

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Беруни**

АВИАЦИОННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Шейхалиев Иззет Назимович

**ДИССЕРТАЦИЯ
НА СОИСКАНИЕ АКАДЕМИЧЕСКОЙ СТЕПЕНИ МАГИСТРА**

на тему: **“Анализ недостатков и усовершенствование бортового связного
оборудования воздушного судна”**

Специальность: 5А310403 – «Техническая эксплуатация авиационных
электросистем и пилотажно-навигационных комплексов»

Научный руководитель: д.т.н. проф. М.И. Ибадуллаев

Ташкент-2015

АННОТАЦИЯ

Данная диссертационная работа магистра посвящена анализу отказов радиосвязного оборудования вертолетов Ми-8МТВ, находящиеся на эксплуатации в данный момент.

Изучены виды РСО, приведены примеры оборудования, эксплуатируемые на других типах воздушных судов. В ходе проведенных исследований, на базе авиационного ремонтного предприятия (АРП), была выявлена статистика отказов радиосвязного оборудования (РСО), применяемого на вертолётах Ми-8МТВ, за последние 10 лет.

После детального анализа отказов были выявлены основные характерные закономерности, что в свою очередь позволило выявить изделия, которые наиболее часто выходят из строя, т.е. имеют пониженную степень надежности.

Проведены расчет надежности и экспериментальные исследования усовершенствованного варианта схемы РСО, что позволило повысить степень надежности, уменьшить массу и габариты РСО.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ К РАДИОСВЯЗНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ	
1.1 Назначение и характеристики радиосвязного оборудования ...	6
1.2 Требования к радиосвязному оборудованию.....	28
Глава 2. АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ОТКАЗОВ РАДИОСВЯЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
2.1 Общие сведения об отказах	33
2.2 Факторы, влияющие на отказы РЭО	37
Глава 3. АНАЛИЗ ОТКАЗОВ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ РСО	
3.1 Анализ отказов самолетного магнитофона МС-61	46
3.2 Анализ отказов речевого информатора РИ-65Б	50
3.3 Анализ отказов УКВ радиостанции «Баклан-20»	54
3.4 Анализ отказов КВ радиостанции «Ядро-1А»	59
3.5 Анализ отказов самолетного переговорного устройства СПУ-7 .	76
Глава 4. ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ СПУ-7	
4.1 Методы устранения недостатков существующего РСО.....	80
4.2 Разработка принципиальной схемы с повышенной степенью надежности.....	88
4.3 Усовершенствование абонентского аппарата СПУ-7.....	95
4.4 Расчёт на надёжность предложенных схем СПУ-7.....	100
4.5 Моделирование разработанной схемы и снятие основных характеристик блока усилителя СПУ-7	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	110

ВВЕДЕНИЕ

Радиосвязное оборудование

предназначается для двустороннего обмена информацией между экипажем летательного аппарата и

наземными радиостанциями и другими летательными аппаратами, а также для внутренней связи между членами экипажа в полёте и на земле. В гражданской авиации и

используются следующие диапазоны радиочастот: 2—30 МГц—

для дальней связи (на расстояниях до 3000 км); 118—137 МГц—

основной, для оперативной связи в пределах прямой радиовидимости; 1530—

1670 МГц— для связи через ИСЗ; 325—530 кГц—

для связи в полярных и приполярных районах при нарушении связи в диапазоне 2—30 МГц. [6]

Состав бортового РСО, его технические характеристики и процедуры радиообмена для самолётов гражданской авиации определяются нормами ИКАО, регламентом радиосвязи и нормами лётной годности. В обязательный минимальный состав бортового РСО пассажирских самолётов входят:

- радиостанция диапазона 118—137 МГц (два комплекта);

- радиостанция диапазона 2—

30 МГц (при полётах на сложных трассах для резервирования устанавливается второй комплект, а при полётах в полярных районах радиостанция диапазона 325—530 кГц);

- аппаратура внутренней связи;

-

портативная радиостанция для авиационной связи и подача сигналов бедствия на частотах 121,5 и 243 МГц (входит в аварийное снаряжение экипажа).

Тенденции развития авиационного оборудования в целом и радиосвязного в частности при расширении функциональности требуют снижения его стоимости и массы. Традиционный подход к построению

радиосвязного оборудования является неэффективным с точки зрения стоимости, массогабаритных характеристик, потребляемой мощности и наращивания его функциональных возможностей. Приборостроение должно перейти на новый технологический уровень на основе используемых инновационных и концептуальных решений, что является актуальной задачей.

Целью диссертации является анализ отказов радиосвязного оборудования с подробным расчетом надежности, разработка методов по их устранению и предложение модели усовершенствованного РСО.

Для выполнения поставленной цели задачами исследований являются:

- исследование радиосвязного оборудования «вертолетной авиации»;
- анализ типовых отказов радиосвязного оборудования;
- анализ причин возникновения отказов радиосвязного оборудования;
- рекомендации по улучшению качества связи;
- разработка на основе анализа схемного решения, выполнение моделирования полученной схемы.

Научная новизна работы заключается в том, что в данной работе были выполнены расчеты надежности и моделирование блока усилителя СПУ-7и предложено модернизированное схемное решение.

Объектом исследования являются радиосвязное оборудование вертолета Ми-8МТВ.

Методика исследования.

Статистические данные, полученные в ходе проведенных исследований на АРП, выполнен анализ полученных данных, расчеты на надежность по классической методике, и проведено компьютерное моделирование.

Практическая ценность работы состоит в том, что предложенная схема позволяет повысить надежность всей системы радиосвязного оборудования ВС, также она позволяет снизить массу и габариты оборудования.

Публикации. Основные результаты исследований, выводы и рекомендации доложены и опубликованы в 2 печатных работах: «В сборниках научных трудов профессорско-преподавательской научно-практической конференции 2013- 2015гг.[3]

ГЛАВА 1. ТРЕБОВАНИЯ К РАДИОСВЯЗНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

§1.1. Назначение и характеристики радиосвязного оборудования.

Все радиостанции, устанавливаемые на самолетах или вертолетах, можно классифицировать по назначению, роду работы и диапазону рабочих волн.

По назначению радиостанции разделяются на командные и связные; по роду работы — на телефонные и телеграфно-телефонные; по диапазону рабочих волн — на коротковолновые и ультракоротковолновые (диапазон средних волн почти не используется).[16]

Командные радиостанции предназначаются для управления самолетами (вертолетами) на различных этапах полета: при взлете и посадке, при групповом полете по маршруту и т. д. С помощью командной радиостанции обеспечивается связь большого числа корреспондентов и работа в нескольких сетях связи. Связь в различных сетях осуществляется поочередно. Каждая сеть командной связи имеет свою рабочую волну. Командная радиостанция находится в распоряжении командира экипажа. Она работает в телефонном режиме. Связная радиостанция находится в распоряжении радиста и служит для связи с землей на большие расстояния.

Виды радиосвязного оборудования

На сегодняшний день на летательные аппараты устанавливаются различные типы связного оборудования, которое можно условно поделить на следующие основные типы:

- радиостанции для осуществления ближней связи;
- радиостанции для осуществления дальней связи;
- аварийные радиостанции;
- передатчики для работы с системой КОСПАС/SARSAT;
- оборудование для спутниковой связи;
- внутрисамолетные средства связи.

Причем следует обратить внимание на условность данной

классификации. Некоторые типы радиосвязного оборудования выполнены так, что они с одинаковым успехом могут быть отнесены к нескольким видам одновременно. Например, передатчики для работы совместно с системой КОСПАС/SARSAT могут конструктивно объединяться с аварийными радиостанциями, что зачастую и делается. Или, например, существуют типы связных радиостанций, которые могут работать как в коротковолновом диапазоне частот (используемых для осуществления дальней связи), так и ультракоротковолновом частотном диапазоне (предназначенном для осуществления ближней связи).

Необходимо отметить, что проведение технической диагностики каждого типа радиосвязного оборудования имеет свои особенности, обусловленные функциональным назначением оборудования, принципом его работы, а также рядом других факторов.

Знание принципов работы радиоэлектронного оборудования при создании системы технического диагностирования имеет первостепенное значение, так как это позволяет выделить характеристики и параметры радиооборудования, которые наиболее важны для выполнения им своих функций. Знание важности контроля того или иного параметра позволит упростить выбор минимальной совокупности диагностических параметров.

Принципы работы некоторого оборудования, например, передатчиков для системы КОСПАС/SARSAT в существующей литературе освещаются не достаточно хорошо и в настоящей работе приводятся некоторые сведения о работе данной системы.

Проводя анализ работы аварийного радиомаяка для работы с системой КОСПАС/SARSAT нетрудно определить, что первостепенное значение для обеспечения правильной его работы имеет стабильность частоты излучаемых им высокочастотных сигналов (а также формат кода, передаваемого в информационном сигнале).

Ниже кратко рассмотрены применяемые в настоящее время конкретные

типы радиосвязного оборудования, с указанием при необходимости особенностей их работы

Радиостанции ближней связи

Радиостанции для ближней связи предназначены для ведения радиосвязи экипажами воздушных судов между собой и службами управления воздушным движением на расстоянии в пределах около 300км. В настоящее время имеется большое количество видов эксплуатируемых радиостанций ближней связи. Некоторые из них описаны ниже.

Радиостанция «Баклан». Бортовая радиостанция МВ диапазона «Баклан» (см. рис. 1.1.1.)предназначена для обеспечения беспойсковой и бесподстроечной радиосвязи экипажами летательных аппаратов между собой и со службами управления воздушным движением. Радиостанция «Баклан» одна из наиболее распространенных радиостанций ближней связи, используемых на сегодняшний день. Радиостанция работает в симплексном режиме, то есть одновременно можно либо передавать, либо принимать.



Рис. 1.1.1. УКВ радиостанция «Баклан».

Существуют два варианта радиостанции «Баклан» - «Баклан-5» и «Баклан-20» (у радиостанции «Баклан-5» выходная мощность передатчика составляет 5 Вт, а у «Баклан-20» - 16 Вт). В состав комплекта радиостанции входят: приемопередатчик, пульт дистанционного управления, амортизационная рама и дополнительный усилитель низкой частоты, который закрепляется снизу на амортизационной раме. [21]

Комплект может быть одинарным или сдвоенным, в случае сдвоенного

комплекта в состав радиостанции будут входить по два приемопередатчика, пульта дистанционного управления и дополнительных УНЧ, а амортизационная рама будет сдвоенной. Пульт дистанционного управления может быть удален от радиостанции на расстояние до 40 м.

Управление радиостанцией осуществляется в основном с пульта дистанционного управления и при помощи кнопки «прием-передача», нажатие которой переводит радиостанцию из режима «прием» в режим «передача». Кнопка «прием-передача» располагается на штурвале (или рычаге) управления. Кроме этого к органам управления радиостанцией можно отнести тумблер включения питания радиостанции и регуляторы глубины модуляции и уровня самопрослушивания (регуляторы расположены на передней панели).

Для устранения шумов в головных телефонах, при отсутствии корреспондента на линии связи, в радиостанции предусмотрен подавитель шума. С пульта дистанционного управления осуществляется выбор требуемого канала связи (установка требуемой частоты работы радиостанции), и производится включение/выключение подавителя шума.

Частотой работы радиостанции управляют с помощью двух ручек установки частоты. Включение/выключение подавителя шума производится с помощью тумблера «ПШ».

Приемник радиостанции рассчитан на работу с нагрузкой 600 Ом. Для работы радиостанции на головные телефоны предназначен дополнительный УНЧ, который выпускается в двух вариантах - для работы на низкоомные, или высокоомные головные телефоны. Если в СПУ (самолетном переговорном устройстве) имеется свой усилитель низкой частоты, или имеется необходимость работы радиостанции на нагрузку 600 Ом, то радиостанция дополнительным УНЧ не комплектуется.

При отсутствии в СПУ регулятора громкости его устанавливают на пульт дистанционного управления (только при комплектации радиостанции

дополнительным УНЧ).

Радиостанция «Орлан-85СТ». Авиационная бортовая приемопередающая радиостанция «Орлан-85СТ» (см. рис.1.1.2) предназначена для установки на магистральные самолеты гражданской авиации. Радиостанция обеспечивает двустороннюю симплексную речевую связь экипажа самолета со службами УВД и с экипажами других самолетов.



Рис. 1.1.2. УКВ радиостанция «Орлан-85СТ»

Параметры радиостанций отвечают требованиям ИКАО и позволяют совершать полеты в страны Европы. Радиостанции «Орлан-85СТ» полностью взаимозаменяемы с ранее установленными радиостанциями по установочным размерам, присоединительным разъемам и внешней проводке. В радиостанции предусмотрена довольно развитая система встроенного контроля, с глубиной диагностики до уровня отдельного блока.

Технические характеристики

Диапазон частот

Передача 118 - 137.9917 МГц

Прием 118 - 137.9917 МГц

Шаг сетки частот 8.33 / 25 кГц

Стабильность частоты ± 6 ppm

Выходная мощность 25-40 Вт

Подавление внеполосных излучений 90 дБ

Чувствительность, не хуже	1.5 мкВ
Избирательность по побочным каналам	80 дБ
Диапазон рабочих температур.....	-55 ~ +55 °С
Наработка на отказ, не менее.....	4000 час
Назначенный ресурс	30 000 час.

Радиостанция «Юрок». Бортовая радиостанция МВ-диапазона «Юрок» (см. рис.1.1.3.) предназначена для установки на машины средней авиации и обеспечения беспойсковой связи экипажей самолетов с диспетчерскими наземными пунктами и переговоров между экипажами самолетов. В радиостанции предусмотрен дополнительный режим работы - возможность контроля сигналов на частоте аварийного канала 121,5 МГц без нарушения основных функций связи. Радиостанция работает с двумя авиагарнитурами, обеспечивает внутреннюю телефонную связь между двумя членами экипажа. Имеется выход для подключения громкоговорителя. При заданных энергетических значениях мощности и чувствительности обеспечивается надежная связь в пределах прямой видимости. Радиостанция изготавливается в двух вариантах - со встроенным пультом и выносным. Предусмотрена глубокая система встроенного контроля, индицирующая неисправный блок, как в бортовых условиях, так и в условиях мастерских. Встроенная система контроля удешевляет и упрощает техническое обслуживание и ремонт. Радиостанция «Юрок» собрана на новой элементной базе и соответствует требованиям ICAO.



Рис. 1.1.3. Радиостанция МВ-диапазона «Юрок».

Технические характеристики

Диапазон частот.....	118 - 136,975МГц
Шаг сетки частот	8,33/25кГц
Число каналов связи	2278
Стабильность частоты.....	$5 \cdot 10^{-6}$
Выходная мощность передатчика	10Вт
Подавление побочных каналов приема, не менее	80дБ
Чувствительность приемника, не хуже	1,5мкВ
Избирательность по побочным каналам	80дБ
Потребление:	
в режиме «прием»	30Вт
в режиме «передача»	100Вт
Напряжение питания	24 - 29,4В
Аварийное напряжение питания	18 - 33В
Диапазон рабочих температур.....	-55 - +55°С
Влажность (при + 25°С)	98%
Средняя наработка на отказ, не менее	5000час
Масса приемопередатчика, не более.....	1,8кг
Габаритные размеры	146*64*219

Радиостанция «Юрок» имеет несколько не самолетных модификаций, - радиостанции «Юрок-А» (автомобильная радиостанция) и «Юрок-Н» (наземная радиостанция).

Комплект автомобильной радиостанции «Юрок-А» предназначен для установки на автомобили и обеспечения беспойсковой связи с экипажами самолетов и с командными и диспетчерскими наземными пунктами. Питание комплекта радиостанции «Юрок-А» осуществляется от автомобильной бортовой сети постоянным напряжением 12В.

Радиостанция «Бурка». Радиостанция «Бурка» (рис.1.1.4) является современной радиостанцией ближней связи. Радиостанция обеспечивает устойчивую работу в сложной электромагнитной обстановке с помощью режима ППРЧ, перепрограммирования и повышенной скорости передачи данных.



Рис. 1.1.4.Радиостанция«Бурка».

В радиостанции применена цифровая обработка сигнала, что позволяет изменением программного обеспечения вводить новые режимы работы с минимальными затратами. Управление режимами может осуществляться как от пульта управления, так и от комплекса связи. Радиостанция может размещаться в негерметизированных отсеках при пониженном атмосферном давлении и сохранять работоспособность при температурах от -55° до $+60^{\circ}\text{C}$. Радиостанция соответствует международному стандарту ISO-9001. В радиостанции имеется развитая система встроенного автоконтроля работоспособности.

Радиостанции дальней связи

Радиостанции дальней связи предназначены для обеспечения радиосвязью на расстояниях свыше 300 км. Радиостанции дальней связи работают в диапазоне коротких волн (2 - 24 МГц). На сегодняшний день на самолетах устанавливаются различные виды радиостанций дальней связи, например: «Микрон», «Ядро-1», «Ядро-2», Р-805К3М-01 и др.

Радиостанция «Ядро-1». Радиостанция «Ядро-1» (рис.1.1.5) предназначена для жестких условий эксплуатации и обеспечения дальней телефонной и телеграфной радиосвязи между самолетами, вертолетами и наземными пунктами управления авиации. Состав радиостанции: приемопередатчик, амортизационная рама, АСУ, комплект ЭТД, пульт управления.[22]



Рис. 1.1.5. Радиостанция«Ядро-1».

Технические характеристики

Диапазон частот (прием/передача)2 - 18МГц
Шаг сетки частот 100Гц
Чувствительность в CW, SSB, AFSK,..... не хуже 3мкВ
в АМ,..... не хуже 5мкВ
Выходная мощностьне менее 100 Вт (2-12 МГц)
.....не менее 50 Вт (12-18 МГц)
Напряжение питания27 (+2,4/-3)В
Потребляемая мощность не более..... 570Вт
Наработка на отказ не менее..... 1200час.
Габаритные размеры приемопередатчика..... 463.252.203мм
Вес.....23кг

Радиостанция «Ядро-2А1-Л1». Бортовая радиостанция «Ядро-2» (см. рис.1.1.6) предназначена для жестких условий эксплуатации и обеспечения телефонной и телеграфной дальней радиосвязи между

самолетами, вертолетами и наземными пунктами управления авиации во всем диапазоне КВ.



Рис. 1.1.6. Радиостанция «Ядро-2».

Технические характеристики

Диапазон частот (прием/передача)	2-30МГц
Шаг сетки частот	100Гц
Чувствительность:	
в CW и SSB (в AM), не хуже	3мкВ (5мкВ)
Тип излучения	AM (A3E), SSB (J3E), CW (A1A)
Выходная мощность не менее	400 Вт
Напряжение питания	200 (-13/+6)В, 400Гц
.....	27(-2.7/+2.7)В
Наработка на отказ не менее.....	1200час

Аварийные радиостанции

Аварийные радиостанции предназначены для обеспечения радиосвязи между экипажем ЛА потерпевшего аварию и поисково-спасательными службами. Устанавливаемые на сегодняшний день радиостанции бывают нескольких типов, а некоторые из них способны работать и с международной системой поиска и спасения КОСПАС/SARSAT.

Радиостанция P-855A1/P-855A1(Y). Радиостанция P-855A1/P-855A1(Y) (см. рис.1.1.7) предназначены для обеспечения радиосвязи членов экипажа, потерпевшего бедствие самолета (вертолета) с поисково-спасательными службами. В комплект радиостанции входят: сама радиостанция, батарея,

антенна, ремни, чехол, комплект ЭТД. Радиостанция имеет два вида работ: радиотелефон в режиме «связь», и радиомаяк с модуляцией свип-тоном в режиме «маяк». Радиостанция выполнена в герметичном корпусе, работает с внутренним микрофоном или со шлемофоном. Радиостанция Р-855А1У предназначена для учебных целей при подготовке специалистов поисково-спасательных служб.



Рис. 1.1.7. Аварийная радиостанция Р-855А1/Р-855А1(У).

Технические характеристики

Рабочие частоты	121,5 МГц и 243 МГц/114,583МГц
Мощность передатчика, не менее	100мВт
Напряжение питания, от батареи «Прибой-2С»	8,5В
Время непрерывной работы от одной батареи:	
в режиме «прием-передача» (режиме «маяк»).....	60ч (24ч)
Интервал рабочих температур	–50 ... +60°С
Габариты	130 . 68 . 32мм
Вес полного комплекта	1000г

Радиомаяк Р-855А2. Малогабаритный авиационный аварийно-спасательный радиомаяк Р-855А2 (рис.1.1.8) предназначен для подачи сигналов бедствия на международных частотах и привода поисковых средств к месту аварии. Радиомаяк Р-855А2 может применяться автономно или в составе автоматического маяка КОМАР. Состав: Радиостанция, батарея, антенна, ремни, чехол, комплект ЭТД.



Рис. 1.1.8. Аварийная радиостанция P-855A2.

Технические характеристики

Рабочие частоты.....	121,5 и 243МГц
Мощность передатчика, не менее	100мВт
Напряжение питания, от батареи Прибой-2С	8,5В
Время непрерывной работы от одной батареи	36ч
Интервал рабочих температур.....	-60 - +65°С
Габариты.....	130 . 68 . 32мм
Вес полного комплекта.....	800г

Аварийные радиостанции-маяки P-855A1M, P-855A1M1 и P-855A2M. Поисково-спасательные радиостанции-радиомаяки P-855A1M, P-855A1M1 и P-855A2M (рис.1.1.9) предназначены для определения местоположения, обеспечения организации поиска экипажей потерпевших аварию самолетов и вертолетов. Указанные радиостанции, радиомаяки работают также и системой КОСПАС/SARSAT.



Рис. 1.1.9. Аварийные радиостанции P-855A1M и P-855A2M.

Состав Р-855А1М: спутниковый передатчик сигналов бедствия работает на частоте 406,028МГц; антенна; передатчик ближнего привода, в режиме «Маяк» подает тональный сигнал поисково-спасательным службам; приемопередатчик (для связи с поисково-спасательными службами на частоте 121,5МГц). Р-855А1М1 дополнительно оснащена навигационным приемником, и обеспечивает определение местоположения при работе с системой КОСПАС/SARSAT с точностью до 100м. Имеется дисплей, позволяющий членам экипажа определять координаты своего местоположения. Состав Р-855А2М: спутниковый передатчик сигналов бедствия, работающий на частоте 406,028МГц; передатчик ближнего привода, работающий на частоте 121,5 МГц в режиме «Маяк»; антенна. Радиомаяк обеспечивает подачу сигналов бедствия, как через систему КОСПАС/SARSAT, так и поисково-спасательным службам в режиме «Маяк».

Технические характеристики

Параметр	Р-855А1М	Р-855А1М1	Р-855А2М
Рабочие частоты, МГц	121,5/406,028	121,5/406,028 и 1575	121,5/406,028
Мощность передатчика, Вт	0,1/5	0,1/5	0,1/5
Чувствительность приемника, мкВ (на частоте 121,5МГц)	5	5	-
Время непрерывной работы, час	48/24	48/24	48/24
Рабочая температура, °С	-40...+50	-40...+50	-40...+50

Передатчики для системы КОСПАС/SARSAT

Система КОСПАС/SARSAT – спутниковая система для поиска потерпевших аварию летательных аппаратов, морских судов, а также наземных объектов. Система КОСПАС/SARSAT состоит из наземной части, космической части и аварийных радиомаяков. Аварийные маяки устанавливаются на борт летательного аппарата, они собственно и

представляют собой объект технического диагностирования. Вообще в системе КОСПАС/SARSAT различают три типа аварийных радиомаяков:

– ELTs (Emergency Locator Transmitters) –
самолетные аварийные передатчики

– EPIRBs (Emergency Position Indicating Radio Beacons) –
морские аварийные радиобуи

– PLBs (Personal Locator Beacons) –
наземные переносные аварийные радиомаяки

Маяки работают на частотах 121,5 МГц, 243 МГц и 406 МГц. Радиомаяки, работающие на частоте 406 МГц более предпочтительны, так как обеспечивают более высокую точность определения координат бедствующего летательного аппарата. Кроме того, согласно сведениям, приведенным на официальном сайте системы КОСПАС/SARSAT, с 2008 года работа будет осуществляться только на этой частоте.

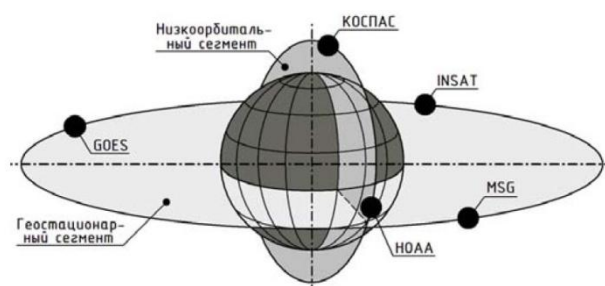


Рис. 1.1.10. Космический сегмент системы КОСПАС/SARSAT.

Самолетное переговорное устройство СПУ-7

СПУ-7 (рис.1.1.11) предназначается для внутрисамолетной телефонной связи между 8 абонентами, для выхода абонентов на внешнюю связь по радио через четыре радиостанции и два радиокompаса в прослушивания 1 сигнала специального назначения.[17]

СПУ-7 предназначено для работы с ларингофонами типа ЛА-5 и высокоомными телефонами ТА-58М.

- наличие в телефонах каждого абонента сигналов соответствующих радиоприемников на всех положениях ручки переключателя радиосвязей при ненажатых кнопках и установке переключателя абонентского аппарата СПУ— РАДИО в положение РАДИО и одновременное прослушивание с пониженной громкостью передачи, ведущейся по той сети внутренней связи, на которую установлен переключатель СЕТЬ абонентского аппарата;

- осуществление каждым абонентом перехода с внешней связи в соответствующую сеть внутрисамолетной связи в зависимости от положения переключателя СЕТЬ при любом положении ручек переключателей радиосвязей и СПУ-РАДИО путем нажатия специальной выносной кнопки СПУ;

- осуществление каждым абонентом пуска и модулирования соответствующих радиопередатчиков на первых четырех положениях ручек переключателей радиосвязей при установке переключателя СПУ-РАДИО на абонентском аппарате в положение РАДИО и нажатии выносной кнопки РАДИО;

- плавное регулирование уровня речи, передаваемой по сетям внутренней или внешней связи, регулятором громкости ОБЩАЯ, а уровня прослушиваемых сигналов сети внешней связи при работе по сети внутренней связи и сигналов сети внутренней связи при работе по сети внешней связи-регулятором громкости ПРОСЛ;

-возможность подачи непосредственно на телефоны абонента сигнала специального назначения вне зависимости от положения переключателей и тумблеров на его абонентском аппарате;

-наличие встроенного красного подсвета, надписей лицевой панели абонентского аппарата при подаче плюса бортовой сети напряжением (13-15,2)В постоянного тока к специальной клемме, размещенной на корпусе абонентского аппарата. (Для варианта конструкции со встроенным красным подсветом).

Самолетное переговорное устройство СПУ-200



Рис. 1.1.12. Внешний вид самолетного переговорного устройства СПУ-200.

СПУ-200 обеспечивает:

-ведение двусторонней внутренней телефонной связи членов экипажа воздушного судна друг с другом, с бортпроводниками и с наземным обслуживающим персоналом;

-громкоговорящее оповещение экипажем и бортпроводниками пассажиров салона;

-вызов пассажирами бортпроводников, трансляцию музыкальных программ пассажирам на головные телефоны;

-выход экипажа на внешнюю радиосвязь посредством подключения любого из членов экипажа к одной из четырех радиостанций;

-раздельное или одновременное, с ведением внешней связи, прослушивание сигналов радионавигационных устройств;

-одновременное прослушивание сигналов специального назначения;

-включение режима подавления шумов с неоперативной регулировкой порога шумоподавления по каналам прослушивания сигналов специального назначения;

-прослушивание сигналов радионавигационных устройств и внешней связи через радиостанцию при ведении внутренней связи и прослушивание внутренней связи при ведении внешней связи;

-прослушивание членами экипажа собственной речи и сообщений через телефоны авиагарнитуры, а также через внешний громкоговоритель кабины;

-раздельную регулировку громкости сигналов внутренней, внешней и громкоговорящей связи, совместную регулировку громкости прослушиваемых сигналов радионавигационных устройств и дополнительного прослушивания радиостанций;

-сопряжение с аппаратурой магнитной записи для записи переговоров летного экипажа по внутренней и внешней связи, в том числе и для записи речи от микрофонов при ненажатых тангентах;

-приоритет по управлению при выходе на радиостанции, громкоговорящее оповещение в порядке возрастания номера абонента.

Технические характеристики

Диапазон частот внутренней связи.....	300-4000 Гц
Количество членов экипажа, не более	5
Количество радиостанций внешней связи, не более.....	4
Количество каналов подключения НОП	3
Количество каналов выхода на речевой регистратор.....	3
Количество подключаемых РНУ.....	8
Напряжение питания от бортовой сети.....	24-29,4 В

Аппаратура речевых сообщений РИ-65

Описание и работа

Аппаратура речевых сообщений (шифр РИ-65) предназначена для речевого оповещений членов экипажа летательного аппарата и оператора наземного командного пункта через самолетную радиостанцию об аварийных ситуациях в полете.[18]

Аппаратура РИ-65 состоит из:

- бортового комплекта РИ-65-Б
- наземного комплекта РИ-65-Н

Характерной особенностью изделия РИ-65 является то, что при записи и при воспроизведении используется лентопротяжный механизм и два 8-ми дорожечных блока универсальных магнитных головок, бортового аппарата речевых сообщений (блока РИ-65-10).

Использование в блоке РИ-6Б-10 магнитной ленты с записью речевых сообщений, произведенной в другом блоке РИ-65-10, не рекомендуется, так как при этом речевые сообщения могут прослушиваться с искажениями.

Согласующий усилитель РИ-65-30 — предназначен для согласования выхода блока РИ-65-10 и радиотехнического оборудования самолета (вертолета) с телефонами пилота.

Пульт дистанционного управления РИ-65-20 предназначен для оперативного управления блоками РИ-65-10 и РИ-65-30. Органы управления, имеющиеся на блоке РИ-65-20, могут быть размещены в кабине пилота россыпью.

Возможна установка на борт самолета (вертолете):

- только одного блока РИ-65-10;
- блока РИ-65-10 и пульта дистанционного управления РИ-65-20;
- блока РИ-65-10 и согласующего усилителя РИ 65-30;
- всех блоков, входящих в комплект РИ-65-Б.

Наземное записывающее устройство РИ-65-50 предназначено для записи речевых сообщений на блоке РИ-65-10 и проверки бортового комплекта РИ-65-Б в лабораторных условиях.

В устройстве предусмотрена возможность самоконтроля параметров блока РИ-65-50.

Магнитофон самолетный МС-61Б

Магнитофон МС-61-Б предназначен для записи речи с выходов радиоприемников, СПУ и автономной записи с ларингофонов типа ЛА-5 или абонентской гарнитуры типа АГ-2 на проволочный звуконоситель.

Запись речи на магнитофоне производится на проволоку диаметром 0,05 мм марки ЭИ-708А.

Магнитофон МС-61-Б обеспечивает работоспособность в следующих условиях:

- при температуре окружающей среды от $-60 \div +50^{\circ}\text{C}$;
- при относительной влажности окружающего воздуха $95 \div 98\%$ и температуре $+40^{\circ}\text{C}$;
- при пониженном давлении 18,62 мм . рт. ст. (25 тыс. м.) и температуре -60°C ;
- при вибрации в диапазоне частот $10 \div 80$ Гц с перегрузкой до 8,5 g;
- при воздействии ударной нагрузки с частотой 30 уд/мин. и ускорением 12 g;
- при изменении питающего напряжения $27\text{В} \pm 10\%$;
- при воздействии инея и росы.

Магнитофон сохраняет свои параметры после:

- испытаний на вибропрочность в диапазоне частот $18 \div 72$ Гц с перегрузкой до 5 g;
- испытаний на ударную прочность (частота ударов — 60 уд/мин. перегрузка—12 g; количество ударов— 10 тыс.);
- испытаний на прочность при транспортировании (15 тыс. ударов с ускорением 15 ги частотой $40 \div 60$ уд/мин);
- испытаний на вибропрочность на частоте 25 Гц с ускорением 2g;
- трехкратного циклического изменения температур — $60^{\circ}\text{C} \div +80^{\circ}\text{C}$.

Тактико-технические данные

Разборчивость слов при воспроизведении речи, записанной с

ларингофонов ЛА-5 в шумах 120 дБ должна быть не менее 90%.
Воспроизведение осуществляется на магнитофоне МН 61 в тишине.

Длительность непрерывной записи - не менее 5,5 час.

Запись производится на проволоку ЭИ-708А с автоматическим стиранием предыдущей записи речи

На магнитофоне обеспечивается запись сигналов с ларингофонов типа ЛА-5 или абонентской гарнитуры типа АГ-2 с уровнем $0,15 \div 3$ В, а также с выходов радиоприемников или СПУ с уровнем $5 \div 120$ В.

Частотная характеристика магнитофона по току записи на частоте 300 Гц должна иметь завал не более -2 дБ. а на частоте 3000 Гц подъем не менее $+2,5$ дБ относительно частоты 1000 Гц.

Обеспечивается самопрослушивание записываемых сигналов с уровнем не менее 25 вна телефонах ТА-56М.

Динамический диапазон магнитофона должен быть не менее 30 дБ

Коэффициент нелинейных искажений сквозного тракта МС-61-Б и МН-61 должен быть не более 18%.

Неравномерность амплитудной характеристики магнитофона по току записи на частоте 1000 Гц должна быть не хуже 4 дБ при изменении входного сигнала в пределах $0,5 \div 3,5$ В со входа ларингофона.

Величина тока записи должна быть в пределах $1,7 \div 2,5$ мА.

Неравномерность частотной характеристики сквозного тракта (МС-61-Б—МН-61) должна быть не более 10 дБ.

Выходное напряжение на эквиваленте динамика (6,5 Ом) при записи сигнала частоты 1000 Гц на самолетном магнитофоне МС-61-Б и воспроизведении на наземном магнитофоне МН-61 в нормальных условиях должно быть не менее 1,5 В.

Магнитофон должен автоматически включаться на запись при подаче на вход сигнала частотой 1000 Гц:

а) для входа «ЛАР» — напряжением $150 \div 300$ мВ;

б) для входа «СПУ»—напряжением $5\div 8$ В.

Выключение магнитофона должно происходить через $5\div 25$ сек. после снятия сигнала.

Питание магнитофона осуществляется от сети постоянного тока $+27\pm 10\%$ В.

Линейная скорость движения звуконосителя — $145\div 195$ мм/сек.

Потребляемая мощность—не более 20 Вт.

При обрыве или окончании звуконосителя протяжный механизм магнитофона останавливается; на пульте управления предусмотрена сигнализация обрыва (сигнальная лампа «Запись» не горит).

Обеспечивается автоматическое включение на запись резервного однотипного магнитофона в случае обрыва или окончания звуконосителя, а также при сгорании предохранителя.

Обеспечивается прослушивание сигналов с выхода СПУ при работе оператора в режиме автономной записи от ларингофонов ЛА-5 или абонентской гарнитуры типа АГ-2 с уровнем не менее 15 В.

Габариты магнитофона — $160\times 132\times 160$ мм.

Габариты пульта управления — $92\times 75\times 78$ мм.

Вес магнитофона без соединительных кабелей не более 4 кг.

§1.2. Требования к радиосвязному оборудованию.

Приведенные ниже требования являются специфическими для линии передачи данных в полосе высоких частот (HFDDL).

Подсистема бортовых станций HFDDL и подсистема наземных станций HFDDL выполняют следующие функции:

- a) ВЧ-передачу и прием;
- b) модуляцию и демодуляцию данных;
- c) реализацию протокола и выбор частоты HFDDL.

Требования к обязательному наличию на борту оборудования HFDDL определяются на основе региональных аэронавигационных соглашений, в которых устанавливается воздушное пространство, его применение и сроки внедрения.

Подсистемы наземных станций HFDDL должны взаимодействовать через общую подсистему административного управления.

Тем самым обеспечивается распределенная подсеть с пунктом подключения к подсети (SNPA) в зависимости от метода реализации, которая позволяет поддерживать соединение виртуальных каналов по мере перехода бортовых станций из одной назначенной эксплуатационной зоны действия в другую. Распределение может осуществляться на межрегиональной или глобальной основе.

Коэффициент необнаруженных ошибок в пакете пользователя сети, который занимает 1–128 октетов данных пользователя, составляет 1×10^{-6} или менее. Протокол HFDDL включает в себя физический уровень, канальный уровень и уровень подсети, которые определены ниже.

Примечание. Протокол HFDDL представляет собой уровневый протокол и совместим с эталонной моделью взаимосвязи открытых систем (OSI).

Он позволяет HFDDL функционировать в качестве подсети, совместимой с сетью авиационной электросвязи (ATN).

Бортовые и наземные станции имеют доступ к физической среде в симплексном режиме.

Оборудование может работать на частотах, кратных 1 кГц.

Для передачи используется боковая полоса, расположенная выше ее несущей (опорной) частоты HF DL использует M-фазовую манипуляцию (M-PSK) для модулирования высокочастотной несущей на присвоенной частоте. Скорость передачи символов составляет 1800 символов в секунду ± 10 частей на миллион (т. е. 0,018 символов в секунду). Значение M и скорость передачи информации указаны в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1.

	<i>Направление</i>	<i>Приоритет</i>	<i>Время задержки</i>
<i>Время задержки прохождения</i>	На борту воздушного судна	7-14	45 с
	С борта воздушного судна	7-14	60 с
<i>Время задержки передачи (95-й процентиль)</i>	На борту воздушного судна	11-4	90 с
		7-10	120 с
	С борта воздушного судна	11-14	150 с
		7-10	250 с

Стабильность основной частоты при обеспечении функции передачи выше, чем:

- а) ± 20 Гц для подсистем бортовых станций HF DL;
- б) ± 10 Гц для подсистем наземных станций HF DL.

ЗАЩИТА

Отношение полезный сигнал/нежелательный сигнал (D/U) 15 дБ применяется для защиты присвоенных одних и тех же каналов для HF DL для следующих видов связи:

- а) передача данных – передача данных;
- б) передача данных – речевая связь;
- с) речевая связь – передача данных.

КЛАСС ИЗЛУЧЕНИЯ

Классом излучения является 2K80J2DEN.

ПРИСВОЕННАЯ ЧАСТОТА

Присвоенная HFDL частота на 1400 Гц выше несущей (опорной) частоты SSB. Обычно присвоенная HFDL частота смещается относительно несущей (опорной) частоты SSB на 1400 Гц. Несущая M-PSK HFDL при цифровой модуляции смещается относительно несущей (опорной) частоты SSB на 1440 Гц. Цифровая модуляция полностью обеспечивается в пределах той же общей ширины полосы канала, что и для речевого сигнала.[5]

ПРЕДЕЛЫ ИЗЛУЧЕНИЯ

Для передатчиков бортовых и наземных станций HFDL максимальная мощность огибающей (P_p) любого излучения на любой дискретной частоте составляет меньше максимальной мощности огибающей (P_p) передатчика:

а) на любой частоте между 1,5 и 4,5 кГц ниже присвоенной HFDL частоты и на любой частоте между 1,5 и 4,5 кГц выше присвоенной HFDL частоты: по крайней мере 30 дБ;

б) на любой частоте между 4,5 и 7,5 кГц ниже присвоенной HFDL частоты и на любой частоте между 4,5 и 7,5 кГц выше присвоенной HFDL частоты: по крайней мере 38 дБ;

с) на любой частоте менее 7,5 кГц ниже присвоенной HFDL частоты и на любой частоте более 7,5 кГц выше присвоенной HFDL частоты:

1) передатчики бортовых станций HFDL: 43 дБ;

2) передатчики наземных станций HFDL мощностью до 50 Вт включительно: $[43 + 10 \log_{10} P_p(W)]$ дБ;

3) передатчики наземных станций HFDL мощностью более 50 Вт: 60 дБ.

МОЩНОСТЬ

Максимальная мощность огибающей, подводимая к линии питания антенны, не превышает 400 Вт.

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ

Передача данных осуществляется с использованием метода многостанционного доступа с временным разделением каналов (TDMA).

Подсистемы наземных станций HFDL обеспечивают синхронизацию кадров и окон TDMA для системы HFDL. Для обеспечения синхронизации окон каждый модулятор ВЧ-линии передачи данных начинает выдавать предсимвольный сегмент в начале временного окна ± 10 мс.

МОЩНОСТЬ БОРТОВОГО ПЕРЕДАТЧИКА

Приведенные ниже требования являются специфическими для линии передачи данных в полосе очень высоких частот (VHF).

Эффективная излучаемая мощность является такой, при которой обеспечивается напряженность поля по крайней мере 225 мкВ/м (-99 дБВт/м²), исходя из свободного распространения сигналов в пространстве, при значениях дальности и абсолютной высоты, соответствующих эксплуатационным условиям в тех районах, где воздушное судно выполняет полеты. Мощность передатчика не превышает 54 дБмВт в РМР.

Уровень полезного сигнала -91 дБмВт в РМР обеспечивает SMR в 90% или более в следующих условиях:

а) когда полезный сигнал имеет номинальную модуляцию (т.е. ЧМ-девиация составляет 625 кГц), при максимальных смещениях частоты сигнала и с учетом относительного доплеровского сдвига при ± 850 уз;

б) когда полезный сигнал имеет максимальное искажение модуляции, допускаемое положениями п. 12.4.3, при номинальной частоте передачи ± 1 миллионная доля и с учетом относительного доплеровского сдвига при ± 850 уз.

ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА ПРИЕМНИКА

Применительно к длинным сообщениям ADS-B приемник обеспечивает коэффициент успешного приема сообщений 99% или более, когда уровень полезного сигнала находится в диапазоне между -90 и -10 дБмВт в РМР при отсутствии любых сигналов помех.

ИСКАЖЕНИЕ МОДУЛЯЦИИ

- а) Для бортовых передатчиков минимальный вертикальный просвет на глазковой диаграмме передаваемого сигнала (измеренный в оптимальных точках выборки) составляет не менее 560 кГц, когда измерения проводятся по всему длинному сообщению ADS-B UAT, содержащему псевдослучайные блоки данных сообщения;
- б) Для наземных передатчиков минимальный вертикальный просвет на глазковой диаграмме передаваемого сигнала (измеренный в оптимальных точках выборки) составляет не менее 560 кГц, когда измерения проводятся по всему сообщению наземной линии связи "вверх" UAT, содержащему псевдослучайные блоки данных сообщения;
- с) Для бортовых передатчиков минимальный горизонтальный просвет на глазковой диаграмме передаваемого сигнала (измеренный на частоте 978 МГц) составляет не менее 0,624 мкс (0,65 символьного периода), когда измерения проводятся по всему длинному сообщению ADS-B UAT, содержащему псевдослучайные блоки данных сообщения;
- д) Для наземных передатчиков минимальный горизонтальный просвет на глазковой диаграмме передаваемого сигнала (измеренный на частоте 978 МГц) составляет не менее 0,624 мкс (0,65 символьного периода), когда измерения проводятся по всему сообщению наземной линии связи "вверх" UAT, содержащему псевдослучайные блоки данных сообщения.[5]

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ОТКАЗОВ РАДИОСВЯЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§2.1. Общие сведения об отказах

Аппаратура выходит из строя из-за недостаточной надежности элементов, ошибок при проектировании и производстве, а также в результате неправильной эксплуатации. В большинстве случаев отказ аппаратуры происходит вследствие отказа одного или нескольких входящих в нее элементов. Следовательно, задача обеспечения надежности аппаратуры главным образом сводится к обеспечению безотказной работы этих элементов. Как правило, в радиоаппаратуре в самых больших количествах применяются резисторы и конденсаторы, в меньших – катушки самоиндукции, трансформаторы, дроссели, электровакуумные и полупроводниковые приборы. Реле, переключатели, предохранители, сельсины и другие элементы обычно применяются в ограниченном количестве. [7]

Наиболее удобной количественной характеристикой надежности элементов является опасность отказов $\lambda(t)$. Учитывая, что большую часть своего срока службы аппаратура работает с элементами, находящимися на этапе нормальной работы, будем считать опасность отказов элементов данного типа постоянной, т. е.

$$\lambda(t) = \text{const}$$

Опасности отказов элементов отличаются между собой в сотни и тысячи раз. Так, например, опасность отказов резисторов составляет $(1,5-12,5)10^{-6}$ (1/час), опасность отказов реле достигает $(10-30)10^{-6}$ (1/час). Из этого следует, что резисторы как элементы гораздо более надежны, чем реле. Однако аппаратура (за исключением аппаратуры автоматики, насыщенной реле, контакторами, пускателями и т. д.) чаще выходит из строя из-за сгорания резистора, а не отказа реле. Объясняется это тем, что количество резисторов значительно превышает количество реле. Значит, на надежность аппаратуры влияет не сама по себе опасность отказов какого-

либо элемента, а групповая опасность, равная произведению числа элементов на их опасность отказов $n\lambda$.

Отказ-это переход изделия из работоспособного в неработоспособное состояние, но под отказом нужно понимать не только полную потерю работоспособности, но и ее ухудшение вследствие изменения значения параметров.

По своему характеру отказы делятся на: постепенные и внезапные, зависимые и независимые.

Постепенные отказы возникают в результате развития процессов износа и старения, во время которых происходит более или менее равномерное изменение параметров элемента. Когда определенный параметр достигает некоторого критического значения, наступает отказ. Следовательно, постепенные отказы носят не случайный, а закономерный характер, их появление можно предвидеть (прогнозировать) и принять меры к предотвращению.

Внезапные отказы носят случайный характер. Их причинами, например, могут служить скрытые производственные дефекты, которые проявляются внезапно в виде обрыва, короткого замыкания или резкого изменения параметров. В возникновении внезапных отказов известную роль также играют процессы износа и старения, но они протекают так, что оказываются скрытыми от нас, т. е. до какого-то момента контролируемые параметры не изменяются.

Независимый отказ – это такой отказ, появление которого не зависит от исправного или неисправного состояния других элементов устройства.

Зависимый же отказ возникает всегда в результате другого отказа. Например, если первоначальный отказ проявляется в прекращении поступления запускающих импульсов на ждущий мультивибратор, то это может повлечь выход из строя лампы, так как одна ее половина все время остается открытой и резко возрастает мощность, рассеиваемая на аноде.

Кроме этих видов существуют перемежающиеся отказы. Так как чаще всего они вызываются плохими контактами, то могут исчезать так же внезапно, как и появляться, что значительно затрудняет отыскание причин неисправности. В радиоэлектронной аппаратуре большинство отказов носит независимый и устойчивый характер. Если в состав некоторого соединения входят только необходимые элементы, узлы или блоки и отсутствуют резервные, то отказ хотя бы одного элемента приводит к выходу из строя всей системы. Такое соединение элементов принято называть основным или последовательным.[7]

При наличии в системе резервных элементов, узлов или блоков отказ ее наступает лишь тогда, когда выходит из строя и основной и заменяющий его резервный элемент, узел или блок. Такое соединение элементов называют резервным или параллельным.

Работа элементов и систем характеризуется тремя этапами.

Первый этап – начальный. На этом этапе выходит из строя относительно большое число элементов и соответственно случается много отказов в системах. Отказывают наименее надежные элементы, т. е. те, в которых были допущены скрытые производственные дефекты. Помимо этого в готовых системах выявляются ошибки, допущенные при сборке и монтаже (например, плохие контакты). Необходимо, чтобы начальный этап, называемый также этапом приработки, закончился на заводе-изготовителе систем. Это достигается прогоном аппаратуры, а также тренировкой элементов перед поступлением на сборку и монтаж. Однако часто аппаратура поступает в эксплуатацию, когда еще не закончен этап приработки, поэтому эксплуатационная надежность аппаратуры в начальный период эксплуатации зачастую бывает ниже требуемой.

Второй этап – нормальная работа. Это наиболее продолжительный этап. На этом этапе процесс приработки закончен, а износ и старение еще не проявляются. Все дефекты сборки и монтажа уже выявились, наименее

надежные элементы отказали, отказы элементов носят случайный характер и происходят сравнительно редко. Задача разработчиков, производителей и лиц; обслуживающих аппаратуру во время ее эксплуатации, сводится к тому, чтобы продлить период нормальной работы и свести к минимуму количество отказов.

Третий этап – этап износа и старения. Даже при тщательном проектировании системы, образцовом ее изготовлении и бережной эксплуатации наступает период, когда неисправности происходят все чаще – сказываются неизбежные процессы износа и старения элементов. На третьем этапе возникает необходимость в среднем или капитальном ремонте.[8]

§2.2. Факторы, влияющие на отказы РЭО

В процессе производства и эксплуатации на РЭА воздействуют различные факторы, влияющие на ее надежность. Все факторы условно можно разделить на две группы: субъективные и объективные.

Субъективные факторы в той или иной мере зависят от деятельности человека. К ним относятся все мероприятия, связанные с выбором схемного и конструктивного решений при проектировании, выбором элементов и материалов, обеспечением нормальных рабочих режимов, организацией технического обслуживания и эксплуатации аппаратуры.

К объективным факторам относятся различные неблагоприятные для работы аппаратуры влияния внешней среды, связанные с климатическими, метеорологическими, биологическими, механическими и другими воздействиями. По характеру действия факторы можно разделить на конструктивно производственные и эксплуатационные. Разделение по такому признаку удобно с точки зрения рационального распределения усилий в обеспечении надежности между разработчиками и потребителями аппаратуры.[8]

К группе конструктивно-производственных относятся факторы, связанные с разработкой, проектированием и изготовлением аппаратуры. Их влияние на надежность аппаратуры является наиболее сильным и определяющим. К эксплуатационным относятся факторы, влияющие на надежность аппаратуры в процессе ее практического использования. Они включают в себя объективные факторы, обусловленные влиянием внешней среды, и субъективные факторы, связанные с организацией системы технического обслуживания, ремонта, обеспечением ЗИПом, квалификацией обслуживающего персонала и другими вопросами. В дальнейшем рассмотрим факторы объективного и субъективного характера, воздействующие на РЭА в процессе ее эксплуатации. При разработке и изготовлении элементов обычно предусматриваются определенные, так

называемые нормальные условия работы: температура $(25 \pm 10)^\circ \text{C}$, атмосферное давление 750 мм рт. ст., номинальный электрический режим, относительная влажность $60 \pm 20\%$, отсутствие механических нагрузок и т.д. Интенсивность отказов элементов в номинальном режиме эксплуатации называется номинальной интенсивностью отказов $\lambda_{\text{ни}}$. [4]

Интенсивность отказов элементов при эксплуатации в реальных условиях λ_i равна номинальной интенсивности отказов $\lambda_{\text{ни}}$ умноженной на поправочный коэффициент, учитывающий влияние какого-либо фактора:

$$\lambda_i = \lambda_{\text{ни}} \cdot K_i$$

Влияние температуры. Температура оказывает существенное влияние на электрические параметры элементов схемы и механические свойства деталей конструкции: изменяются величины емкостей и сопротивлений, ослабляются крепления деталей и узлов, нарушаются установочные зазоры, происходят деформации деталей и их взаимные смещения. Ухудшение механической прочности конструкции и нарушение первоначальных электрических связей, при которых аппаратура была настроена, приводит к нарушению работы схемы.

Повышенная температура способствует распаду органических материалов, перегреву и выходу из строя ЭВП (электровакуумных приборов), полупроводниковых приборов. Ухудшаются изоляционные свойства различного рода заливок, обмоток, механические свойства полимеров, что приводит к деформации деталей и выходу их из строя.

Регион Центральной Азии характеризуется высокими температурами (до $+55^\circ\text{C}$), с низкой влажностью, интенсивным солнечным излучением (до 1500 Вт/м^2), высоким содержанием пыли и песка в атмосфере. Последнее способствует отрицательному абразивному и химическому воздействию на аппаратуру. [7]

Влияние пыли, микроорганизмов и насекомых. Пыль образуется в результате выветривания разнообразных горных пород и верхних слоев

почвы, поэтому пылинки обладают различными электрофизическими свойствами: одни из них являются хорошими проводниками, другие – изоляторами. Пыль, имеющая свойства электропроводника, оседая на поверхности изоляционных материалов, уменьшает поверхностное сопротивление изоляции, способствует росту диэлектрических потерь и возникновению пробоев. Пылинки, обладающие большой твердостью, попадая в кинематические узлы, вызывают их ускоренный износ. Твердые пылинки под воздействием ветра разрушают декоративные и защитные покрытия. Грибковые микроорганизмы, находясь в условиях высокой влажности и температуры 25 – 40°С, могут привести к весьма опасным последствиям. Их воздействие проявляется в образовании плесени, которая резко снижает сопротивление изоляции, электрическую прочность и увеличивает диэлектрические потери. Некоторые насекомые, проникая в монтаж, загрязняют и портят изоляцию, а такие виды тропических насекомых, как термиты, даже поедают органические материалы.[2]

Пыль и песок, содержащиеся в атмосфере, оседая на поверхности деталей РСО, могут в следствии стать причиной возникновения в ней неисправностей. Пыль содержит углекислые и сернокислые соли и хлориды, которые, взаимодействуя с влагой, ускоряют процессы коррозии. Кроме того, находящиеся в воздухе пыль способствует утечке зарядов и может вызвать пробой промежутка, находящегося между контактами с высоким потенциалом. Стандартами определены три уровня концентрации пыли 0,18; 1,0; 2,0 г/м³

Защита от воздействия пыли

Пыль — смесь твердых частиц малой массы, находящаяся в воздухе во взвешенном состоянии или медленно оседающая на поверхность предметов. Различают пыль естественную, образованную на поверхности Земли под влиянием Солнца, вулканов и т. д., и техническую, которая является следствием износа оборудования, обработки материалов, сжигания топлива.

При относительной влажности воздуха выше 75 % и нормальной температуре наблюдается рост числа частиц пыли, их коагуляция, увеличивается вероятность притяжения пыли к неподвижным поверхностям. При низкой влажности частицы пыли электрически заряжаются. Как правило, неметаллическая пыль заряжается положительно, металлическая — отрицательно. Заряд частиц чаще всего возникает из-за трения.

Загрязненность воздуха пылью значительно снижает бесперебойную и надежную работу ЭА. Пыль, попадая в смазочные материалы и прилипая к скользящим поверхностям деталей электромеханических узлов, приводит к ускоренному их износу. Максимальную опасность представляют частицы величиной 1-40 мкм.

Под воздействием пыли изменяются параметры и характеристики магнитных лент, дискет, магнитных головок, царапаются и приходит в негодность магнитный слой. Пыль в зазорах контактов препятствует замыканию контактов реле. Эти отказы контактов возникают из-за частиц пыли размером более 50 мкм. При частом переключении реле срабатывает эффект самоочистки контактов при их искрении.

Оседающая на поверхности некоторых металлов пыль опасна из-за своей гигроскопичности, поскольку уже при относительно небольшой влажности пыль существенно повышает скорость коррозии. Пыль, имеющая в своем составе электролит, поглощает влагу из воздуха, многократно усиливая коррозию. Пыль с поглощенными ею растворами кислот разрушает достаточно быстро даже очень хорошие краски. В тропических странах пыль часто является причиной роста плесени.

Слежавшаяся в процессе длительной эксплуатации на поверхности компонентов пыль снижает сопротивление изоляции, особенно в условиях повышенной влажности, приводит к появлению токов утечек между выводами, что очень опасно для микросхем с малыми расстояниями между выводами корпусов. Диэлектрическая проницаемость пыли выше

диэлектрической проницаемости воздуха, что определяет завышение емкости между выводами компонентов и, как следствие, увеличение емкостных помех.

Оседающая в изделии пыль препятствует естественному движению воздуха, снижает эффективность охлаждения изделия, образует на поверхностях ПП, не защищенных лаковым покрытием, токопроводящие перемычки между проводниками.

Пыленепроницаемость электроаппаратуры (ЭА) или отдельных ее устройств может быть достигнута установкой их в герметичные корпуса. Однако при этом возрастает стоимость ЭА, ухудшается температурный режим работы. Если корпус ЭА выполнен с перфорациями, пыль вместе с охлаждающим воздухом проникнет внутрь ЭА естественным путем, либо при принудительном воздушном охлаждении — вместе с воздушными потоками от вентиляторов. Таким образом, применение корпуса с вентиляционными отверстиями для охлаждающего воздуха приводит к проникновению внутрь изделия пыли. Уменьшить попадание пыли внутрь ЭА возможно установкой на вентиляционные отверстия мелкоячеистых сеток, созданием внутри помещений, где эксплуатируется ЭА, соответствующей чистоты воздуха.

Влажность воздуха играет большую роль в борьбе с негативным влиянием воздействия пыли. С повышением относительной влажности выше 70 % пыль коагулирует, не поднимается слабыми движениями потоков воздуха и не прилипает на элементы конструкции. Поэтому рекомендуется регулярное влажное протирание полов в залах вычислительных центров, при этом моющие средства не должны выделять паров, которые могут вызывать коррозию металлов.

Для устранения проникновения загрязненного воздуха из других помещений в машинных залах вычислительных центров создается избыточное давление в 1-1,5 мм рт. ст. Используемые в помещениях строительные,

отделочные, шумопоглощающие и изоляционные материалы не должны создавать пыль. Для предотвращения попадания в помещения запыленного воздуха с улицы оконные проемы должны быть герметичными.

Защита от температурных воздействий

Микросхемы и ЭРЭ функционируют в строго ограниченных температурных диапазонах. Отклонение температуры от указанных диапазонов может привести к необратимым структурным изменениям компонентов. Повышенная температура снижает диэлектрические свойства материалов, ускоряет коррозию конструкционных и проводниковых материалов. При пониженной температуре затвердевают и растрескиваются резиновые детали, повышается хрупкость материалов. Различия в коэффициентах линейного расширения материалов могут привести к разрушению залитых компаундами конструкций и, как следствие, нарушению электрических соединений, изменению характера посадок, ослаблению креплений и т. п.

Нормальным температурным режимом называется режим, который при изменении в определенных пределах внешних температурных воздействий обеспечивает изменение параметров и характеристик конструкции, компонентов, материалов в пределах, указанных в технических условиях на них. Высокая надежность и длительный срок службы изделия будут гарантированы, если температура среды внутри ЭА является нормальной и равной 20-25 °С. При этом следует помнить, что изменение температуры относительно нормальной внутри ЭА на каждые 10 °С в любую сторону уменьшает срок службы аппаратуры приблизительно в 2 раза. Обеспечение нормального теплового режима приводит к усложнению конструкции, увеличению габаритов и массы, введению дополнительного оборудования, затратам электрической энергии.

Задача обеспечения работоспособности при низких температурах решается нагревом на протяжении некоторого времени помещения с одновременным включением аппаратуры для подогрева. При достижении

внутри изделия нормальной температуры приступают к его эксплуатации. Далее из-за саморазогрева температура внутри изделия будет повышаться и может возникнуть необходимость в его охлаждении. Нагрев удобнее проводить электрическими нагревательными элементами, устанавливаемыми для стационарной аппаратуры в помещении, а для транспортируемой — встраиваемой в конструкцию. Температура контролируется либо при помощи термометров, размещаемых в ЭА в удобных для наблюдения местах, либо автоматически с выключением нагревателей после прогрева аппаратуры. При интенсивном нагреве холодного воздуха внутри прибора пары воды конденсируются на еще холодных поверхностях конструкции до тех пор, пока не осядет вся избыточная влага воздуха. Дальнейший нагрев приведет к нагреванию конструкции и испарению влаги. Конденсация оказывается невозможной, если нагрев происходит медленно.[3]

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗОВ РАДИОСВЯЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С РАСЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ.

Вопросы надежности среди других являются одними из самых важных. Какой бы уникальной, совершенной не была система, но если она имеет низкий уровень надежности, часто выходит из строя, вряд ли она найдет практическое применение. Если прекрасное на вид устройство до первой поломки проработает месяц вряд ли оно кому-то будет нужным. Создание высоконадежной технической системы является одной из самых важных и в то же время одной из самых трудных проблем нашего времени. И хотя достигнуты большие успехи в этом направлении, окончательного и полного решения данной проблемы не существует и на сегодняшний день. Впервые наиболее остро проблема надежности возникла и практически встала на повестку дня в 1940-50 гг. когда обнаружилось вопиющее несоответствие надежностных характеристик многих технических систем тем требованиям, которым они должны были удовлетворять. В качестве иллюстрации можно привести следующие данные опубликованные в свое время в США. В 1949 г. около 70% морской радиоэлектронной аппаратуры находилось в неработоспособном состоянии, 60% самолетного оборудования, переброшенного на дальний Восток во время второй мировой войны по прибытии к месту назначения оказалось неработоспособным. 50% оборудования и запасных частей вышло из строя в процессе хранения на складах. По более поздним данным было установлено, что радиолокационное оборудование находилось в неработоспособном состоянии 84% всего времени, гидроакустическое – 48%. Это были годы, когда вопросы надежности впервые стали вопросами практики и требовали безотлагательного решения. Отсутствие решения этого вопроса тормозило развитие техники. Началось широкое наступление на проблему надежности. Многочисленные научные исследования, выполненные в то время, позволили успешно решить целый ряд животрепещущих вопросов. Результаты не

замедлили сказаться и уже к 1960 г. было отмечено, что надежность систем, оружия и аппаратуры увеличилась со времен второй мировой войны в 50 раз. С тех пор и до настоящего времени исследования в области надежности приобретают все большее значение. Сегодня ни одна разработка технической системы не мыслится без соответствующих оценок и расчетов надежностных характеристик. Казалось бы, с вопросами надежности покончено однако, к сожалению, это не так и на сегодняшний день надежность является важнейшим и не всегда на сто процентов успешно решаемым вопросом. В чем же дело? Развитие технических систем имеет одну ярко выраженную тенденцию, а именно постоянное усложнение, непрерывно расширяется круг решаемых системой задач, которые сами по себе становятся все более сложными. Действительно, возьмем например, навигационные бортовые системы. Если раньше их функции состояли лишь в том, что они помогали пилоту управлять летательным аппаратом, то теперь ситуация совершенно изменилась. Современные бортовые системы таковы, что в отдельных случаях пилот полностью исключается из процесса управления (например, в режиме управления автопилотом). Еще более совершенными являются системы управления полетом космического корабля, где управление вручную носит вспомогательный, временный характер.[14]

§3.1. Анализ отказов магнитофона самолетного МС-61

Расчет на надежность магнитофона самолетного МС-61

В комплект изделия МС-61 входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	57
Терморезистор	2
Конденсатор	29
Триод	12
Диод	7
Стабилитрон	4
Реле	9
Электродвигатель	1
ШР разъем	4
Сигнальная лампа	2
Электромагнит	1
Концевой выключатель	1
Контакт обрыва	1
Фильтр	1
Головка стирания	1
Головка записи	1
Тумблер	4
Дроссель	1
Трансформатор	3
Колодка	3
Вставка	3

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов изделия МС-61 равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (57 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (29 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (12 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (7 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 8 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) = 561,03 \cdot 10^{-6} = 0,00056103 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы изделия МС-61 равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{cp} = \frac{1}{0,00056103} = 1782,436 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы изделия МС-61 за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы изделия МС-61 за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\lambda \cdot 24} = e^{-0,00056103 \cdot 24} = 0,987$$

Вероятность безотказной работы за время, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\lambda \cdot 50} = e^{-0,00056103 \cdot 50} = 0,972$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\lambda \cdot 100} = e^{-0,00056103 \cdot 100} = 0,945$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\lambda \cdot 200} = e^{-0,00056103 \cdot 200} = 0,894$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\lambda \cdot 300} = e^{-0,00056103 \cdot 300} = 0,845$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\lambda \cdot 500} = e^{-0,00056103 \cdot 500} = 0,755$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

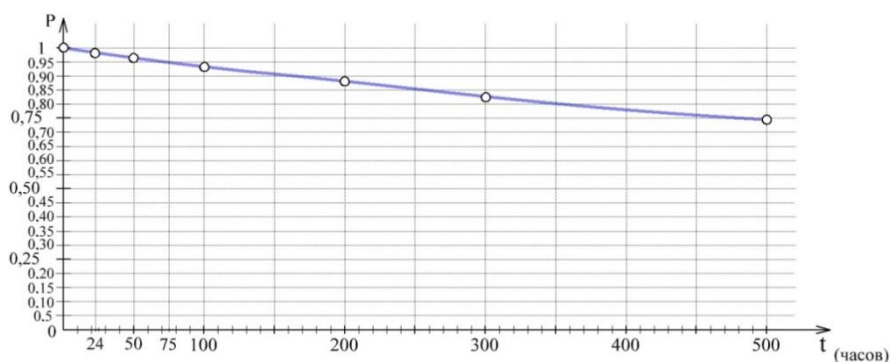


Рис.3.1.1. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления изделия МС-61 равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 1782,436 [(57 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (29 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (12 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (7 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (9 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,72) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (2 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,12) + (1 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (1 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (1 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (1 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (3 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575)] = 0,372389 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности изделия МС-61 равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{1782,436}{1782,436 + 0,372389} = 0,999791$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,372389} = 0,99878$$

Статистика, полученная с авиационного ремонтного предприятия (АРП) (рис. 3.1.2.)

Как видно из статистики отказов элементов (рис. 3.1.2), несмотря на то, что математический расчет показывает о высокой степени надежности МС-61, статистика указывает об обратном и головки записи Г302-1 и стирания ГС02-1 являются элементами подверженными отказам практически при каждом поступлении на ремонт.

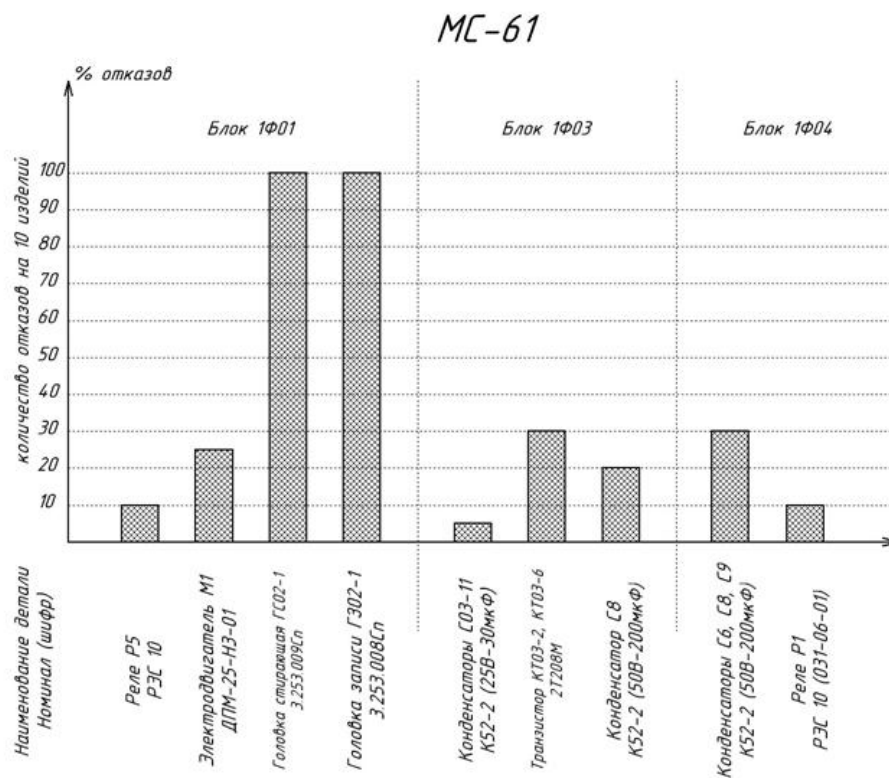


Рис. 3.1.2. Статистика отказов элементов МС-61.

§3.2. Анализ отказов речевого информатора РИ-65Б.

Расчет на надежность речевого информатора РИ-65Б.

В комплект изделия РИ-65 входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	190
Терморезистор	2
Конденсатор	88
Диод	74
Стабилитрон	13
Реле	38
Электродвигатель	1
ШР разъем	20
Сигнальная лампа	9
Тумблер	36
Дроссель	20
Трансформатор	6
Транзистор	49
Микропереключатель	8
Головка магнитная	2
Кнопка	5
Переключатель	4
Вольтметр	1
Клемма	1
Гнездо	12
Перемычка	2
Катушки индуктивности	1

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов изделия РИ-65 равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (190 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (88 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (74 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (13 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (38 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (20 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (9 \cdot 8 \cdot 10^{-6}) + (36 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (20 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (49 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (8 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 0,35 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) + (12 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) = 0,002613421/\text{ч}$$

2. Среднее время безотказной работы изделия РИ-65 равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,00261342} = 382,64 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы изделия РИ-65 за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы изделия РИ-65 за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\lambda \cdot 24} = e^{-0,00261342 \cdot 24} = 0,939$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\lambda \cdot 50} = e^{-0,00261342 \cdot 50} = 0,878$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\lambda \cdot 100} = e^{-0,00261342 \cdot 100} = 0,77$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\lambda \cdot 200} = e^{-0,00261342 \cdot 200} = 0,593$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\lambda \cdot 300} = e^{-0,00261342 \cdot 300} = 0,457$$

Вероятность безотказной работы за время, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\lambda \cdot 500} = e^{-0,00261342 \cdot 500} = 0,271$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

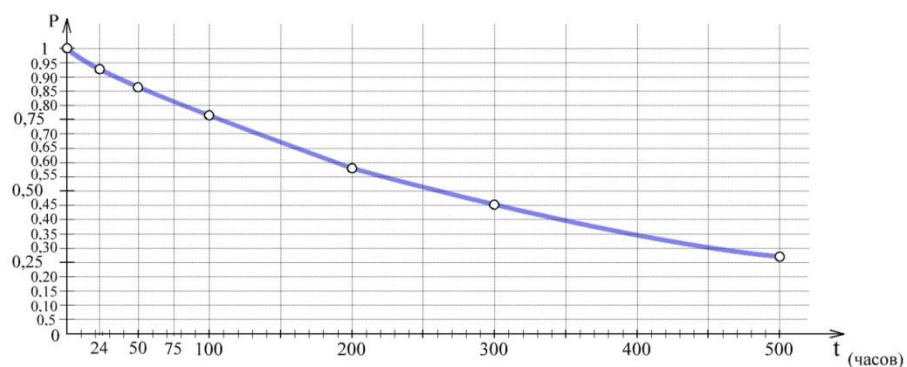


Рис.3.2.1. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления изделия РИ-65 равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 382,64[(190 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (88 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (74 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (13 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (38 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,72) + (20 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (9 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,12) + (36 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (20 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (49 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (8 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5) + (5 \cdot 0,35 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (4 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (1 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (12 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5)] = 382,64 \cdot 0,000976208 = 0,373536 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности изделия РИ-65 равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{382,64}{382,64 + 0,373536} = 0,99902$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,373536} = 1 - e^{-6,692795} = 1 - 0,001239 = 0,99876$$

Статистика полученных данных с АРП за последние 10 лет (рис. 3.2.2).

РИ-65

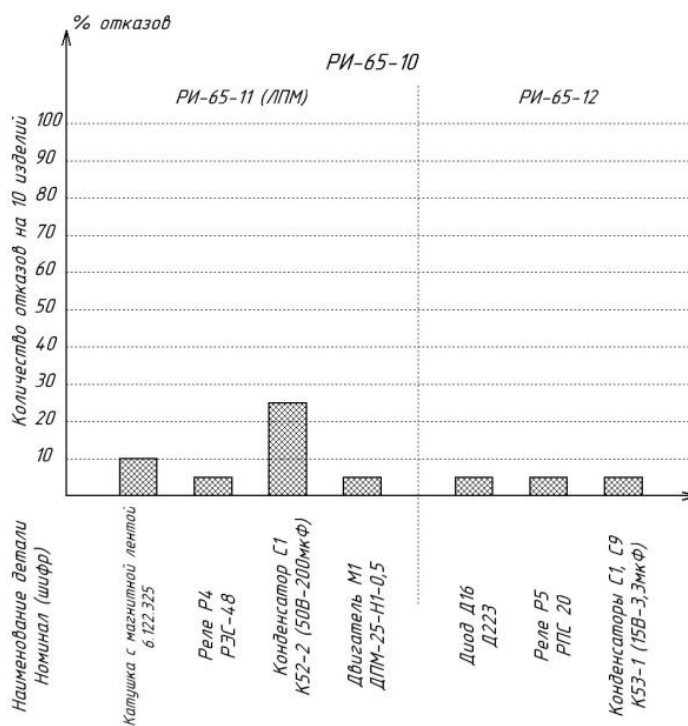


Рис. 3.2.2. Статистика отказов элементов РИ-65Б

§3.3. Анализ отказов УКВ-радиостанции «Баклан-20».

Расчет на надежность УКВ радиостанции «Баклан-20», входящего в систему РСО вертолета Ми-8МТВ

В комплект изделия «Баклан-20» входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	365
Конденсатор	262
Диод	53
Стабилитрон	4
Тумблер	1
Дроссель	26
Трансформатор	5
Транзистор	72
Переключатель	5
Катушки индуктивности	8
Варикап	12
Индуктивность	29
Фильтр	9
Контур	5
Микросхема	37
Вилка	5
Розетка	10
Разъем конструктивный	2
Стабистор	6
Матрица транзисторная	1
Вставка	1

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов изделия «Баклан-20»

равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\begin{aligned} \Lambda = & (365 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (262 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (53 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + \\ & (26 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (72 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (8 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) + (12 \cdot 7 \cdot 10^{-6}) + \\ & (29 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) + (9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}) + (37 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (10 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + \\ & (2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) = 0,00408544 \text{ 1/ч} \end{aligned}$$

2. Среднее время безотказной работы изделия «Баклан-20» равно:

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{0,00408544} = 244,772 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы изделия «Баклан-20» за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы изделия «Баклан-20» за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,00408544 \cdot 24} = 0,907$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,00408544 \cdot 50} = 0,815$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,00408544 \cdot 100} = 0,665$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,00408544 \cdot 200} = 0,442$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\Lambda \cdot 300} = e^{-0,00408544 \cdot 300} = 0,294$$

Вероятность безотказной работы за время, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\Lambda \cdot 500} = e^{-0,00408544 \cdot 500} = 0,13$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$ (рис. 3.3.1).

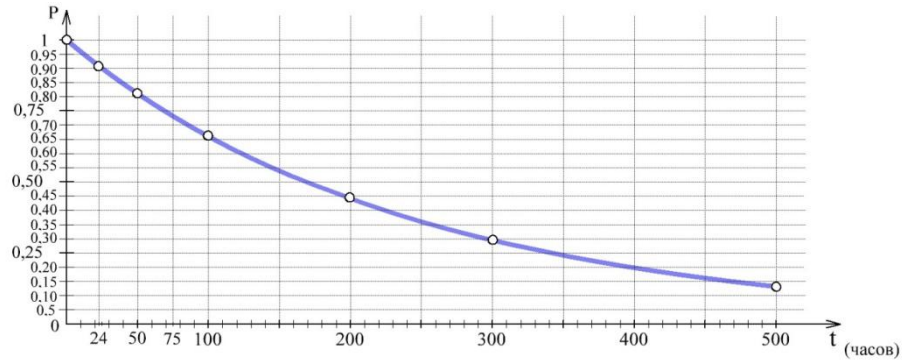


Рис.3.3.1. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления изделия «Баклан-20» равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 244,772 [(365 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (262 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (53 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (26 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (5 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (72 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (5 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (8 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5) + (12 \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (29 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5) + (9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (5 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,65) + (37 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (5 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (10 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (6 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (1 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (1 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575)] = 0,354321 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности изделия «Баклан-20» равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{244,772}{244,772 + 0,354321} = 0,99855$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,354321} = 0,99913$$

Статистика, полученная с АРП за 10 лет (рис. 3.3.2).

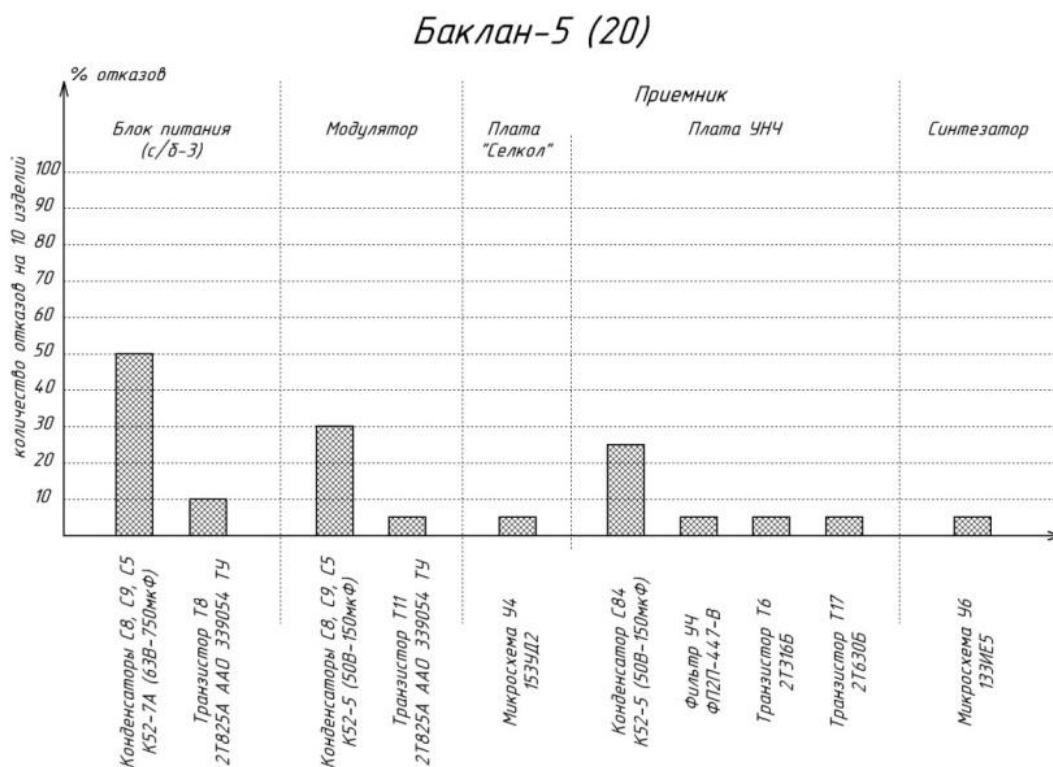


Рис. 3.3.2. Статистика отказов элементов Баклан-20».

Как видно из приведенной диаграммы, элементами, которые наиболее часто отказывают в процессе эксплуатации, являются электролитические конденсаторы, особенно это касается конденсаторов марки К52-7А, которые в свою очередь являются дорогостоящими и дефицитными элементами. Так как все конденсаторы этой марки поставляются из Российской Федерации, то это влечёт за собой ряд последствий, одним из которых является задержка при ремонте.

Выявлено, что причинами отказов данных элементов является в основном:

- перегрев;
- перенапряжение.

Рассмотрев характеристики данных конденсаторов, были выявлены и другие особенности. В частности на графике (рис.3.3.3) приведена зависимость номинального рабочего напряжения от температуры нагрева конденсатора К52-7А-1. Исходя из данного графика можно заметить, что

конденсатор выдерживает температурный режим $+85^{\circ}\text{C}$ (по уровню – 1дБ), после чего его номинальное напряжение резко падает.

К тому же конденсатор марки К52-7А-1 может выдерживать кратковременное перенапряжение $1,15 \cdot U_{\text{ном}}$ в течение не более 10 с.

Зависимость допустимого напряжения на конденсаторе от температуры

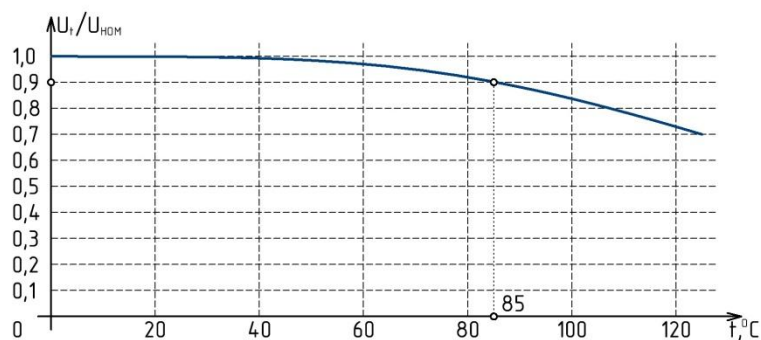


Рис. 3.3.3. График зависимости температуры от номинального напряжения.

Исходя из рассмотренных фактов, следует, что перегрев приводит к перенапряжению конденсатора, следствием чего является отказ РСО.

§3.4. Анализ отказов КВ-радиостанции «Ядро-1А».
Расчет на надежность КВ радиостанции «Ядро-1А»,
входящего в систему РСО вертолета Ми-8МТВ.

В комплект изделия «Ядро-1А» входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	1000
Конденсатор	732
Диод	281
Транзистор	127
Вилка	43
Стабилитрон	35
Транзисторная матрица	13
Трансформатор	22
Реле	68
Дроссель	135
Светодиод	1
Микросхема	31
Выпрямительный диод	1
Матрица диодная	2
Электродвигатель	1
Термопредохранитель	1
Розетка	38
Термопредохранитель	1
Датчик	1
Ферровариометр	2
Катушки индуктивности	17
Кнопка малогабаритная	1
Лампа	17
Переключатель	11
Варикап	5
Фильтр	19
Колодка	6
Контактор	1
Обмотка перегрева	3
Терморезистор	8

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов изделия «Ядро-1А»
равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (1000 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (732 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (281 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (127 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (43 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (35 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (13 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}) + (22 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (68 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (135 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (31 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 7 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6}) + (38 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (17 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}) + (17 \cdot 8 \cdot 10^{-6}) + (11 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 7 \cdot 10^{-6}) + (19 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}) + (8 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) = 10789,15 \cdot 10^{-6} = 0,01078915 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,01078915} = 92,6857074 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,01078915 \cdot 24} = 0,772$$

Вероятность безотказной работы изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,01078915 \cdot 50} = 0,583$$

Вероятность безотказной работы изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,01078915 \cdot 100} = 0,339$$

Вероятность безотказной работы изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,01078915 \cdot 200} = 0,116$$

Вероятность безотказной работы изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300)=e^{-\Lambda \cdot 300} = e^{-0,01078915 \cdot 300} = 0,0393$$

Вероятность безотказной работы изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500)=e^{-\Lambda \cdot 500} = e^{-0,01078915 \cdot 500} = 0,0045$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

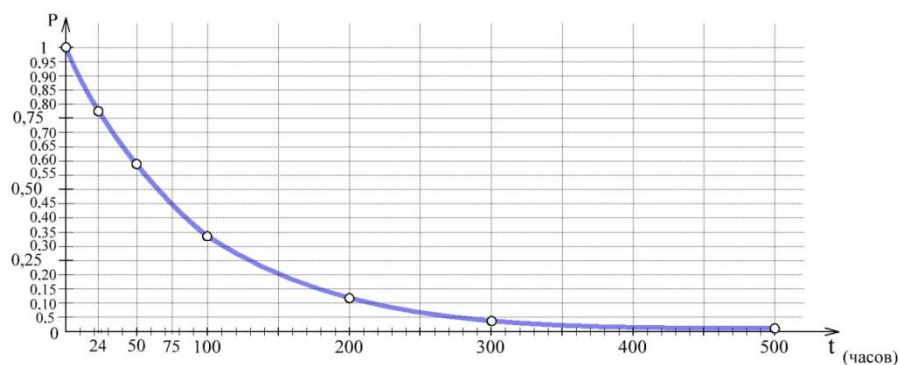


Рис.3.4.1. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 92,6857074 \cdot [(1000 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (732 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (281 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (127 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (43 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (35 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (13 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (22 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (68 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (135 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (1 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (31 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (1 \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (2 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,72) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,15) + (38 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,15) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (17 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5) + (1 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (17 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,12) + (11 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (5 \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (19 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,57) + (8 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3)] = 92,6857074 \cdot 0,003912057 = 0,362592 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности изделия «Ядро-1А» равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{92,6857074}{92,6857074 + 0,362592} = 0,996103$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2.5/T_B} = 1 - e^{-2.5/0.362592} = 0,99899$$

Расчёт на надёжность блоков изделия «Ядро-1А», входящего в систему РСО вертолета Ми-8МТВ

В комплект блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	763
Конденсатор	130
Диод	191
Транзистор	95
Вилка	30
Стабилитрон	21
Транзисторная матрица	9
Трансформатор	10
Реле	37
Дроссель	100
Микросхема	29
Розетка	27
Катушки индуктивности	11
Варикап	5
Фильтр	19
Колодка	6
Обмотка перегрева	3
Терморезистор	14

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\begin{aligned} \Lambda = & (763 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (130 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (191 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (95 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (30 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + \\ & (21 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (9 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}) + (10 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (37 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (100 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + \\ & (29 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (27 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (11 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 7 \cdot 10^{-6}) + (19 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + \\ & (3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}) + (14 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) = 7017,9 \cdot 10^{-6} = 0,0070179 \text{ 1/ч} \end{aligned}$$

2. Среднее время безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_{cp} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{cp} = \frac{1}{0,0070179} = 142,4928 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,0070179 \cdot 24} = 0,845$$

Вероятность безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,0070179 \cdot 50} = 0,705$$

Вероятность безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,0070179 \cdot 100} = 0,50$$

Вероятность безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,0070179 \cdot 200} = 0,245$$

Вероятность безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\Lambda \cdot 300} = e^{-0,0070179 \cdot 300} = 0,121$$

Вероятность безотказной работы блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\Lambda \cdot 500} = e^{-0,0070179 \cdot 500} = 0,02$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$ (рис. 3.4.2).

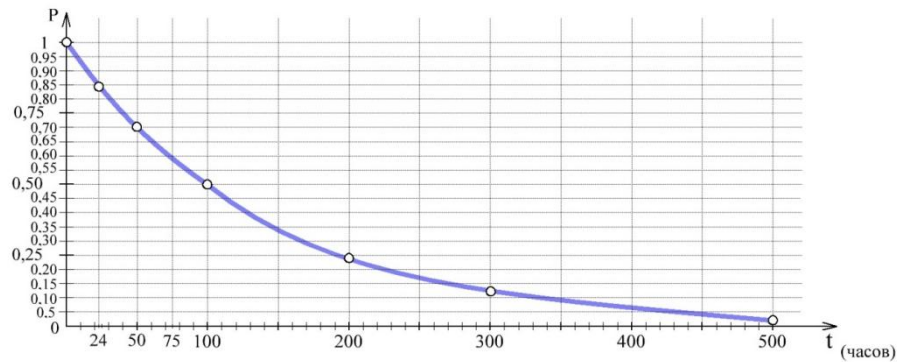


Рис.3.4.2. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 142,4928 \cdot [(763 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (130 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (191 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (95 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (30 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (21 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (9 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (10 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (37 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (100 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (29 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (27 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (11 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5) + (5 \cdot 7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (19 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,57) + (14 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3)] = 142,4928 \cdot 0,002503439 = 0,356722 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности блока Б1-Яр II изделия «Ядро-1А» равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{142,4928}{142,4928 + 0,356722} = 0,997503$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,356722} = 0,99909$$

**Расчет на надежность блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А»,
входящего в систему РСО вертолета Ми-8МТВ**

В комплект блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А» входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	176
Конденсатор	124
Диод	63
Транзистор	19
Вилка	6
Стабилитрон	8
Транзисторная матрица	4
Трансформатор	9
Реле	16
Дроссель	26
Микросхема	1
Матрица диодная	2
Электродвигатель	1
Термопредохранитель	1
Розетка	7
Катушки индуктивности	1
Переключатель	3
Контактор	1

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А» равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (176 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (124 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (63 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (19 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (8 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}) + (9 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (16 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (26 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6}) + (7 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) = 1883,5 \cdot 10^{-6} = 0,0018835 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,0018835} = 530,9265 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\lambda \cdot 24} = e^{-0,0018835 \cdot 24} = 0,955$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\lambda \cdot 50} = e^{-0,0018835 \cdot 50} = 0,91$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\lambda \cdot 100} = e^{-0,0018835 \cdot 100} = 0,83$$

Вероятность безотказной работы за время, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\lambda \cdot 200} = e^{-0,0018835 \cdot 200} = 0,68$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\lambda \cdot 300} = e^{-0,0018835 \cdot 300} = 0,56$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\lambda \cdot 500} = e^{-0,0018835 \cdot 500} = 0,389$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

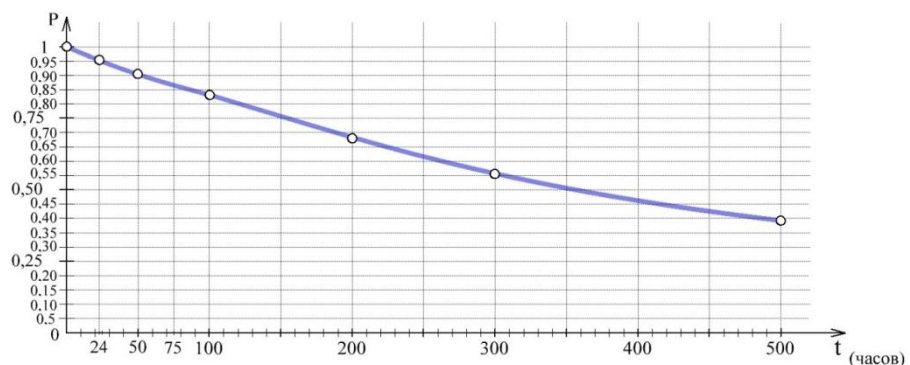


Рис.3.4.3. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 530,9265 \cdot [(176 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (124 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (63 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (19 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (8 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (4 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (9 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (16 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (26 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (1 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (2 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,72) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,15) + (7 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5) + (3 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25)] = 0,37029 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности блока Б4-Яр I изделия «Ядро-1А» равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{530,9265}{530,9265 + 0,37029} = 0,999303$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,37029} = 0,99883$$

Расчет на надежность блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А».

В комплект блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	29
Конденсатор	36
Диод	23
Транзистор	2
Вилка	6
Стабилитрон	2
Трансформатор	1
Реле	13
Дроссель	5
Микросхема	1
Термопредохранитель	1
Розетка	4
Датчик	1

Ферровариометр	2
Катушки индуктивности	1

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (29 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (36 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (23 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (13 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) = 512,05 \cdot 10^{-6} = 0,00051205 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,000512} = 1952,934 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,000512 \cdot 24} = 0,987$$

Вероятность безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,000512 \cdot 50} = 0,975$$

Вероятность безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,000512 \cdot 100} = 0,95$$

Вероятность безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,000512 \cdot 200} = 0,902$$

Вероятность безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\lambda \cdot 300} = e^{-0,000512 \cdot 300} = 0,858$$

Вероятность безотказной работы блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\lambda \cdot 500} = e^{-0,000512 \cdot 500} = 0,774$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

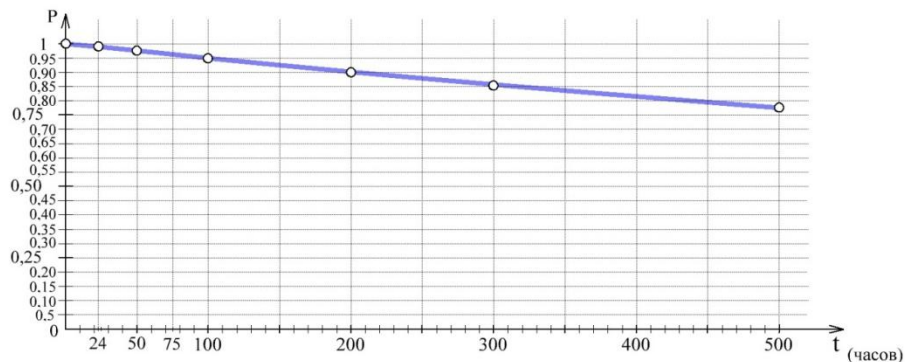


Рис.3.4.4. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 1952,934 \cdot [(29 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (36 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (23 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (6 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (1 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (13 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (5 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (1 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,15) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5)] = 1952,934 \cdot 0,000218104 = 0,425943 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности блока Б5-Яр I изделия «Ядро-1А» равен:

$$K_G = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_G = \frac{1952,934}{1952,934 + 0,425943} = 0,999782$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau)=1-e^{-2.5/T_B}=1-e^{-2.5/0,425943}=0,99717$$

Расчетна надежность блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А».

В комплект блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	14
Конденсаторы	16
Стабилитрон	4
Дроссель ВЧ	4
Транзистор	10
Трансформатор	2
Реле	1
Вилка	1

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (14 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (16 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (10 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) = 215 \cdot 10^{-6} = 0,000215 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,000215} = 4651,163 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,000215 \cdot 24} = 0,995$$

Вероятность безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50)=e^{-\lambda \cdot 50} = e^{-0,000215 \cdot 50}=0,989$$

Вероятность безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100)=e^{-\lambda \cdot 100} = e^{-0,000215 \cdot 100}=0,978$$

Вероятность безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200)=e^{-\lambda \cdot 200} = e^{-0,000215 \cdot 200}=0,958$$

Вероятность безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300)=e^{-\lambda \cdot 300} = e^{-0,000215 \cdot 300}=0,938$$

Вероятность безотказной работы блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500)=e^{-\lambda \cdot 500} = e^{-0,000215 \cdot 500}=0,898$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

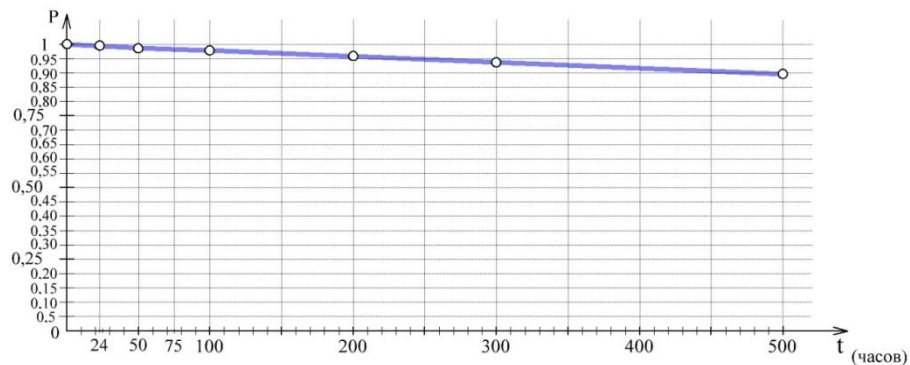


Рис.3.4.5. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 4651,163 \cdot [(14 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (16 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (10 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58)] = 0,355386 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности блока Б18-Яр I изделия «Ядро-1А» равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{4651,163}{4651,163 + 0,355386} = 0,999923$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,355386} = 0,99912$$

Расчёт на надёжность блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А», входящего в систему РСО вертолета Ми-8МТВ

В комплект блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А» входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	18
Конденсаторы	1
Диод	5
Светодиод	1
Транзистор	1
Реле	1
Вилка	1
Переключатель	8
Лампа	17
Кнопка малогабаритная	1

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А» равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (18 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (8 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (17 \cdot 8 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}) = 317,5 \cdot 10^{-6} = 0,0003175 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,0003175} = 3149,606 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А» за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,0003175 \cdot 24} = 0,992$$

Вероятность безотказной работы за время, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,0003175 \cdot 50} = 0,984$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,0003175 \cdot 100} = 0,969$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,0003175 \cdot 200} = 0,938$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\Lambda \cdot 300} = e^{-0,0003175 \cdot 300} = 0,91$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\Lambda \cdot 500} = e^{-0,0003175 \cdot 500} = 0,853$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$ (рис.3.4.6)

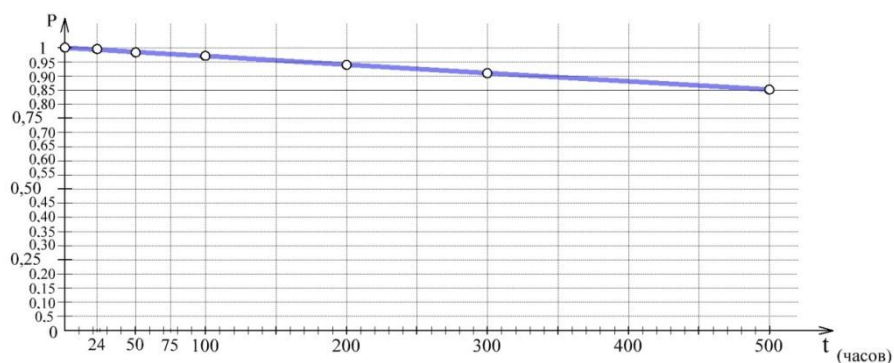


Рис.3.4.6. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А» равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 3149,606 \cdot [(18 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (8 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (17 \cdot 8 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6})] = 3149,606 \cdot 0,000075715 = 0,238472 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности блока Б7А1-Яр I изделия «Ядро-1А» равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{3149,606}{3149,606 + 0,238472} = 0,999924$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,238472} = 0,999972$$

Статистические данные, полученные с АРП за последние 10 лет (рис. 3.4.7).

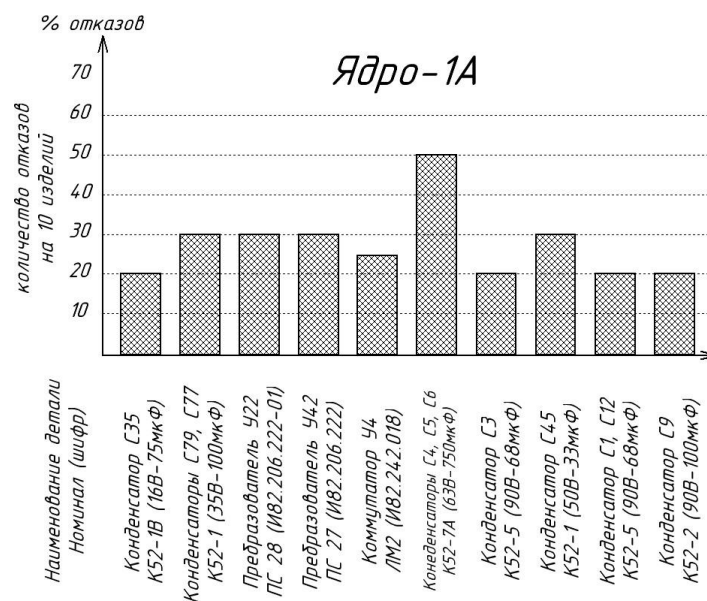


Рис. 3.4.7. Статистика отказов элементов «Ядро-1А».

Статистические данные показывают на явные проблемы с конденсаторами К52-7А, возможные причины и характеристики конденсатора приведены в статистике на «Баклан-20»

§3.5. Анализ отказов самолетного переговорного устройства СПУ-7

Расчёт на надежность самолетного переговорного устройства СПУ-7

Следует указать, что количество аппаратов абонентских и усилителей зависит от модификации ВС.

Но стандартная комплектация СПУ-7 состоит из:

-аппаратов абонентских-3 шт.

-усилителей-2 шт.

В комплект самолетного переговорного устройства СПУ-7 входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
Резистор	59
Конденсатор	35
Диод	11
Стабилитрон	3
Дроссель фильтра	3
Трансформатор	11
Транзистор	12
ШР-колодка	3
Клемма	3
ШР-разъем	2
Кнопка	2
Переключатель	2
Тумблер	4
Кнопка	2
Реле	6

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов изделия СПУ-7 равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (59 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (35 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (11 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}) + (11 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}) + (12 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) = 641,77 \cdot 10^{-6} = 0,00064177 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы изделия СПУ-7 равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,00064177} = 1558,191 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы изделия СПУ-7 за время эксплуатации вертолета Ми-8МТВ до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы изделия СПУ-7 за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\lambda \cdot 24} = e^{-0,00064177 \cdot 24} = 0,985$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\lambda \cdot 50} = e^{-0,00064177 \cdot 50} = 0,968$$

Вероятность безотказной работы за время, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\lambda \cdot 100} = e^{-0,00064177 \cdot 100} = 0,937$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\lambda \cdot 200} = e^{-0,00064177 \cdot 200} = 0,88$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\lambda \cdot 300} = e^{-0,00064177 \cdot 300} = 0,825$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\lambda \cdot 500} = e^{-0,00064177 \cdot 500} = 0,725$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

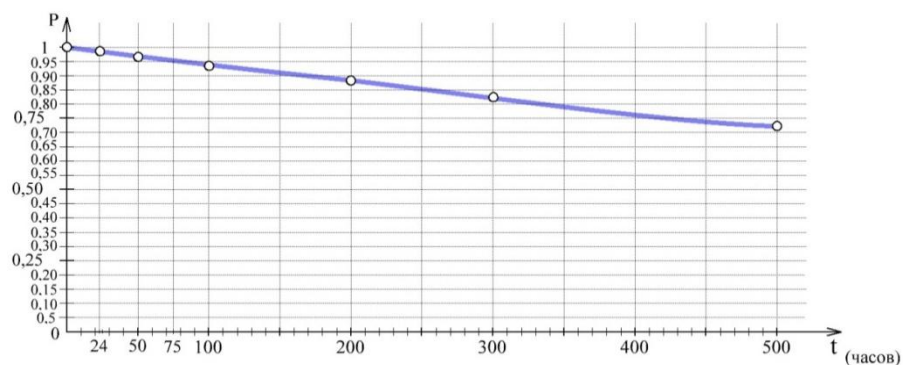


Рис.3.5.1. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления изделия СПУ-7 равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 1558,191 \cdot [(59 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (35 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (11 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,37) + (3 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,52) + (11 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,6) + (12 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (3 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575) + (2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (4 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35) + (2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (6 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7)] = 1558,191 \cdot 0,000232198 = 0,361808 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности изделия СПУ-7 равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{1558,191}{1558,191 + 0,361808} = 0,999768$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,361808} = 0,999$$

Статистические данные, полученные с АРП (рис. 3.5.2).

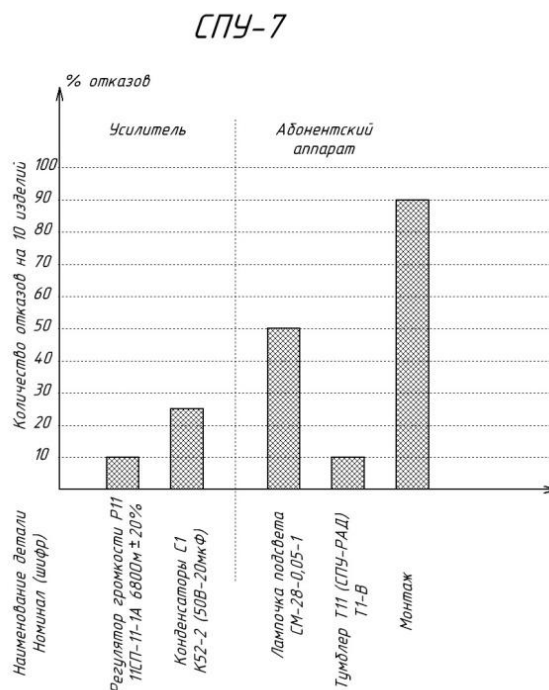


Рис.3.5.2. Статистические данные СПУ-7.

Как видно из графика проведенных исследований монтаж на галетном переключателе абонентского аппарата является значительным «слабым» местом СПУ-7.

ГЛАВА 4. ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО

СПУ-7

§4.1. Методы устранения недостатков существующего оборудования

Методы повышения надежности можно разделить на структурные и информационные.

Структурные методы повышения надежности. Абсолютной надежности технических устройств добиться принципиально невозможно, а максимально повысить показатели их надежности реально, и это является важнейшей научной и технической задачей. Повышение уровня надежности РЭА достигается, прежде всего, устранением причин, вызывающих в ней отказы, т. е. сведением к минимуму конструкторских, технологических и эксплуатационных ошибок. [14]

Значительного повышения надежности РЭА достигают созданием новых элементов. Так, применение интегральных схем для построения РЭА привело к значительному повышению надежности аппаратуры третьего и четвертого поколений.

Однако повышением надежности элементов не удается полностью решить проблему построения надежных РЭА, что вызвано значительным опережением роста сложности вновь разрабатываемых РЭА, большими затратами при получении элементов высокой надежности, а также существованием элементов, надежность которых довольно низка и трудно поддается повышению. Поэтому один из путей повышения надежности РЭА - введение схемной избыточности.

Повышение надежности РЭА резервированием. Резервирование - способ повышения надежности аппаратуры, заключающийся в дублировании РЭА в целом или отдельных ее модулей или элементов. Резервирование предполагает включение в схему устройства дополнительных элементов, которые позволяют скомпенсировать отказы отдельных частей устройств и обеспечить его надежную работу. Но резервирование эффективно только в

том случае, когда неисправности являются статистически независимыми. Различают следующие виды резервирования: постоянное (резервные элементы включены вместе с основным и функционируют в тех же режимах); резервирование замещением (обнаружение отказавшего элемента и замена его резервным); скользящее резервирование (любой резервный элемент может замещать любой отказавший).

Если $P_c(t)$ - вероятность безотказной работы системы, то установка и включение параллельно нескольких таких же систем приводит к увеличению результирующей вероятности безотказной работы резервированной системы $P(t)$, которую можно определить из выражения:

$$P(t) = 1 - [1 - P_c(t)]^{m+1},$$

где m - число резервных систем, включенных параллельно основной. Так, например, при вероятности безотказной работы модуля 0,7 включение одного резервного модуля повысит вероятность безотказной работы до 0,91, а двух - до 0,973.

В РЭА применяется общее (резервируются отдельные модули), и поэлементное резервирование на уровне микросхем или отдельных элементов. При одинаковом количестве резервных элементов поэлементное резервирование эффективнее общего, но требует большого числа дополнительных электрических связей.

Постоянное резервирование в РЭА производят по следующей схеме: входные сигналы поступают на n логических схем, причем $n > k$, где k — число логических схем в нерезервированной схеме. Выходные сигналы всех n логических схем далее подают на решающий элемент, который согласно функции решения по этим сигналам определяет значения выходных сигналов всей схемы. Функция решения - правило отображения входных состояний решающего элемента на множество его выходных состояний.

Простейший и наиболее распространенный вид функции решения - «закон большинства», или мажоритарный закон. Решающий элемент обычно

называют мажоритарным элементом. Работа мажоритарного элемента состоит в следующем: на входы элемента поступают двоичные сигналы от нечетного количества идентичных элементов; выходной сигнал элемента принимает значение, равное значению, которое принимает большинство входных сигналов. Наиболее широко используют мажоритарные элементы, работающие по закону «2 из 3». В этих элементах значение выходного сигнала равно значению двух одинаковых входных сигналов.

Кроме того, известны мажоритарные элементы, работающие по закону «3 из 5», «4 из 7» и т. д. Схема мажоритарного элемента, работающего по закону «2 из 3» и построенного из логических элементов И и ИЛИ, основана на выражении $z = x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_1 x_3$ и имеет вид, изображенный на рис. 4.1.1.

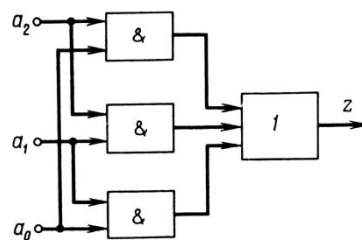


Рис. 4.1.1. Схема мажоритарного элемента «2 из 3»

По способу включения резервных элементов функциональных устройств различают три вида резервирования: постоянное, замещением и скользящее.

При постоянном резервировании предполагают, что любой отказавший элемент или узел не влияет на выходные сигналы и поэтому его прямого обнаружения не производится. Постоянное резервирование наиболее распространено в невозстанавливаемых устройствах. Кроме того, оно является единственно возможным в устройствах, где недопустим даже кратковременный перерыв в работе.

Постоянное резервирование вводится или с помощью решающего блока, или в виде однотипных элементов или блоков, включенных последовательно, параллельно или, например, согласно законам k-кратной

логики.

В качестве решающего блока можно использовать мажоритарные элементы с постоянными или переменными весами, кодирующие - декодирующие устройства и схемы из логических элементов И, ИЛИ, НЕ.

Резервирование замещением предполагает обнаружение отказавшего элемента или узла и подключение исправного. Замещение может происходить либо автоматически, либо вручную.

Резервирование замещением имеет следующие достоинства. Для многих схем при включении резервного оборудования не требуется дополнительно регулировать выходные параметры, вследствие того, что электрические режимы в схеме не меняются. Резервная аппаратура до момента включения в работу обесточена, что повышает общую надежность системы за счет сохранения ресурса электронных устройств. Имеется возможность использования одного резервного элемента на несколько рабочих.

Вследствие сложности аппаратуры для автоматического включения резерва резервирование замещением целесообразно применять к крупным блокам и отдельным функциональным частям РЭА.

При скользящем резервировании любой резервный элемент может замещать любой основной элемент. Для осуществления этого резервирования необходимо иметь устройство, которое автоматически находит неисправный элемент и подключает вместо него резервный. Достоинство такого резервирования в том, что при идеальном автоматическом устройстве будет наибольший выигрыш в надежности по сравнению с другими методами резервирования. Однако осуществление скользящего резервирования возможно лишь при однотипности элементов.

Информационные методы повышения надежности РЭА. Основное применение информационных методы находят в вычислительной технике. Реализуются они в виде корректирующих кодов. Назначение этих кодов

состоит в том, чтобы обнаруживать и исправлять ошибки в РЭА без прерывания их работы.

Корректирующие коды предусматривают введение в изделия некоторой избыточности. Различают временную и пространственную избыточность. Временная избыточность характеризуется неоднократным решением задачи. Полученные результаты сравниваются, и если они совпадают, то делается вывод, что задача решена правильно. Временная избыточность вводится в РЭА программным путем.

Пространственная избыточность характеризуется удлинением кодов чисел, в которые вводят дополнительно контрольные разряды. Суть обнаружения и исправления ошибок с помощью корректирующих кодов состоит в следующем. В конечном множестве A выходных слов устройства выделяют подмножество B разрешенных кодовых слов (т. е. $B \subset A$). Эти слова могут появиться лишь в том случае, если все арифметические и логические операции, выполняемые РЭА, осуществляются правильно. Тогда очевидно, что подмножество $A - B = C(A \setminus B = C)$ будет характеризовать запрещенные кодовые слова. Последние имеют место только при наличии ошибок.

Далее все слова на выходе устройства анализируют. Например, если слово b_i относится к подмножеству разрешенных кодовых слов (т. е. $b \subset B$), то это означает, что процесс идет нормально; слово b_i считают правильным и его можно декодировать.

Если на выходе устройства появляется запрещенное кодовое слово $c_i (c_i \in C)$, то это свидетельствует о наличии ошибки, и она фиксируется.

Для устранения обнаруженных таким образом ошибок все запрещенные кодовые слова разбиваются на группы. Каждой такой группе ставится в соответствие только одно разрешенное кодовое слово. При декодировании запрещенные кодовые слова c_i автоматически заменяются разрешенными кодовыми словами из той группы, к которой принадлежит c_i .

Таким образом, корректирующие коды в состоянии не только обнаруживать ошибки, но и устранять их.

Расчет надежности РЭА. Определив из ТЗ требуемую вероятность безотказной работы аппаратуры, конструктор распределяет эту вероятность по составляющим РЭА модулям, подбирает элементы с необходимыми интенсивностями отказов, выявляет потребность и глубину резервирования, принимает меры по защите аппаратуры от воздействий дестабилизирующих факторов.

Расчет надежности РЭА состоит в определении числовых показателей надежности $P(t)$ и T_{cp} по известным интенсивностям отказов комплектующих РЭА элементов. При этом считается, что, если выход из строя любого элемента приводит к выходу из строя всей РЭА, то имеет место последовательное включение элементов. Усредненные данные по интенсивностям отказов микросхем, электрорадиоэлементов, узлов и электрическим соединениям известны.[2]

При конструировании необходимы данные об ожидаемых изменениях характеристик элементов в течение всего срока службы РЭА. Например, если разрабатывается аппаратура со сроком службы 10 лет, то необходимо предварительно в течение 10 лет, если не используется какой-либо метод ускоренных испытаний, собирать данные об изменении параметров комплектующих элементов, что в общем случае нереально, так как за это время может устареть как элементная база, так и сама разрабатываемая РЭА. [8]

Поэтому трудно ожидать совпадения реального и рассчитанного поведения системы, но расчеты надежности необходимо выполнять, так как в ТЗ на разработку всегда указываются требуемые показатели надежности.

Вероятность безотказной работы системы обычно вычисляется с использованием выражений:

$$P_c(t) = \exp\left(-\int_0^t \Lambda(t) dt\right), \Lambda(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t),$$

где $\lambda_i(t)$ – интенсивность отказов i -го модуля, n – число модулей системы.

Модули одного иерархического уровня имеют приблизительно равную надежность. Тогда для системы из K групп модулей одного уровня:

$$P_c(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^K n_i \int_0^t \lambda_i(t) dt\right), \Lambda(t) = \sum_{i=1}^K n_i \lambda_i(t),$$

где n_i - число модулей i -го уровня иерархии.

Для экспоненциального закона распределения, когда интенсивность отказов можно считать величиной постоянной:

$$\Lambda(t) = \Lambda = \text{const}, P_c(t) = \exp(-\Lambda t).$$

В общем случае надежность конструкции зависит от соотношения прочности и устойчивости к нагрузке, которую приходится выдерживать аппаратуре в процессе эксплуатации. Под прочностью здесь понимается способность аппаратуры выдерживать без разрушений внешние температурные, механические, влажностные и прочие воздействия, под устойчивостью - способность к работе при тех же воздействиях

Создание аппаратуры без излишних запасов прочности - важная и сложная задача, поскольку конструктор не всегда имеет четкие количественные параметры внешних воздействий, отсутствуют или имеются неточные математические модели, позволяющие весьма ориентировочно произвести указанную оценку. Это приводит к внесению в конструкцию завышенных запасов прочности и устойчивости, так называемых коэффициентов незнания, уточнение которых - условие успешного обеспечения заданной надежности при минимальной себестоимости.

Есть несколько основных путей повышения уровня надёжности РСО, которые можно подчеркнуть из вышесказанного:

1. Замена элементной базы на аналогичную по электрическим характеристикам, но более устойчивую к климатическим особенностям Средней Азии;

2. Изменение расположения оборудования, однако, для перемещения изделия на другое посадочное место требуется согласование с заводом изготовителем, который в случае с Ми-8МТВ находится в Российской Федерации;

3. Доработка оборудования, т.е. конструктивное изменение всего блока (в частности улучшение герметизации или отвода тепла) или изделия в целом;

4. Замена всего оборудования на аналогичное, но более современное, обладающего повышенной надёжностью, и соответствующим современным нормам. [4]

По ряду причин эксплуатации и модернизации мною был выделен один из пунктов, такой как модернизация всего изделия в целом, подходящую под климатические условия Центральной Азии. Т.к. у каждого изделия есть назначенный ресурс и замена одного элемента с назначенным ресурсом больше чем ресурс всего блока является бессмысленным, так как данный блок все равно спишут, а всю элементную базу отправят на драгоценные металлы.

§4.2. Разработка принципиальной схемы с повышенной степенью надежности

В качестве разрабатываемого устройства я предлагаю самолетное переговорное устройство СПУ-7 в частности на данном этапе предлагаю разработку блока усилителя УС.

На (рис. 4.2.1) приведена схема усилителя СПУ-7 эксплуатируемая на сегодняшний день.

Краткие технические данные, которым должно соответствовать усилительное устройство СПУ-7

- номинальное напряжение питания 27В постоянного тока;
- потребляемый ток от бортовой сети при напряжении 27В не более 0,27А;
- выходное напряжение -45-70В;
- коэффициент около 100;
- частотная характеристика усиления в полосе 2200-3000 Гц на 18-26дБ;
- коэффициент нелинейных искажений при выходном напряжении 50В на частоте 1000 Гц при нагрузке выхода усилителя на 6 пар телефонов типа ТА-56М-не более 8%;
- напряжение питания ларингофонов 4,5 В \pm 10%.

В данном случае можно предложить замену большинства элементов на интегральные микросхемы, плюсы интегральных микросхем приводятся выше.

По многим параметрам подходят несколько микросхем такие как:

- TDA 2611A (6-35В, 5Вт) (рис. 4.2.2)
- TDA2007 (8-26В, 6Вт)
- STK 4028

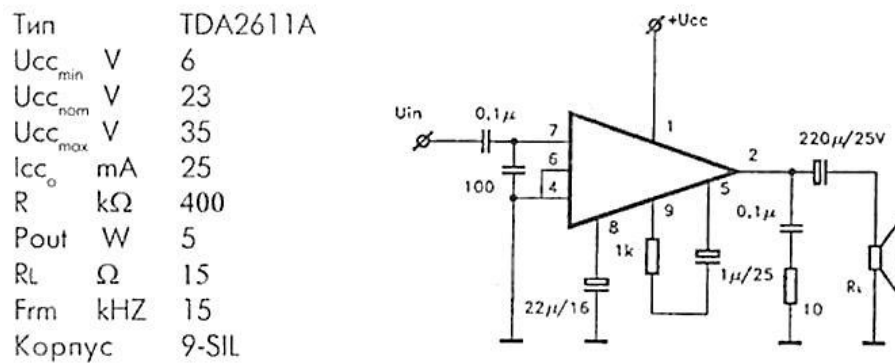


Рис. 4.2.2. Параметры и принципиальная схема усилителя низкой частоты на микросхеме TDA 2611A.

К сожалению, выходная мощность слишком большая для телефонов типа ТА-56М, поэтому целесообразно использовать понижающий трансформатор.

Микросхема STK4028

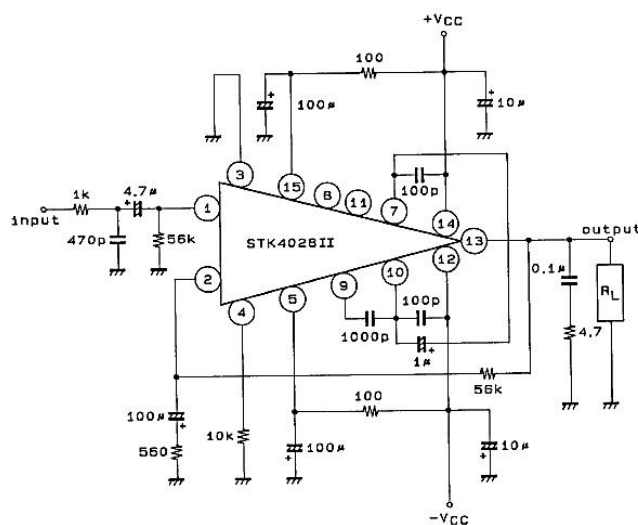


Рис. 4.2.3. Принципиальная схема усилителя низкой частоты на микросхеме STK 4026.

Учитывая, что для схемы на ИМС TDA 2611A не подходят несколько параметров, таких как питающее напряжение и выходная мощность, можно установить понижающие трансформаторы и переменные резисторы.

Но в то же время для работы данной схемы необходимо иметь достаточно большой радиатор, который повысит вес и габариты данного блока.

Микросхема усилителя НЧ TDA2030A фирмы ST Microelectronics пользуется заслуженной популярностью среди радиолюбителей. Она обладает высокими электрическими характеристиками и низкой стоимостью, что позволяет при минимальных затратах собирать на ней высококачественные УНЧ мощностью до 18 Вт. Однако не все знают о ее "скрытых достоинствах": оказывается, на этой ИМС можно собрать ряд других полезных устройств. Микросхема TDA2030A представляет собой 18 Вт Hi-Fi усилитель мощности класса АВ или драйвер для УНЧ мощностью до 35 Вт (с мощными внешними транзисторами). Она обеспечивает большой выходной ток, имеет малые гармонические и интермодуляционные искажения, широкую полосу частот усиливаемого сигнала, очень малый уровень собственных шумов, встроенную защиту от короткого замыкания выхода, автоматическую систему ограничения рассеиваемой мощности, удерживающую рабочую точку выходных транзисторов ИМС в безопасной области. Встроенная термозащита обеспечивает выключение ИМС при нагреве кристалла выше 145°C. Микросхема выполнена в корпусе Pentawatt и имеет 5 выводов. Вначале вкратце рассмотрим несколько схем стандартного применения ИМС - усилителей НЧ.

Предельные эксплуатационные данные:

Напряжение питания – $\pm 6 \dots \pm 22$ В*,

Максимальное входное напряжение – ± 15 В,

Максимальный выходной ток – 3,5 А,

Максимальная температура кристалла – 150°C,

Максимальная мощность, рассеиваемая микросхемой, при температуре корпуса $\leq 90^{\circ}\text{C}$ – 20 Вт



Рис. 4.2.4. Внешний вид микросхемы TDA2030A.

Т.к. питание микросхемы осуществляется напряжением 22В а борт сеть на воздушном судне составляет 27В. Необходимо установить стабилизатор понижающий напряжение до оптимального для эффективной работы усилителя. Нам в данном случае подходит микросхема L7824 - стабилизатор напряжения 24 В, размещённый в корпусе типа ТО-220 с тремя выводами. Способность стабилизации такого популярного напряжения как 24 В делает его полезным в целой массе различных электронных устройств. Часто эти стабилизаторы 24 В применяются для питания некой локальной части схемы, когда невыгодно делать полноценный блок питания на 24 В, а проще применить 7824 просто понизив основное, более высокое напряжение питания основной схемы.

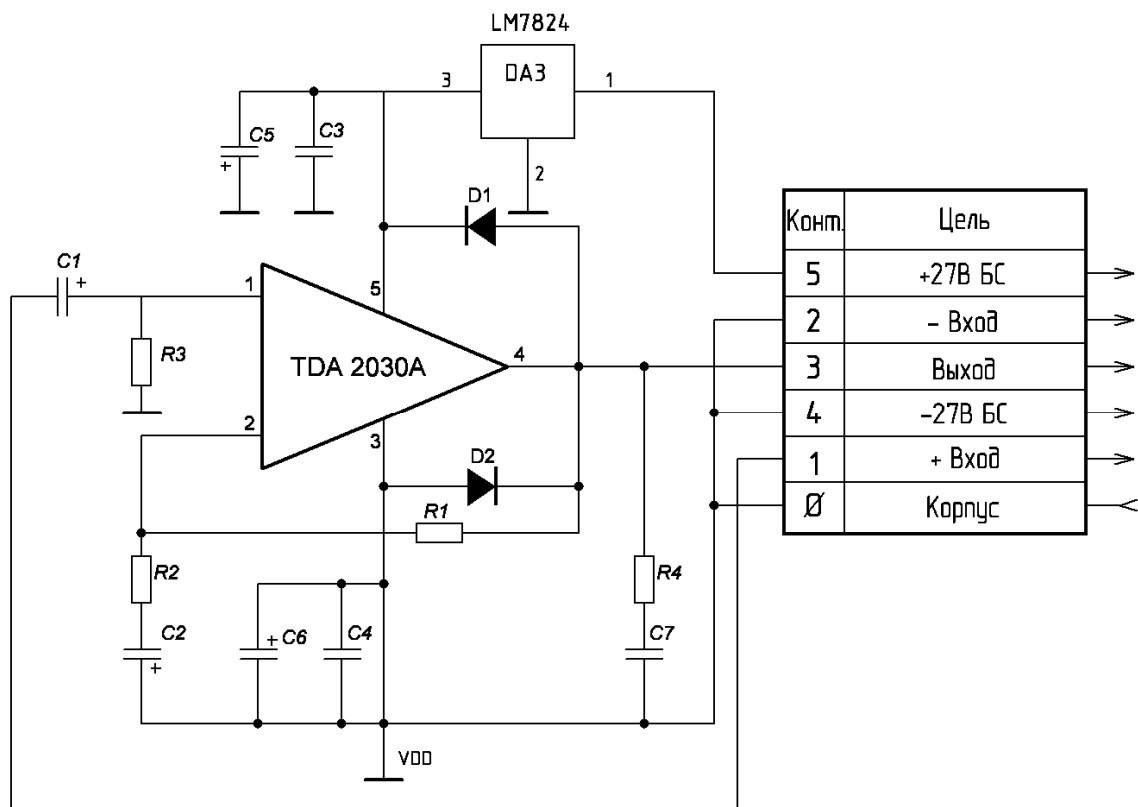


Рис. 4.2.5. Принципиальная схема предлагаемого блока усилителя на микросхеме TDA2030A.

Назначение элементов схемы.

C3 – разделительный. R5, R6, C5 – цепь отрицательной обратной связи по переменному току, которая определяет коэффициент усиления, где R5 и R6 делитель напряжения, а C5 – разделительный. Уменьшение номинала R6 увеличивает коэффициент усиления, а увеличение наоборот.

VD1, VD2 – защищают выходной каскад от пробоя при работе на индуктивную нагрузку.

C1, C2, C7, C8 – блокировочные.

R2, C4 – цепь, предотвращающая самовозбуждение.

R3 – балластный резистор, ограничивающий мощность, подводимую у телефонам (наушникам).

Защитные цепи микросхемы TDA2030 ограничивают выходные токи выходных транзисторов таким образом, что их рабочие режимы не выходят

за пределы зоны безопасной работы. Эта функция скорее может быть отнесена к классу ограничителей пиковой мощности, чем к ограничителям тока. Благодаря ей значительно уменьшается вероятность повреждения устройства в результате случайного короткого замыкания выхода усилителя на корпус.

Что касается тепловой защиты, то при повышении температуры кристалла выше 150°C, система тепловой защиты ограничивает ток потребления и рассеиваемую мощность. Поэтому даже постоянная перегрузка выхода или слишком высокая температура воздуха не приведут к порче микросхемы TDA2030. Радиатор можно делать без запаса на безопасность при перегреве, как это делается в классическом варианте теплового расчета.

Между микросхемой TDA2030 и теплоотводом изоляция не требуется. Рекомендуется применение теплопроводящей пасты.

§4.3. Усовершенствование абонентского аппарата СПУ-7.

Основной целью проектирования всегда является поиск наилучшего технического решения для достижения поставленной цели. Современная элементная база во многом сводит этот процесс к компромиссу между применением устройства с наилучшими параметрами и устройством с приемлемой стоимостью. Кроме того, устройство должно отвечать ряду технических параметров предъявляемых к оборудованию данного типа, в частности характеристикам надежности, требованиям к массе, габаритам, устойчивости к вибрациям и т.д.

Как упоминалось выше, слабыми местами абонентского аппарата является навесной монтаж, т.е. галетный переключатель и тумблера с помощью которых осуществлялось переключение режимов.

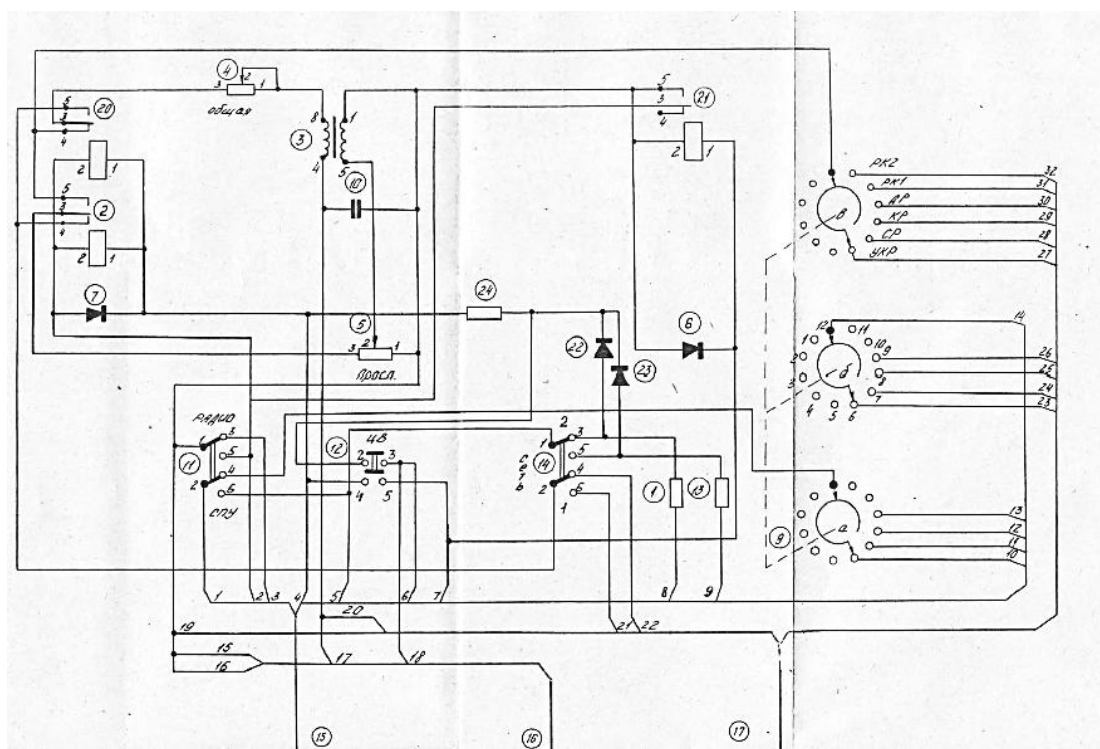


Рис. 4.3.1 Принципиальная схема абонентского аппарата СПУ-7

Для того чтобы избавиться от навесного монтажа и перейти от аналогового управления к цифровому в диссертационной работе предлагаю к использованию ИМС, причины перехода к ИМС указаны в предыдущих параграфах.

Для начала необходимо выбрать микросхему, которая будет выполнять переключение режимов. В наших целях удобно использовать аналоговый коммутатор.

Аналоговый коммутатор служит для переключения непрерывно изменяющихся электрических сигналов. Если коммутатор находится в состоянии “включено”, его выходное напряжение должно, по возможности, быть равным входному; если же коммутатор находится в состоянии “выключено”, выходное напряжение должно быть как можно ближе к нулю.

По причине большого количества режимов в спу-7 обычные аналоговые коммутаторы с 4-мя или 6-тью каналами не представляется возможным. Дальнейшую модернизацию с увеличением режимов тоже нужно учитывать, исходя из этого, необходимо использовать такую микросхему как MX7507 фирмы MAXIM.

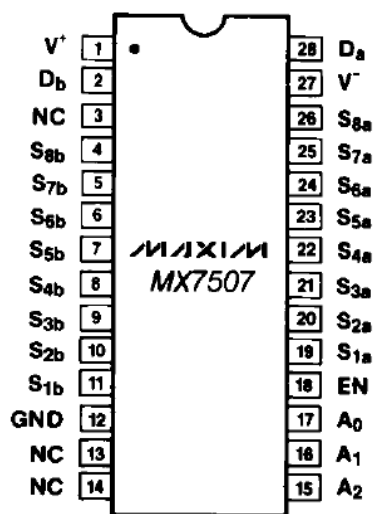


Рис. 4.3.2. Обозначение портов аналогового коммутатора MX7507

По той же причине выбираем и управляющее устройство, которое будет контролировать переключение режимов и индикацию на LCD-дисплее. Для контроля приемлемо использовать ATmega8 производство фирмы Atmel.

Также для программирования микроконтроллера(МК) необходимо иметь выход напрямую от микроконтроллера для того, чтобы не выпаивать каждый раз для замены переменных, например при увеличении режимов или

наладки МК. Для таких целей отлично подойдет интерфейс RS-232 (программируемый через «COM-порт»(Communication port) персонального компьютера).

RS-232 (Recommended Standard 232) - стандарт описывающий интерфейс для последовательной двунаправленной передачи данных между терминалом (DTE, Data Terminal Equipment) и конечным устройством (DCE, Data Circuit-Terminating Equipment).

Это легендарный стандарт, который появился в 60-х годах 20 века, и стал основой для всех последующих интерфейсов последовательного обмена данными.

Интерфейс RS-232C был применён в первых персональных компьютерах фирмы IBM и до сегодняшнего дня входит в структуру любого персонального компьютера в аппаратном или программном виде.

Решения, которые заложены в этот стандарт, используются практически повсеместно.

Интерфейс RS-232 полностью аппаратно реализован на персональных компьютерах в виде микросхем и разъемов. В PC его называют COM-портом(Communication port).

Аппаратная реализация означает то, что он работает всегда, не зависимо, какая операционная система установлена на PC (он работает и без ОС).

Программы могут взаимодействовать с COM-портами всеми доступными средствами: прямым кодом микропроцессора, аппаратными прерываниями, функциями BIOS, средствами ОС, компонентами языков высокого уровня.

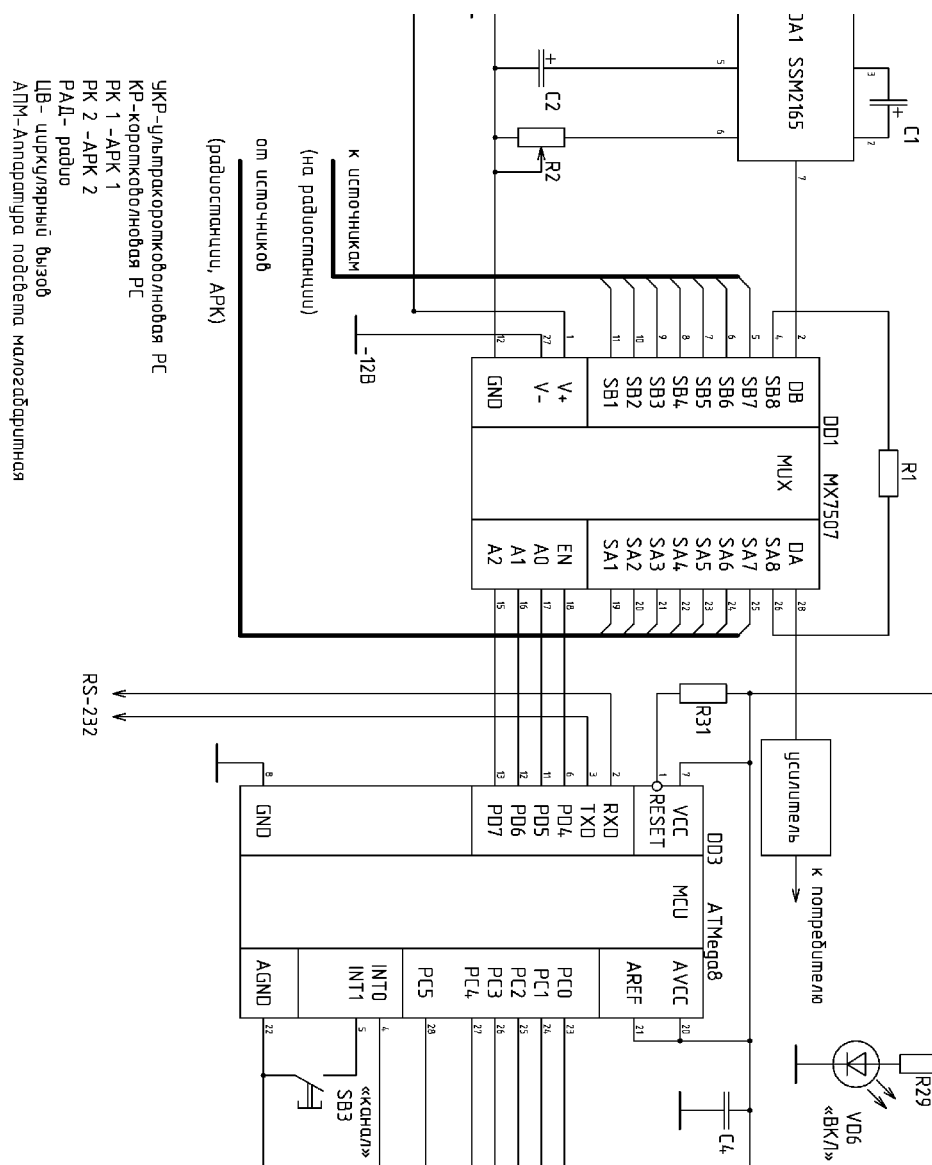
COM-порт, реализованный по стандарту RS-232- универсален.

Он обеспечивал работу ПК с периферийными устройствами (чем сейчас занят USB), взаимодействие с локальной сетью через модем (Ethernet), обмен данными между ПК и промышленным оборудованием (ModBus и др.).

Принцип работы усовершенствованного Абонентского аппарата прост. При работе в режиме «РАДИО» сигналы от внешних устройств поступают на аналоговый коммутатор 7507, который в свою очередь управляется от микроконтроллера ATmega8, который позволяет выбирать канал. Все управляющие сигналы на микроконтроллер поступают от выносной кнопки либо с кнопки на пульте управления абонентского аппарата. После выбора радиостанции или радиокompаса сигнал поступает на усилитель на микросхеме TDA2030A, после чего усиленный сигнал поступает на гарнитуру пилотов.

При работе в режиме «СПУ» также сигнал усиливается в микрофонном усилителе SSM2165, после чего он также поступает на аналоговый коммутатор и далее на вход другого абонентского аппарата.

Так же в данном абонентском усилителе имеется режим «ТЕСТ», он позволяет проверить работу переговорного устройства без применения стенов и выявить причину отказа непосредственно в полете.



§4.4. Расчёт надёжности элементов предложенной схемы СПУ-7.

Расчет на надёжность усовершенствованного усилителя.

В комплект усилителя СПУ-7 входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
резистор	4
конденсатор	7
диод	2
микросхема	1
ШР-колодка	3
клемма	3

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов, блока усилителя СПУ-7 равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (4 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (7 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) = 61,92 \cdot 10^{-6} = 0,00006192 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы блока усилителя СПУ-7 равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,00006192} = 16149,87 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы блока усилителя СПУ-7 за время эксплуатации вертолета Ми-8МТ(В) до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы блока усилителя СПУ-7 за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,00006192 \cdot 24} = 0,999$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,00006192 \cdot 50} = 0,997$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,00006192 \cdot 100} = 0,994$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,00006192 \cdot 200} = 0,988$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\Lambda \cdot 300} = e^{-0,00006192 \cdot 300} = 0,982$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\Lambda \cdot 500} = e^{-0,00006192 \cdot 500} = 0,97$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

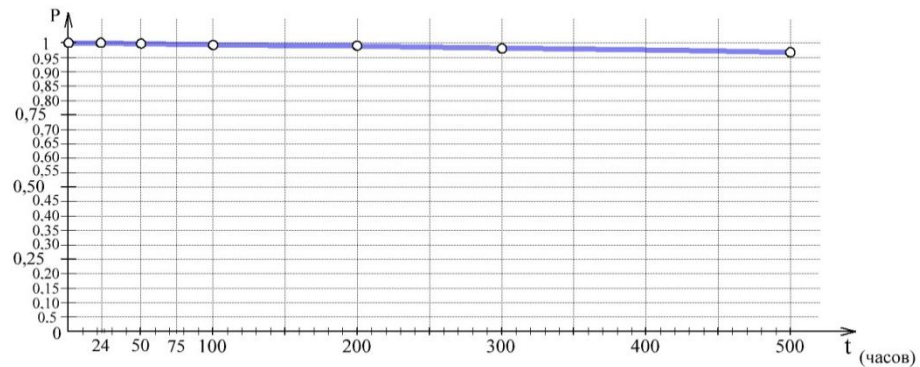


Рис.4.4.1. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления усилителя СПУ-7 равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 16149,87 \cdot [(4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (7 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (2 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (6 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (3 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (3 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575)] = 0,396827 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности усилителя СПУ-7 равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{16149,87}{16149,87 + 0,396827} = 0,999975$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,396827} = 0,998163$$

Расчет на надежность усовершенствованного абонентского аппарата.

В комплект абонентского аппарата СПУ-7 входят следующие элементы:

Наименование элемента	n
резистор	6
конденсатор	4
диод	8

светодиод	1
микросхема	5
кнопка	2
ШР-разъем	2

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов, абонентского аппарата СПУ-7 равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (6 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (4 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (1 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (5 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}) + (2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) = 0,0000895 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы блока усилителя СПУ-7 равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,0000895} = 11173,18 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы абонентского аппарата СПУ-7 за время эксплуатации вертолета Ми-8МТ(В) до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы абонентского аппарата СПУ-7 за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24) = e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,0000895 \cdot 24} = 0,998$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50) = e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,0000895 \cdot 50} = 0,996$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100) = e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,0000895 \cdot 100} = 0,991$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200) = e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,0000895 \cdot 200} = 0,982$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300) = e^{-\lambda \cdot 300} = e^{-0,0000895 \cdot 300} = 0,974$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500) = e^{-\lambda \cdot 500} = e^{-0,0000895 \cdot 500} = 0,956$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

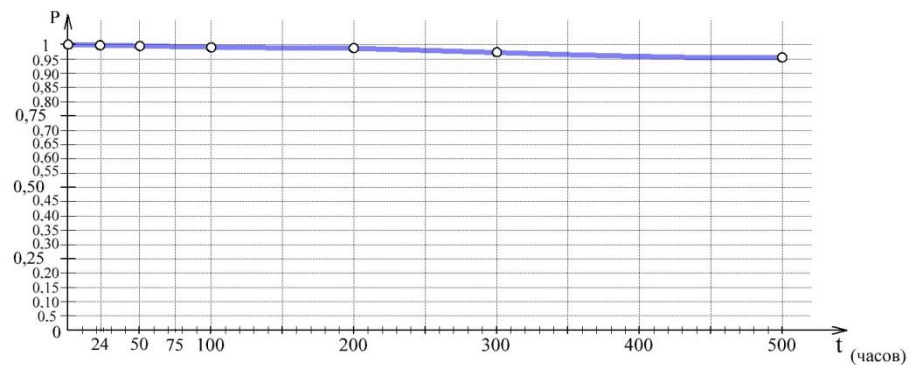


Рис.4.4.2. График вероятности безотказной работы за время t .

5. Среднее время восстановления абонентского аппарата СПУ-7 равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 7272,727 \cdot [(5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (4 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (1 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (5 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58)] = 0,373236 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности абонентского аппарата СПУ-7 равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{11173,18}{11173,18 + 0,373236} = 0,999949$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,373236} = 0,99877$$

Расчёт на надежность усовершенствованного
самолетного переговорного устройства

Следует указать, что количество аппаратов абонентских и усилителей зависит от модификации ВС.

Но стандартная комплектация СПУ-7

-аппаратов абонентских-3 шт.

-усилителей-2 шт.

Наименование элемента	n
резистор	26
конденсатор	26
диод	6
светодиод	3
микросхема	17
кнопка	6
ШР-разъем	10
клемма	6

1. Интенсивность отказов электрорадиоэлементов, комплекта СПУ-7 равна:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

$$\Lambda = (26 \cdot 5 \cdot 10^{-6}) + (26 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (3 \cdot 6 \cdot 10^{-6}) + (17 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}) + (10 \cdot 3 \cdot 10^{-6}) + (6 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6}) = 0,00039834 \text{ 1/ч}$$

2. Среднее время безотказной работы блока усилителя СПУ-7 равно:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0,0003983} = 2510,4 \text{ ч}$$

3. Вероятность безотказной работы комплекта СПУ-7 за время эксплуатации вертолета Ми-8МТ(В) до первого ремонта (2000 часов).

Вероятность безотказной работы комплекта СПУ-7 за время эксплуатации, равное 24 часам, равна:

$$P(24)=e^{-\Lambda \cdot 24} = e^{-0,0003983 \cdot 24} = 0,9905$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 50 часам, равна:

$$P(50)=e^{-\Lambda \cdot 50} = e^{-0,0003983 \cdot 50} = 0,98$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 100 часам, равна:

$$P(100)=e^{-\Lambda \cdot 100} = e^{-0,0003983 \cdot 100} = 0,961$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 200 часам, равна:

$$P(200)=e^{-\Lambda \cdot 200} = e^{-0,0003983 \cdot 200} = 0,923$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 300 часам, равна:

$$P(300)=e^{-\Lambda \cdot 300} = e^{-0,0003983 \cdot 300} = 0,887$$

Вероятность безотказной работы за время эксплуатации, равное 500 часам, равна:

$$P(500)=e^{-\Lambda \cdot 500} = e^{-0,0003983 \cdot 500} = 0,8194$$

4. По полученным данным строим график $P=f(T)$.

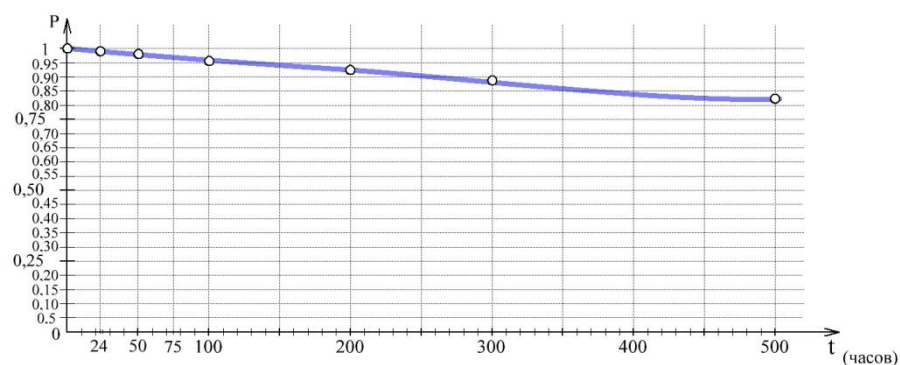


Рис.4.4.3. График вероятности безотказной работы за время t.

5. Среднее время восстановления комплекта СПУ-7 равно:

$$T_B = T_{cp} \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i \tau_i$$

$$T_B = 2510,418 \cdot [(26 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3) + (26 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4) + (6 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,42) + (3 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23) + (17 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,38) + (6 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,25) + (10 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,58) + (6 \cdot 0,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,575)] = 0,36196 \text{ ч}$$

6. Коэффициент готовности комплекта СПУ-7 равен:

$$K_r = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + T_B}$$

$$K_r = \frac{2510,418}{2510,418 + 0,36196} = 0,999856$$

7. Вероятность того, что время восстановления будет не больше 2,5 часа равна:

$$V(\tau) = 1 - e^{-2,5/T_B} = 1 - e^{-2,5/0,36196} = 0,99899$$

§4.5. Моделирование разработанной схемы и снятие основных характеристик блока усилителя СПУ-7.

В связи с широким развитием вычислительных устройств задача расчёта и моделирования электрических схем заметно упростилась. Наиболее подходящим программным обеспечением для данных целей является продукт National Instruments – Multisim (Electronic Workbench).

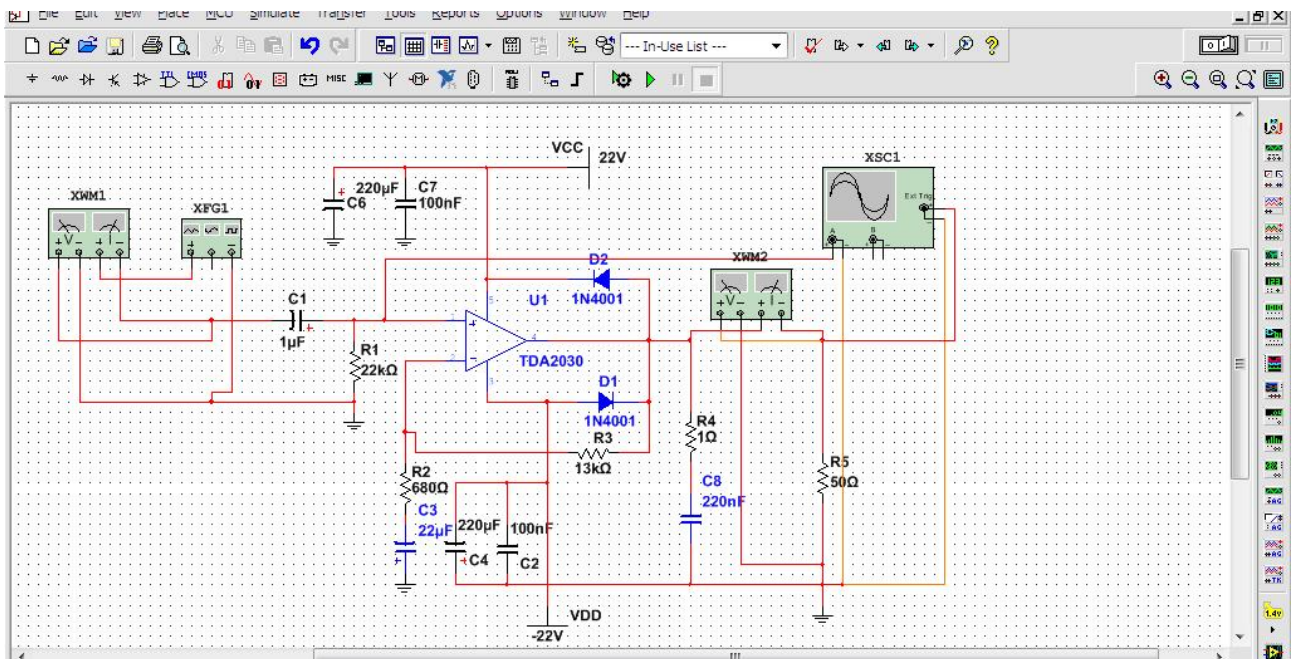


Рис. 4.5.1. Принципиальная схема усилителя на микросхеме TDA2030A в Multisim 13.0.1.

Для получения выходных характеристик необходимо подать информационный сигнал, который нужно усилить для этого используем функциональный генератор XFG1.

Выставив параметры, на функциональном генераторе, поступающие на усилитель СПУ-7 (основные параметры указаны выше).

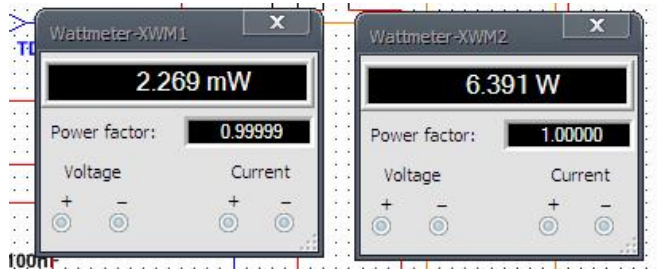
Используются телефоны ТА-56М

-мощность 1 Вт

-сопротивление 50 Ом

-количество подключаемых телефонов 6-8

Запускаем моделирование. Как видно из рис. 4.5.2. показания Ваттметров соответствуют заданным параметрам



А)

Б)

Рис 4.5.2. показания ваттметров:

А) входная мощность; Б) выходная мощность.

Далее проводим АС-анализ, благодаря которому можно точно получить данные о полосе пропускания усилителя

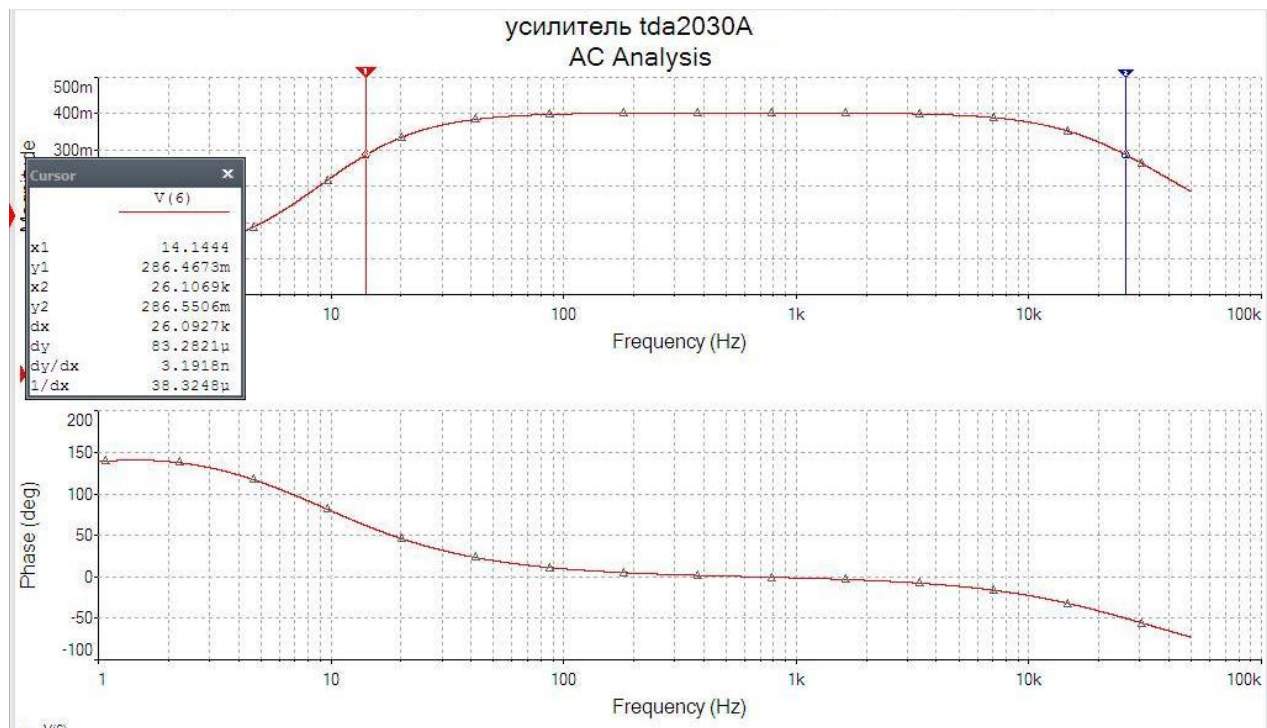


Рис. 4.5.3. График АС-анализа

Итак, взяв пробы, мы точно можем узнать полосу пропускания.

Амплитуда нашего сигнала составляет 404,5 мА. Отсюда

$$f_H = 14 \text{ Гц}$$

$$f_B = 26 \text{ кГц}$$

Что является достаточно широкой полосой пропускания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научная задача модернизации бортового радиосвязного оборудования в частности самолетного переговорного устройства СПУ-7.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. На основе анализа и расчетов надежности РСО вертолета Ми-8МТВ было выявлено, что оборудование, находящееся на эксплуатации в данный момент, не соответствует должному уровню надежности в частности КВ радиостанция «Ядро-1А» которое подлежит замене, но замена еще только осуществляется на современный аналог «Прима-КВ»
2. Выполнены расчеты надежности и сопоставлены со статистикой полученных данных с АРП, подведены выводы.
3. Модернизированы схемы абонентского аппарата и усилителя самолетного переговорного устройства СПУ-7. Вместо устаревшей аналоговой радиоэлементной базы предложены современные схемы на современных микроконтроллерах и интегральных микросхемах.
4. Согласно расчету на надёжность за счет применения интегральных микросхем удалось увеличить надежность схемы. В схеме абонентского аппарата удалось снизить не только вес и габариты, но и ввести дополнительный режим «ТЕСТ» позволяющий проводить проверку СПУ без применения специальных стендов.
5. Не смотря на отсутствие элементов для макетной сборки усилителя СПУ-7 компьютерное моделирование позволяет, получить данные о режимах работы схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. А. Каримов “Узбекистан свой путь обновления и прогресса”, Ташкент. Узбекистан, 1992 г.
2. Научная статья И.Н. Шейхалиев, научный руководитель М.И. Ибадуллаев «Анализ отказов радиосвязного оборудования и методы устранения выявленных недостатков», Тезисы докладов республиканской научной конференции, ТГТУ, Ташкент, 2014
3. Научная статья И.Н. Шейхалиев, научный руководитель М.И. Ибадуллаев «анализ отказов радиосвязного оборудования на основе расчета надежности», Тезисы докладов республиканской научной конференции, ТГТУ, Ташкент, 2015
4. Силяков В.А., Красюк В.Н. «Системы авиационной радиосвязи»:СПб.: СПбГУАП, 2004
5. Авиационная электросвязь. Том III: Системы связи. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Изд. 2-е. – ИКАО, 2007.
6. Кшиштоф В. Системы подвижной радиосвязи. Москва 2006.
7. Зиземский Е.И. «Надежность радиоэлектронной аппаратуры» – М:Судостроение, 2012.
8. Панков Л.Н., Асланянц В.Р. «Вопросы надежности электронной аппаратуры» – М.: МГТУ им. Н.Э Баумана, 2007.
9. Щербаков В.И. Электронные схемы на операционных усилителях.1983
10. Пейтон Дж., Волш В. Аналоговая электроника на операционных усилителях.1994
11. Мортон Д. - Микроконтроллеры AVR. Вводный курс.2006
12. Евстифеев А. микроконтроллеры AVR семейств TINY и MEGA фирмы ATMEL.2004

13. Трамперт В. Измерение, управление с помощью AVR–микроконтроллеров.2006

14. Билибин К.И., Власов А.И. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. 2002.

15. Руководство по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в НАК «Узбекистон хаво йуллари» (РТЭРАТ НАК - 2012), Ташкент, 2012г.

16. Руководство по технической эксплуатации вертолета Ми-8МТ

17. Руководство по технической эксплуатации и техническое описание самолетного переговорного устройства СПУ-7

18. Руководство по технической эксплуатации и техническое описание самолетного переговорного устройства РИ-65

19. Руководство по технической эксплуатации магнитофона самолетного МС-61Б.

20. Техническое описание радиостанции «Баклан-20».

21. Руководство по технической эксплуатации КВ-радиостанции «Ядро-1А».

Материалы Интернета:

www.atmel.com(сайт организации ATMEGA)

www.analog-device.com(сайт организации ANALOGDEVICE)

www.cospas-sarsat.org (сайт организации КОСПАС/SARSAT)

www.aviation.ru

www.teknol.ru

www.aviadocs.ru

www.avionics.com

www.ziyonet.uz

www.civilavia.info/documents

www.aireo.ucoz.ru