# НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. Алексеева

# Кафедра Техники радиосвязи и телевидения

Реферат

на тему: **«Надёжность связи на трассе Земля-воздух-Земля»**

Выполнил: студент гр.06-РРТ

Костюнин И.С.

Проверил:

Кейстович А.В.

Нижний Новгород 2011

# ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И СТРУКТУРЕ

# АВИАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

1. Авиационная электросвязь гражданской авиации Российской Федерации делится на следующие виды:

а) фиксированная;

б) подвижная;

в) радиовещание.

2. Авиационная фиксированная электросвязь организуется для:

- обеспечения взаимодействия центров (пунктов) управления

- воздушным движением;

- обеспечения взаимодействия служб авиапредприятий ГА (предприятий по ИВП и УВД) в процессе осуществления производственной деятельности;

- обеспечения деятельности производственно-диспетчерских;

- служб и административно управленческого персонала ГА;

- передачи метеорологической и полетной информации;

- обеспечения международных полетов воздушных судов ГА;

- обеспечения взаимодействия с органами ВВС;

- передачи данных;

3. Авиационная подвижная электросвязь организуется для:

- непосредственного ведения диспетчерами центров (пунктов) УВД радиотелефонной связи с экипажами воздушных судов и передачи данных на протяжении всего полета от начала руления до посадки и окончания руления;

- ведения центрами (пунктами) УВД радиотелефонной и радиотелеграфной связи с экипажами воздушных судов, находящихся в полете, в т.ч. с помощью радиооператоров;

- ведения центрами (пунктами) УВД, аварийно-спасательными службами связи с экипажами воздушных судов, терпящих или потерпевших бедствие.

4. Авиационное радиовещание организуется для:

- информирования экипажей воздушных судов, находящихся в полете, при оперативном полетно-информационном обслуживании (АФИС);

- автоматической передачи информации в районе аэродрома (АТИС);

- автоматической передачи метеоинформации для экипажей воздушных судов, находящихся на маршруте (ВОЛМЕТ).

5. Общие требования по организации работы авиационной электросвязи.

5.1 Время (часы) работы органов авиационной электросвязи (станций авиационной электросвязи) определяется руководителями авиапредприятий (предприятий по ИВП и УВД), организаций.

В сборниках аэронавигационной информации полетов должно быть указано в графе "Время работы" – к/с, п/п, по зак. (обычный установившийся режим работы).

Если время работы органа (станции) авиационной электросвязи изменяется от установившегося режима в связи с проведением регламентных, испытательных работ, замены аппаратуры, с изменением времени работы (режима работы) аэропорта, то в Сборник аэронавигационной информации вносятся изменения в установленном порядке и, не позднее, чем за 1 неделю до начала действия, изменения времени работы, рассылаются извещения (НОТАМЫ).

5.2 Каждая станция авиационной электросвязи должна осуществлять свою работу в соответствии с правилами, изложенными в настоящем руководстве.

5.3 В тех случаях, когда:

- отдельные нарушения правил не являются серьезными, они должны устраняться с помощью непосредственных контактов между заинтересованными сторонами путем переписки или личных контактов;

- станция допускает серьезные или неоднократные нарушения, то обнаруживший их полномочный орган, делает представление по этому поводу соответствующему полномочному органу, которому принадлежит данная станция.

Аналогичные действия производятся и в случае, если одна из станций связи является зарубежной.

5.4 Все станции авиационной электросвязи ГА при передаче сообщений адресату в пределах Государства и зарубежным адресатам должны использовать всемирное координированное время.

Концом суток считается полночь, т.е. 24.00, а началом – 00.00.

В качестве исключения допускается в локальных сетях электросвязи при передаче сообщений адресату использовать местное время.

**НАДЁЖНОСТЬ АВИАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ**

авиационная электросвязь радиотехнический сообщение

**Надежность** – свойство средства сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Согласно РРТОП ТЭ 99 надёжность радиосвязи в авиации определяется следующими показателями:

1.1 Качество функционирования средств РТОП и связи определяется совокупностью его свойств, характеризующих способность средств выполнять определенные функции в соответствии с его назначением. Одним из свойств средств, определяющих безопасность воздушного движения, является надежность.

1.2 Надежность функционирования наземных средств РТОП и связи – комплексное свойство, включающее безотказность, ремонтопригодность, долговечность и сохраняемость и определяется:

- схемно-конструктивным выполнением, качеством применяемых комплектующих элементов;

- степенью автоматизации, резервированием;

- надежностью электроснабжения, линий связи и управления;

- организацией технической эксплуатации, качеством технического обслуживания и ремонта, профессиональной подготовкой и дисциплиной инженерно-технического персонала;

- условиями эксплуатации: электромагнитной обстановкой, климатическими и метеорологическими факторами, ионосферными явлениями непрохождение радиоволн и т. п.;

- условиями транспортировки и хранения.

1.3 Безотказность средств РТОП и связи характеризуется средней наработкой на отказ (повреждение).

Безотказность средств РТОП и связи характеризуется средней наработкой на отказ (повреждение). Наработка на отказ (повреждение) определяется по формуле:

Т0=Тсумм *n*

где Т0 – средняя наработка на отказ (повреждение), ч;

Тсумм – суммарная наработка средства (группы однотипных средств) за определенный период, ч;

*n* – число отказов (повреждений) средства (группы однотипных средств) за этот же период (*n*=1,2,3…).

1.4 Ремонтопригодность средств РТОП и связи характеризуется средним временем восстановления его работоспособности.

ТЕ=ТЕсумм *n*

где ТЕ – среднее время восстановления работоспособности средств;

ТЕ сумм – суммарное время восстановления работоспособности средства (группы однотипных средств) за отчетный период,

Время восстановления работоспособности средства РТОП и связи включает время, затраченное на поиск причины отказа (повреждения) и устранения последствий отказа (повреждения). Организационные задержки при восстановлении работоспособности средств учитываются отдельно (например, время на доставку недостающих элементов, узлов).

1.5 Показатели надежности средств РТОП и связи определяются исходя из требований к безопасности полетов, закладываются при их разработке, производстве и поддерживаются в процессе эксплуатации.

1.6 Долговечность средства характеризуется наработкой (ресурсом) и календарной продолжительности эксплуатации (сроком службы) от начала эксплуатации, или ее возобновления после ремонта, до списания.

Показатели долговечности приводятся в формуляре (паспорте) средства и могут уточняться на основе опыта эксплуатации.

1.7 Время включения, выключения, продолжительность работы средств РТОП и связи должны точно учитываться.

Учет наработки ведется с момента установки элемента управления электроснабжения средства в положение «Включено».

Учет наработки ведется:

- для средств, оборудованных счетчиками – по показанию счетчика;

- для средств, имеющих нагруженный или облегченный резерв (предусмотренный предприятием-изготовителем) – по показанию счетчика средства, имеющего наибольшую наработку (основного или резервного);

- для средств, имеющих ненагруженный резерв (предусмотренный предприятием-изготовителем) – по счетчикам, показания которых суммируются.

1.8 В процессе эксплуатации показатели безотказности, ремонтопригодности и долговечности средств РТОП и связи должны оцениваться по результатам анализа статистических данных по отказам и повреждениям, а также причин их появления.

1.9 Учет и анализ отказов и повреждений средств РТОП и связи производится в целях:

- оценки надежности серийных средств по результатам их эксплуатации;

- анализа причин возникновения отказов и повреждений, разработки и реализации предложений и мероприятий, направленных на повышение надежности серийно изготавливаемых и вновь разрабатываемых средств РТОП и связи;

- оптимизации объемов и периодичности ТО и ремонта;

- совершенствования эксплуатационной и ремонтной документации;

- оптимизации состава и норм расхода ЗИП;

-обоснования технических ресурсов (сроков службы) эксплуатируемых средств РТОП и связи.

1.10 Все отказы и повреждения, их причины и время восстановления работоспособности средств должны учитываться в формулярах и паспортах на средства РТОП и связи.

1.11 Для анализа показателей безотказности средств РТОП и связи в течение срока службы ежегодно заполняется карта накопитель отказов и повреждения средства.

***2. Резервирование средств радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи***

2.1 Обеспечение допустимого времени перерыва в работе средств РТОП и связи, исходя из требований безопасности полетов, достигается

Средства радиолокации, радионавигации и радиосвязи районных и аэроузловых АС УВД, радиоретрансляторы каналов авиационной воздушной связи диапазона ОВЧ должны иметь 100%-й резерв.

2.2 Каждый канал авиационной воздушной связи диапазона ОВЧ, за исключением канала метео, должен иметь основной и резервный комплект приемного и передающего устройств (либо приемопередающего устройства) с антенно-фидерной системой. Канал метео должен быть обеспечен основным и резервным комплектами передающего устройства с антенно-фидерной системой. Возможно применение скользящего резервирования. На каналах КРУГА, СТАРТА и ПОСАДКИ для одного из комплектов средств радиосвязи должно быть предусмотрено аварийное электроснабжение продолжительностью не менее 2 ч от химических источников тока.

2.3 Для других каналов авиационной электросвязи, кроме указанных в п. 2.2 количество резервного оборудования (радиостанции, радиопередатчики, радиоприемники, телеграфные аппараты и др.) определяется по формуле



где Крез – количество резервных средств;

КДКС – количество действующих каналов связи.

Результат расчета округляется до целого числа в сторону увеличения.

2.4 Резервные радиостанции (резервные средства других радиоизлучающих устройств) должны быть постоянно настроены на частоты работающих (основных) средств.

2.5 Многоканальные магнитофоны для целей документирования при круглосуточной работе предприятия ГА резервируются из расчета один магнитофон на магнитофонную.

2.6 При использовании средств РТОП связи рекомендуется планирование равномерной наработки основных и резервных средств.

**КАЧЕСТВО ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ**

Для передачи речевых сообщений используются способы непосредственной передачи речевого сообщения, параметрические и фонемные способы.

Непосредственная передача речевого процесса может осуществляться по аналоговым, импульсным или цифровым каналам связи. При этом в аналоговых каналах сигналом является гармоническое колебание, один из параметров которого (амплитуда, частота или фаза) изменяется в соответствии с законом изменения речевого процесса. В импульсных каналах связи по тому же закону изменяются параметры импульсных сигналов (амплитуда, длительность или время появления). В цифровых каналах связи непрерывное речевое сообщение передается с помощью цифровых сигналов, принцип формирования которых был отмечен ранее. Требования, предъявляемые к качеству передачи речевых сообщений, рассмотрим вне зависимости от вида канала связи и способа передачи сообщений.

Качество передачи речевой информации оценивается разборчивостью речи и ее понятностью. Различают разборчивость звуков (W), слогов (S), слов (D) и фраз (Ф). Количественной характеристикой разборчивости речи является отношение

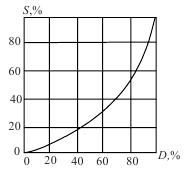
P=nN, (3.100)

где n – количество правильно принятых элементов речи;

N – общее количество переданных элементов.

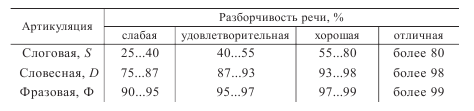
Наиболее распространенным методом измерения разборчивости при испытании тракта приема является метод артикуляции. Различают звуковую, слоговую, словесную и фразовую артикуляции, при определении которых пользуются специальным стандартным набором речевых материалов. Звуковая и слоговая артикуляции называются разборчивостью речи, словесная и фразовая – понятностью. Чаще определяют слоговую разборчивость, т. е. разборчивость звукосочетаний, не имеющих смыслового значения, формируемых по определенным правилам.

Для получения достоверных результатов объем выборки определяется в соответствии с положениями теории вероятностей. Процент правильно принятых слогов называется коэффициентом слоговой разборчивости S и используется в качестве критерия качества передачи по телефонному каналу.



Между разборчивостью звуков W, слогов S, слов D и фраз Ф существует однозначная функциональная зависимость, что позволяет зная один из коэффициентов разборчивости, например S, найти любой другой, используя табулированные зависимости. Зависимость разборчивости слогов Sот разборчивости слов D показана на рисунке.

Нормированные показатели допустимых значений артикуляционных искажений, в соответствии со шкалой оценки качества восприятия речевых сообщений и принятой в качестве нормативной в электросвязи ГА (ГОСТ 16600), приведены в таблице.

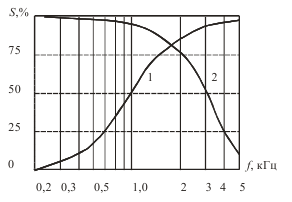


**ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛА НА КАЧЕСТВО**

**ПЕРЕДАЧИ РЕЧЕВЫХ СООБЩЕНИЙ**

Искажение речевых сообщений в каналах связи возникает под воздействием факторов, способных вызвать искажение их спектрального состава. Такими факторами могут быть частотные и нелинейные искажения и помехи, в системах с однополосной модуляцией – погрешность восстановления несущей. При нелинейных искажениях в спектре речевого сигнала появляются высшие гармоники. При частотных искажениях могут быть ослаблены спектральные составляющие, типичные для данного звука, и усилены составляющие, характерные для другого звука. Действие шумов и помех проявляется в искажении спектров речи в принятой смеси полезных и мешающих сигналов.

Основными характеристиками канала связи являются амплитудная, амплитудно-частотная (АЧХ) и фазочастотная (ФЧХ) характеристики.



Рассмотрим их влияние на качество передачи речевых сообщений.

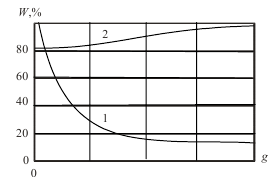
Органы слуха человека не реагируют на фазу колебаний, поэтому ограничения на ФЧХ телефонного канала связи не накладываются.

От амплитудно-частотной характеристики канала связи зависит разборчивость речи.

Зависимость слоговой разборчивости от частоты срезов фильтров, определяющих полосу частот пропускания канала связи показана на рисунке. Кривая 1 иллюстрирует зависимость слоговой разборчивости от значения частоты среза фильтра нижних частот (ФНЧ), пропускающего все частоты спектра сигнала ниже частоты среза. Кривая 2 характеризует аналогичную зависимость от значения частоты среза фильтра верхних частот (ФВЧ), пропускающего частоты спектра сигнала выше частоты среза. Из графика видно, что наибольший вклад в разборчивость речи обеспечивает полоса частот спектра сигнала от 300 до 3000 Гц.

При расширении полосы пропускания ниже 300 Гц и выше 3000 Гц разборчивость увеличивается незначительно. Для обеспечения качественной телефонной связи принят стандарт на телефонный канал связи, согласно которому рекомендуется передавать составляющие спектра сигнала, расположенные в полосе частот 300...3400 Гц.

Разборчивость речи зависит от вида амплитудной характеристики канала связи [19]. Зависимость разборчивости звуков W от порога ограничения "g" снизу (кривая 1) и сверху (кривая 2) показана на рисунке. Из кривой 1 видно, что даже небольшое ограничение в системе связи речевого процесса снизу вызывает резкое падение разборчивости, так как при таком ограничении теряются слабые звуки.



Поэтому ограничение снизу недопустимо и амплитудная характеристика телефонного канала связи в области значений сигналов, близких к нулю, должна быть линейной. Из анализа кривой 2 следует, что ограничение речевого процесса сверху мало сказывается на его разборчивости. Даже при предельном ограничении сверху (g = 0), когда речевой процесс преобразуется в последовательность прямоугольных импульсов, разборчивость речи составляет W = 80%.

**АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ**

При обмене данными между воздушными судами, находящимися в пределах прямой (оптической) видимости, в некоторых случаях наблюдается потеря связи. Радиосигналы в каналах «воздух-земля» и «воздух-воздух» для маловысотных абонентов при полетах воздушных судов надхолмистыми и низкогорными районами имеют многолучевое распространении и частотно-селективные замирания при взаимном перемещении приемного и передающего устройств радиостанций. Это приводит к различным условиям распространения, обусловленным влиянием:

* зеркального отражения от гладкой поверхности;
* диффузного отражения от грубо-шероховатой поверхности;
* дифракции на препятствиях (холмах, низкогорных вершинах и высотных металлических объектов).

Количество возможных комбинаций нежелательных для связи явлений при движении абонентов настолько велико, что приемлемое математическое решение этой задачи является слишком сложным для практического использования. Поэтому для получения оценки параметров канала связи обычно рекомендуют совместное использование аналитических и экспериментальных методов. Основное требование при этом – получить в реальном масштабе времени данные измерений, из которых можно было бы извлечь надежные статистические результаты.

Этот метод предсказания значений потерь распространения является действенным средством, позволяющим получить результаты, более близкие к реальным. Потери мощности принимаемого сигнала из-за влияния отражений радиоволн от земной поверхности можно пояснить следующим образом. Учитывая, что дальность связи во много раз меньше радиуса Земли *(R3 » Dce),* поверхность Земли в радиусе действия радиостанции можно считать плоской [1]. Тогда излучаемая передающим устройством энергия попадает на приемную антенну двумя путями: прямым и после отражения от земной поверхности.

Коэффициент отражения высокочастотного сигнала от Земли представляет собой комплексную величину *r=rejΨ.*

Действительная часть выражения – *r* описывает амплитуду, а аргумент *Ψ* учитывает фазовый сдвиг при отражении. Если угол *Ψ<* 10°, то можно записать

ΔR=2 *Н1sinΨ≈*2 *Н1(Н1+Н2)\ Dce*

где *Н1* и *Н2 –* высоты подъема первой и второй антенны соответственно.

Разность фаз *Ψ* прямого и отраженного сигнала состоит из суммы двух величин

*Ψ = θ + γ,*

где *Ψ -* изменение фазы при отражении сигнала от Земли, γ – набег фазы из-за разности расстояний до приемной антенны.

Результирующая двух сигналов с единичной амплитудой и разностью фаз *Ψ* равна *[2(1 + cos Ψ)]1\2.* Поэтому отношение мощности, попадающей на приемную антенну радиостанции, к мощности, которая бы попала на нее при нахождении антенны в свободном пространстве, будет равно:

Ge=4sin22π *Н1(Н1+Н2)\ Dceλ*

Международная организация гражданской авиации ICAO регламентирует ряд режимов VDL (VHF Data Link) систем передачи данных в ОВЧ радиодиапазоне, в которых предлагаются использовать все увеличивающиеся электрические скорости манипуляций. Если в режимах ACARS и VDL-1 скорость передачи данных составляет 2400 бод, то в VDL-2 и VDL-3-31500 бoд. Увеличение электрических скоростей в радиоканале подвижной воздушной связи при нахождении одного из воздушных судов на малой высоте ограничивается наличием отраженного от поверхности Земли задержанного луча.

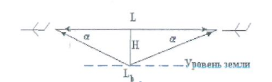


Рисунок 1

Геометрические конфигурации относительного расположения бортовых станций канала "воздух-воздух" (воздушных судов) представлена на рис. 1, где разность хода лучей *ΔL* определяется как

*ΔL =Lb-L = 2H/sina-2H/tga = 2Н(1-cosa)/sina*

Так как *(1-cosa)/sina ≤* 1, то *ΔL≤2Н* (равенство при *а=* 90°). Задержка отраженного сигнала τ = *ΔL /c,* где *с –* скорость света. Величина τ ограничена сверху τ *≤ 2Н/с* (вертикальным отражением от земли). С уменьшением *а* уменьшается и относительная задержка τ*.*

Разность хода лучей *ΔL* в зависимости от расстояния *L* между воздушными судами и высоты полета *Н*:

*ΔLдопустимая =2((L\2)2+H2)1\2-L≤* τдопустимая\*с,

что даёт ограничение на расстояние *L* между воздушными судами

*L≥ (H2 -H2порога)\Нпорога, где Нпорога* = τдопустимая\*с\2

Таким образом, сечение воздушного пространства, отвечающего требованиям допустимых задержек, ограничивается частью парабол (3), которые пересекаются на высоте *Нпорога* (4) (рис. 2).



Рисунок 2. – Разрешенная/запрещенная зоны взаимного расположения

равновысотных воздушных судов

На рис. 3 представлены размеры границ разрешенной/запрещенной зоны в симметричных условиях (рис. 2) для *τдопустшюя/Т* = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 при *1/Т=* 10500 бод (см. таблицу 1).

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *τдопустшюя/Т* | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 |
| *Нпорога* (км) | 4.3 | 5.7 | 7.1 | 8.6 |

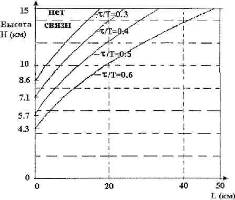


Рисунок 3. – Границы зон связи при задержках отраженного от Земли

луча на τ = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 *Т* для систем VDL-2 и 3 (D8PSK)

М-позиционные манипуляции фазы определяют m вариантов символов, каждому из которых приписывается одно из значений фазы *п 2π/m,* где *п=0÷ т-1.* Каждый символ (или межсимвольный переход в дифференциальной PSK) несет информацию о *(log2 m)* битах. Как правило, выбирается число *т* как степень двойки m = 2i для того, чтобы одна манипуляция несла информацию о целочисленном количестве бит.

Относительная задержка лучей τ вызывает наложение i-го и *(i+1)-*го символов друг на друга (рис. 4), где *φ(i) и φ(i+1) –* соответствующие информационные дискретные значения фазы символов, а *Т –* длительность символа.

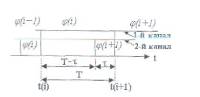


Рисунок 4. – Наложение i-го и (i+l)-гo символов при относительной

задержке лучей τ.

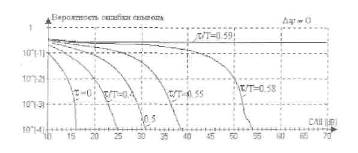


Рисунок 5

На рис. 5 и рис. 6 представлены вычисленные зависимости для 8-и позиционной фазовой модуляции для синфазного сложения каналов *ΔΨ=0* и для *ΔΨ =±π/2.*

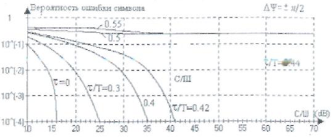


Рисунок 6. – Вероятность ошибки приема символа в зависимости от

соотношения сигнал/шум при нескольких задержках отраженного луча

*(т/Т)* и синфазном высокочастотном сложении лучей *(ΔΨ = 0).*

**Список литературы**

1. Силяков В.А., Красюк В.Н. Системы авиационной радиосвязи. – 2004.

2. Руководство по авиационной электросвязи (PC ГА-99), – М., 1999.

3. Ермишин А.А., Кейстович А.В. Влияние задержки отражённого луча при передаче данных по МВ каналу воздух-воздух с модуляцией D8PSK. – 2011.