. Руководство по выбору. – Издание официальное. – М.: Редакция 1-73, 1983. – 150 с.

16. ОСТ 4Г О.070.014. Детали радиоэлектронной аппаратуры. Общие технические условия. – М.: Редакция 2-75, 1992 г. – 15 с.

17. ОСТ 4Г О.070.015. Сборочные единицы радиоэлектронной аппаратуры. Общие технические условия. – М.: Редакция 2-75, 1992 г. – 9 с.

18. Проектирование и технология РЭС: Методические указания по дипломному проектированию / Составители: Б.В. Пермякова, В.Н. Степаненко; под ред. Б.В. Пермякова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. – 40 с.

19. СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт предприятия. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к оформлению. / Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

20. Токарев М.Ф., Тамицкий Е.Н. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.: ил.

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

## ЛИСТ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

- БДП – блок диспетчерского пункта;  
ДП – диспетчерский пункт;  
ДГРМ – дальномерно-глиссадный радиомаяк;  
КРМ – курсовой радиомаяк;  
ДУ – дистанционное управление;  
КДП – командно-диспетчерский пункт;  
ЛС – линия связи;  
МУ – местное управление;  
ОУ – оперативное управление;  
ПОУ – пульт оперативного управления;  
ПП – приемопередатчик;  
ПРД – передатчик;  
ПРМ – приемник;  
ПРМГ – посадочная радиомаячная группа;  
РД – радиодальномер;  
РМ – радиомаяк;  
РЭ – руководство по эксплуатации;  
ТВУ – тональное вызывное устройство;  
ТУ-ТС – телеуправление и телесигнализация.

					11.04.03.2020.596.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63