

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**УЛЬЯНОВСКОЕ ВЫСШЕЕ АВИАЦИОННОЕ УЧИЛИЩЕ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**НАЗЕМНЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЁТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

**Утверждено методическим советом УНК
в качестве учебного пособия
для курсантов и студентов ОЗО
специальности 240300 специализации 240305
«Организация воздушного движения»**

УЛЬЯНОВСК 2001

ББК О541.5 я 7
Л 87

Лушников А.С. Наземные радиоэлектронные средства обеспечения полётов воздушных судов: Учебное пособие. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2001. – 46 с.

Приведены сведения о назначении, решаемых задачах, составе и размещении наземных радиотехнических систем локации, навигации и связи, а также радиоэлектронных средств, которые используются в гражданской авиации для обеспечения безопасности полётов воздушных судов. Указаны требования, предъявляемые к этим системам, и основные эксплуатационно-технические характеристики современных систем обеспечения полётов, применяемых в России.

Библиогр.: 6 назв.

© Лушников А.С., 2001

© Ульяновск, УВАУ ГА, 2001.

Основные сокращения

АКДП	аэродромный командный диспетчерский пункт
АО	аппаратура отображения (радиолокационной информации)
АПОИ	аппаратура первичной (цифровой) обработки информации
АРК	автоматический радиоконпас
АРМ	автоматизированное рабочее место (обычно на основе ПЭВМ)
АРМ	азимутальный радиомаяк
АРП	автоматический радиопеленгатор
АРТР	автономный ретранслятор авиационной подвижной воздушной связи (радиосвязи)
АС УВД (ОВД)	автоматизированная система управления воздушным движением (обслуживания воздушного движения)
АФТН	авиационная фиксированная телеграфная сеть (AFTN)
АФУ (С)	антенно-фидерное устройство (система)
АЦП	аналого-цифровой преобразователь
БПРС	ближняя приводная радиостанция системы посадки ОСП
ВП	воздушное пространство
ВПП	взлётно-посадочная полоса
ВРЛ	вторичная радиолокация (активная радиолокация с активным ответом)
ВЧ	высокие частоты (см. ДКМВ, КВ – 3...30 МГц)
ГЛОНАСС	Российская глобальная спутниковая система навигации
ГМВ	гектометровые волны (см. СЧ, СВ)
ГРМ	глиссадный радиомаяк радиомаячной системы посадки
ДКМВ	декаметровые волны (см. ВЧ, КВ)
ДМВ	дециметровые волны (см. УВЧ)
ДПРС	дальняя приводная радиостанция системы посадки ОСП
ЗИП	запасное имущество и приспособления
ИВО	индикатор воздушной обстановки
ИВП	использование воздушного пространства
ИКО	индикатор кругового обзора
ИСЗ	искусственный спутник Земли
КВ	короткие волны (см. ВЧ, ДКМВ)
КДП	см. АКДП
КИП	контрольно-испытательные приборы
КРМ	курсовой радиомаяк радиомаячной системы посадки
КТА	контрольная точка аэродрома
МВ	метровые волны (см. ОВЧ, УКВ)

МД	международный диапазон частот ВРЛ ($f_{\text{ЗАПР}} = 1030$ МГц, $f_{\text{ОТВ}} = 1090$ МГц)
МРЛ	метеорологический радиолокатор
МРМ	маркерный радиомаяк системы посадки
МРП	маркерный радиоприёмник
НРЗ	наземный радиолокационный запросчик системы госопознавания «свой-чужой»
ОВД	обслуживание воздушного движения
ОВЧ	очень высокие частоты (см. МВ, УКВ – 30...300 МГц)
ОД	отечественный диапазон частот ВРЛ ($f_{\text{ЗАПР}} = 837,5$ МГц, $f_{\text{ОТВ}} = 740$ МГц)
ОПРС	отдельная приводная радиостанция
ОРЛ	обзорный радиолокатор
ОСП	оборудование системы посадки (ДПРС, БПРС, МРМ, АРК, РВ, МРП и др.)
ПК	персональный компьютер (см. ПЭВМ)
ПМРЦ	приёмный радиоцентр
ПРЛ	первичный радиолокатор (активная радиолокация с пассивным ответом)
ПРС	приводная радиостанция
ПРЦ	передающий радиоцентр
ПЭВМ	персональная электронно-вычислительная машина (ПК)
РВ	радиовысотомер
РД	рулёжная дорожка
РЛК	радиолокационный комплекс
РЛС	радиолокационная станция
РМА	радиомаяк азимутальный (российский аналог маяка VOR)
РМД	радиомаяк дальномерный (российский аналог маяка DME)
РМС	радиомаячная (курсоглиссадная) система посадки
РНТ	радионавигационная точка (точка с известными координатами и, часто, расположенным в ней радиомаяком)
РСБН	отечественная радиосистема ближней навигации
РТОП	радиотехническое обеспечение полётов
САУ	система автоматического управления, (например, самолётом)
СВ	средние волны (см. СЧ, ГМВ)
СИТА	международное общество авиационной электросвязи
СО	самолётный ответчик системы ВРЛ
СЧ	средние частоты (см. ГМВ, СВ – 300...3000 кГц)
УВЧ	ультравысокие частоты (см. ДМВ – 300...3000 МГц)

УКВ	ультракороткие волны (см. ОВЧ, МВ)
ФАП	федеральные авиационные правила
ЦКС	центр коммутации сообщений
ЭМС	электромагнитная совместимость – возможность совместной работы радиосистем на излучение и приём сигналов при уровне взаимных радиопомех, не превышающем допустимый предел
ЭРТОС	эксплуатация радиотехнического оборудования и связи
ADS-A(C)	Automatic Dependence Surveillance-Address (Contract) (Автоматическое зависимое наблюдение – контрактное)
ADS-B	Automatic Dependence Surveillance-Broadcast (Автоматическое зависимое наблюдение - вещательное)
ATIS	Automatic Terminal Information Service (служба автоматической передачи информации в районе аэродрома)
CNS/ATM	Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management
DME	Distance-Measuring Equipment (дальномерное оборудование; маяк DME)
ETA	Estimated Time of Arrival (расчётное время прибытия)
GNSS	Global Navigation Satellite System (объединённая спутниковая глобальная система навигации ГЛОНАСС+GPS)
GPS	Global Positioning System (Американская глобальная спутниковая система навигации)
HF	High Frequency (см. ВЧ, ДКМВ, КВ - 3...30 МГц)
ILS	Instrument Landing System (радиомаячная система посадки ВС по приборам)
IM	Inner Marker (внутренний маркерный радиомаяк)
LF	Low Frequency (низкая частота НЧ – 30...300 кГц)
LIM	Locator Inner Marker (приводная радиостанция, совмещённая с ближним маркером)
LOC	Localizer (курсовой радиомаяк РМС ILS)
LOM	Locator Outer Marker (приводная радиостанция, совмещённая с дальним маркером)
MF	Medium Frequency (см. СЧ, СВ, ГМВ - 300...3000 кГц)
MLS	Microwave Landing System (микроволновая система посадки, см. также TRSB)
MM	Middle Marker (средний маркерный радиомаяк)
MSL	Mean Sea Level (средний уровень моря)
NDB	Non-directional Beacon (ненаправленный радиомаяк; приводная радиостанция; см. ПРС)

OM	Outer Marker (внешний; дальний маркерный радиомаяк)
S	Select (режим работы адресной системы ВРЛ с селективным запросом – запрос «S»)
SSR	Secondary Surveillance Radar (вторичный радиолокатор)
TACAN	Tactical Air Navigation (дальномерный радиомаяк, аналогичный DME)
TRSB	Time Reference Scanning Beam (принцип сканирования лучей азимутального и угломестного радиомаяков и измерения временных интервалов между последовательными облучениями ВС, используемый в микроволновой системе посадки MLS)
VHF	Very High Frequency (см. ОБЧ, МВ, УКВ - 30...300 МГц)
VOLMET	метеорологическая информация для экипажей ВС в полёте
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Range (всенаправленный ОБЧ радиомаяк)
UHF	Ultra High Frequency (ультравысокая частота, диапазон ДМВ - 300...3000 МГц)
UTC	Coordinated Universal Time (всемирное скоординированное время)

Введение

Безопасность и регулярность полётов воздушных судов (ВС), а также экономические показатели воздушных перевозок в значительной степени зависят от эффективной работы разнообразных радиотехнических и электронных средств обеспечения полётов. С помощью радиоэлектронных средств диспетчеры УВД во взаимодействии с экипажами ВС решают такие важнейшие задачи, как:

- управление движением ВС на земле и в воздухе;
- предотвращение конфликтных и потенциально конфликтных ситуаций в полёте;
- обеспечение безопасных интервалов между ВС в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Диспетчеры УВД с помощью радиоэлектронных средств оказывают помощь экипажам ВС при облёте опасных грозовых очагов, при потере ориентировки и других особых случаях в полёте.

Экипажи ВС используют наземные радиосистемы для решения задач дальней и ближней навигации, а также для осуществления взлёта и посадки ВС в сложных метеоусловиях.

Непременным условием достижения высокой степени безопасности полётов является непрерывная надёжная связь экипажей ВС с наземными центрами обслуживания воздушного движения (ОВД) на всех этапах полёта. Благодаря радиосвязи органы ОВД получают информацию о ходе полёта, об изменениях в плане полёта, об особых случаях в полёте, о действительных и прогнозируемых метеоусловиях в районе полёта. С помощью средств радиосвязи экипажи ВС получают диспетчерские разрешения, указания и информацию, необходимую для выполнения полёта.

ОВД немислимо также без развитой сети наземной авиационной связи, способной обеспечивать оперативный обмен информацией по управлению коммерческой и производственной деятельностью авиапредприятий и предприятий по использованию воздушного пространства (ИВП).

В настоящее время средства связи переживают революционные преобразования, обусловленные применением цифровой техники и спутниковых систем навигации и связи. Цифровые и спутниковые технологии открывают возможность существенного повышения надёжности, пропускной способности и дальности действия систем передачи всех видов информации.

Среди наземных радиотехнических средств обеспечения полётов особо важное место занимают радиолокационные станции (РЛС). Потребители радиолокационной информации предъявляют к РЛС различные, зачастую противоречивые требования, удовлетворить которым одна РЛС не может. В зависимости от требований, предъявляемых диспетчерами различных

секторов непосредственного УВД, РЛС подразделяются на трассовые, аэродромные, посадочные, РЛС обзора лётного поля. Кроме того, РЛС подразделяются на первичные (ПРЛ), в которых принимаются отражённые эхо-сигналы, и вторичные (ВРЛ), использующие сигналы самолётных радио ответчиков. В настоящее время для целей автоматизации УВД используются радиолокационные комплексы (РЛК), совмещающие функции ПРЛ и ВРЛ, а также содержащие аппаратуру первичной цифровой обработки радиолокационной информации (АПОИ).

В перспективе в связи с использованием спутниковых систем навигации, связи и посадки, в связи с внедрением концепции CNS/ATM и переходом к вещательному, либо контрактному автоматическому зависимому наблюдению (ADS), роль трассовых и посадочных РЛС, а также наземных радионавигационных средств значительно понизится. Возможно, многие из них будут выведены из эксплуатации. Однако в районе аэродрома при высокой плотности воздушного движения РЛК останутся надёжными источниками координатной и полётной информации для автоматизированных систем ОВД.

1. Общие сведения о радиотехнических системах обеспечения полётов ВС

Радиотехническое обеспечение полётов и авиационная электросвязь это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на поддержание объектов и средств РТОП в постоянной готовности к применению. Это способствует наиболее эффективному использованию радиолокационной и радионавигационной информации, а также авиационной электросвязи, которые необходимы для обеспечения безопасности полётов ВС.

РТОП и авиационная электросвязь осуществляется службой ЭРТОС предприятий по ИВП и УВД, их филиалов и предприятий ГА или других ведомств.

С целью поддержания технических характеристик радиотехнических средств обеспечения полётов в соответствии с требованиями ФАП и эксплуатационной документации проводятся плановые наземные и лётные проверки этих средств. Лётные проверки проводятся с целью подтверждения пространственных характеристик (диаграмм направленности антенн, зон обнаружения и т.п.) средств РТОП и связи указанным в ФАП требованиям.

К объектам РТОП и связи относятся:

- объекты радиолокации:
 - обзорный радиолокатор трассовый ОРЛ-Т;
 - обзорный радиолокатор аэродромный ОРЛ-А;
 - автономный вторичный радиолокатор ВРЛ;
 - посадочный радиолокатор РЛС-П;
 - радиолокационная станция обзора лётного поля РЛС ОЛП;
- объекты радионавигации;
 - автоматический радиопеленгатор АРП;
 - наземный всенаправленный ОВЧ-радиомаяк азимутальный РМА (VOR-маяк);
 - наземный всенаправленный УВЧ-радиомаяк дальномерный РМД (DME-маяк);
 - радиотехническая система ближней навигации РСБН;
 - отдельная приводная радиостанция ОПРС;
 - курсовой радиомаяк КРМ;
 - глиссальный радиомаяк ГРМ;
 - маркерный радиомаяк МРМ;
 - дальняя приводная радиостанция ДПРС;
 - ближняя приводная радиостанция БПРС;
- объекты авиационной электросвязи:
 - передающий радиоцентр ПРЦ;

- приёмный радиоцентр ПМРЦ и радиобюро;
- автономный ретранслятор авиационной подвижной воздушной связи АРТР;
- центр коммутации сообщений ЦКС.

На практике часто производится совмещение на одной позиции средств РТОП и связи. Эти средства имеют общую систему электроснабжения, общие линии связи, управление. Они обслуживаются одним инженерно-техническим персоналом и вместе охраняются. К совмещённым объектам РТОП и связи относятся, например:

- обзорный радиолокатор трассовый, совмещённый с вторичным радиолокатором;
- обзорный радиолокатор аэродромный, совмещённый с посадочным радиолокатором и автоматическим радиопеленгатором;
- курсовой радиомаяк, совмещённый с ближней приводной радиостанцией и маркерным радиомаяком;
- дальняя приводная радиостанция, совмещённая с маркерным радиомаяком и передающим радиоцентром;
- приёмный радиоцентр, совмещённый с автоматическим радиопеленгатором и т.д.

При соблюдении норм и требований по электромагнитной совместимости (ЭМС) передающих и приёмных устройств допускаются и другие варианты совмещения средств РТОП и связи на одной позиции.

2. Радиолокационные системы УВД

2.1 Трассовые обзорные радиолокаторы (ОРЛ-Т)

ОРЛ-Т предназначены для контроля воздушной обстановки и УВД на трассах. Они обеспечивают обнаружение ВС и измерение их полярных координат (азимут-дальность) во внеаэродромной зоне с последующим представлением информации о воздушной обстановке в центры (пункты) ОВД. Кроме того, они могут быть использованы для обнаружения и определения местоположения грозовых метеобразований при отсутствии метеолокаторов.

Информация от ОРЛ-Т используется диспетчерами *районного центра* УВД, иногда диспетчерами *подхода* и синоптиками. Часто ОРЛ-Т резервируют работу аэродромных обзорных радиолокаторов.

При использовании ОРЛ-Т в составе АС УВД они обязательно сопрягаются с вторичными радиолокаторами, образуя радиолокационный комплекс.

ОРЛ-Т устанавливают на значительном удалении (до 5 км) от АКДП и ориентируют относительно северного направления *истинного* меридиана.

Для обеспечения радиолокационного контроля за полётами ВС в секторах прохождения воздушных трасс антенны ОРЛ-Т устанавливаются на возвышении с тем, чтобы величины углов закрытия по углу места не превышали $0,5^\circ$ в этих секторах.

Основными требованиями к ОРЛ-Т являются обеспечение большой дальности действия *, достигающей 350...400 км при больших высотах полёта ВС. Кроме того, должна обеспечиваться высокая разрешающая способность по дальности (не более 1000 м) и по азимуту (не более $1,3^\circ$), а также точность измерения азимута и удаления ВС (средняя квадратическая погрешность по выходу с АПОИ не более $0,25^\circ$ по азимуту и не более 300 м по дальности).

В ОРЛ-Т используется круговой обзор с периодом 10 секунд (допускается 20 секунд).

В состав ОРЛ-Т должны входить:

- антенно-фидерная система (АФС);
- приемно-передающая аппаратура первичного канала;
- приемно-передающая аппаратура вторичного канала (при наличии);
- АПОИ - аппаратура первичной цифровой обработки радиолокационной информации (при сопряжении с АС УВД);
- аппаратура передачи данных по узкополосной линии связи (при сопряжении с АС УВД);
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации для дистанционной эксплуатации ОРЛ-Т техническим составом;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

***ПРИМЕЧАНИЕ:**.. *Дальность действия РЛС определяется для ВС с эффективной отражающей поверхностью $\sigma_{\text{ц}} = 15 \text{ м}^2$ при вероятности правильного обнаружения $D = 0,8$ и вероятности «ложной тревоги» $F = 10^{-6}$.*

Ввиду недостаточной яркости свечения собственных ИКО ОРЛ-Т сопрягаются с индикаторами типа «ИСТРА», «КОМЕТА», с аппаратурой преобразования в телевизионный сигнал типа «СТРОКА-Б», «СТРОКА-2», «СТРОКА-Ц» или с АС УВД через АПОИ.

Основными разновидностями ОРЛ-Т, используемыми в России, являются П-35, П-37 («МЕЧ»), 1 РЛ-139, 1 РЛ-118, «СКАЛА-М» (ТРЛК-10), «СКАЛА-МПР» (ТРЛК-11), АОРЛ-85Т (АОРЛ-85ТК).

Основные эксплуатационно-технические характеристики названных ОРЛ-Т и требования к ним приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

2.2. Аэродромные обзорные радиолокаторы (ОРЛ-А)

ОРЛ-А предназначены для контроля и УВД в районе аэродрома и для ввода ВС в зону действия средств посадки. Они обеспечивают обнаружение ВС и измерение их полярных координат (азимут-дальность) с последующим представлением информации о воздушной обстановке в центры (пункты) ОВД.

Информация от ОРЛ-А используется диспетчерами *подхода, круга и посадки*.

При использовании ОРЛ-А в составе АС УВД они обязательно сопрягаются с вторичными радиолокаторами, образуя радиолокационный комплекс, и имеют в своём составе АПОИ.

ОРЛ-А устанавливаются, как правило, вблизи КТА аэродрома, но не ближе 120 м от оси ВПП и на удалении не более 3 км от АКДП. ОРЛ-А ориентируют относительно северного направления *магнитного* меридиана. Для обеспечения радиолокационного контроля за полётами ВС в секторах ответственности аэродромной зоны ОВД (в направлениях коридоров аэродрома) антенны ОРЛ-А устанавливают на позиции так, чтобы величины углов закрытия по углу места не превышали $0,5^\circ$. Часто ОРЛ-А совмещают с посадочным радиолокатором и автоматическим радиопеленгатором при обеспечении минимально-допустимого расстояния между ними.

Основным требованием к ОРЛ-А является обеспечение достаточной максимальной дальности действия* на высотах не менее 6100 м и небольшой минимальной дальности. Все ОРЛ-А разделяются на два варианта: Б1 с максимальной дальностью 160 км и минимальной – 2 км и Б2 с максимальной дальностью 50...100 км и минимальной – 1,5 км. Средняя квадратическая погрешность измерения координат по выходу с АПОИ должна быть не более $0,4^\circ$ по азимуту и не более 200 м по дальности. Разрешающая способность по азимуту и дальности федеральными авиационными правилами не определяется (по нормам ИКАО - 4° и 230 м соответственно).

В ОРЛ-А используется круговой обзор с периодом не более 6 секунд.

***ПРИМЕЧАНИЕ.** *Дальность действия РЛС определяется для ВС с эффективной отражающей поверхностью $\sigma_{\text{ц}} = 15\text{м}^2$ при вероятности правильного обнаружения $D = 0,8$ и вероятности «ложной тревоги» $F = 10^{-6}$.*

В состав ОРЛ-А должны входить:

- антенно-фидерная система (АФС);
- приемно-передающая аппаратура первичного канала;
- приемно-передающая аппаратура вторичного канала (при наличии);

- АПОИ - аппаратура первичной цифровой обработки радиолокационной информации (при сопряжении с АО или АС УВД);
- аппаратура передачи данных по узкополосной линии связи (при сопряжении с АС УВД);
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации для дистанционной эксплуатации ОРЛ-А техническим составом;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

ОРЛ-А сопрягаются с аппаратурой отображения типа «СИМВОЛ-Д», «ЗНАК», «КОРИНФ», «НОРД», КАРМ-ДРУ или с АС УВД.

Основными разновидностями ОРЛ-А, используемыми в России, являются ДРЛС-7с (и модификации), радиолокационные комплексы «ИРТЫШ», «СКАЛА-МПА», «ЭКРАН-85» (АОРЛ-85). Основные эксплуатационно-технические характеристики названных ОРЛ-А и требования к ним приведены в табл. 2.2.

2.3. Вторичные радиолокаторы (ВРЛ)

ВРЛ предназначены для обнаружения, измерения полярных координат (азимут-дальность), запроса и приёма дополнительной полётной информации от ВС, оборудованных самолётными радио ответчиками, с последующим представлением координатной и полётной информации в центры (пункты) ОВД.

ВРЛ размещается обычно рядом с ОРЛ-Т (или ОРЛ-А) таким образом, чтобы обеспечивался непрерывный радиолокационный контроль за полётами ВС, оборудованных самолётными ответчиками, в секторах ответственности зоны ОВД. Кроме того, обеспечивается синхронизация сопрягаемых ВРЛ с ОРЛ-Т (или ОРЛ-А) по запуску и вращению антенн.

В секторах прохождения контролируемых маршрутов полёта ВС величины углов закрытия по углу места с высоты расположения антенны не должны превышать $0,5^\circ$.

В состав ВРЛ должны входить:

- антенно-фидерная система (АФС);
- приемно-передающая аппаратура;
- аппаратура обработки радиолокационной информации (схема защиты от несинхронных импульсных помех, преобразователь «футы-метры» и т.п.);
- аппаратура передачи данных по узкополосной линии связи (при сопряжении с АС УВД);
- аппаратура сопряжения с ОРЛ-Т или ОРЛ-А (по вращению антенн, по временной синхронизации передатчиков, индикаторов и т.п.);
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации для дистанционной эксплуатации ВРЛ техническим составом;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

Таблица 2.2

Основными разновидностями ВРЛ, используемыми в России, являются «КОРЕНЬ», «РАДУГА», «КРОНА», МВРЛ-СВК. Основные эксплуатационно-технические характеристики названных ВРЛ и требования к ним приведены в табл. 2.3.

2.4. Посадочные радиолокаторы РЛС-П

Посадочные радиолокаторы наряду с ОРЛ-А являются основной частью радиолокационных систем посадки РСР. Они предназначены для контроля за положением ВС относительно заданных линий курса и глиссады снижения, а также за удалением ВС от точки приземления с целью передачи диспетчером посадки управляющих команд экипажу ВС, заходящего на посадку. При выборе иных систем посадки РЛС-П могут использоваться только для контроля и документирования процесса посадки ВС.

РЛС-П включаются за 30 минут до расчётного времени прибытия (ETA)

- по запросу экипажа ВС;
- при сложных метеоусловиях (высота нижней кромки облачности равна или ниже высоты круга и метеорологическая дальность видимости менее 5 км);
- при аварии на борту ВС;
- при выполнении специальных, особо важных рейсов ВС.

РЛС-П размещается на одинаковом расстоянии от противоположных порогов ВПП и на удалении 120...200 метров в любую сторону от оси ВПП. При длине ВПП менее 1500 метров РЛС-П размещается не ближе 750 метров от порога ВПП основного направления посадки аэродрома.

Зона приземления ВС должна находиться в рабочем секторе РЛС-П $\pm 15^\circ$ или в секторе от $+20^\circ$ до -10° по курсу посадки. В этом секторе не должно быть естественных или искусственных препятствий распространению радиоволн, образующих углы закрытия более $0,5^\circ$ относительно высоты расположения курсовой антенны.

В состав РЛС-П должны входить:

- антенно-фидерная система (АФС);
- приемно-передающая аппаратура;
- аппаратура обработки радиолокационной информации;
- аппаратура передачи данных;
- устройство генерирования линий курса и глиссады, линий равных и допустимых отклонений, линий равных высот и др.;
- индикаторная аппаратура;
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации для дистанционной эксплуатации РЛС-П;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

Таблица 2.3

Таблица 2.4

Основными разновидностями РЛС-П, используемыми в России, являются РП-3Г, РП-4Г, РП-5Г. Основные эксплуатационно-технические характеристики названных РЛС-П и требования к ним приведены в табл. 2.4.

2.5. Радиолокационные станции обзора лётного поля РЛС ОЛП

РЛС ОЛП предназначены для обнаружения и наблюдения за ВС, спец автотранспортом, техническими средствами и другими объектами, находящимися на ВПП, РД и перроне, а также для контроля и управления движением ВС по ВПП и РД во время руления, старта и после приземления.

Антенная система РЛС ОЛП устанавливается на мачте или высоком сооружении таким образом, чтобы был обеспечен радиолокационный обзор всей необходимой площади аэродрома с учётом возможности РЛС по максимальной и минимальной дальности обнаружения. Не допускается расположение каких-либо металлических конструкций (мачт, антенн и т.п.) выше установки антенной системы РЛС ОЛП в радиусе 50 метров от неё.

В состав РЛС-ОЛП должны входить:

- антенно-фидерная система (АФС);
- приемно-передающая аппаратура;
- аппаратура обработки радиолокационной информации (преобразования сигналов РЛС в телевизионный сигнал);
- аппаратура передачи данных;
- аппаратура индикации;
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации для дистанционной эксплуатации РЛС-ОЛП;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

Основным видом РЛС ОЛП, используемых в России в настоящее время, является ASTRE 2 французской фирмы Thompson.

Основные требования к РЛС ОЛП и эксплуатационно-технические характеристики РЛС ASTRE 2 приведены в табл. 2.5.

2.6. Аппаратура первичной обработки информации (АПОИ)

Аппаратура первичной обработки радиолокационной информации (АПОИ) предназначена для цифровой обработки информации первичных и вторичных радиолокаторов с целью передачи информации в цифровой форме по *узкополосным* линиям связи на большие расстояния, ввода в АО, либо в вычислительный комплекс АС УВД для последующей вторичной и третичной цифровой обработки и отображения на ИВО.

Таблица 2.5

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Норматив по ФАП	РЛС ОЛП ASTRE 2
1	Максимальная дальность действия в плоскости земли *	метр	5000	8000
2	Минимальная дальность действия в плоскости земли	метр	90	60
3	Угол обзора в вертикальной плоскости (зона обзора)	градус	-	23
4	Угол обзора в горизонтальной плоскости (зона обзора)	градус	360	360 (возможен секторный режим)
5	Разрешающая способность в режиме кругового обзора <u>на масштабе 2 км</u> - по дальности - по азимуту (линейная)	метр метр	15 15	12 15
6	Средняя квадратическая погрешность измерения координат - дальности - азимута	метр градус	10 0,2	6 0,1
7	Период обновления информации	секунда	1 ± 0,1	1
8	Диапазон рабочих волн	см	0,8 -1,5	0,8

* **ПРИМЕЧАНИЕ.** Норматив в п.1 установлен для вероятности правильного обнаружения не менее **0,9** и вероятности «ложной тревоги», равной 10^{-6} по целям с эффективной отражающей поверхностью $\sigma_{ц} = 2 \text{ м}^2$.

Основными функциями АПОИ являются:

- обнаружение эхо-сигналов от радиолокационных целей (ВС) по первичному каналу на фоне пассивных и других помех (с применением межобзорной обработки и адаптивных порогов обнаружения), цифровое измерение азимута и дальности ВС, а также двоичное кодирование этих координат;
- обнаружение и декодирование ответных сигналов ВРЛ в режимах УВД и RBS с выделением полезных сигналов при воздействии несинхронных импульсных помех (ответов СО на запросы других ВРЛ), цифровое измерение азимута и дальности ВС, а также двоичное кодирование этих координат;
- обнаружение и определение координат ВС по данным канала НРЗ системы госопознавания «свой-чужой» (при наличии);
- обработка координатной и дополнительной (полётной) информации с повышением её достоверности за счёт межобзорной обработки;
- объединение цифровой информации, поступившей по первичному и вторичному каналам;

- выделение и обработка эхо-сигналов метеообразований из суммарного сигнала амплитудного (без СДЦ) канала ПРЛ;
- преобразование сигналов от радиопеленгаторов в цифровой код.

Таким образом, АПОИ выделяет только существенную радиолокационную информацию (по этой причине АПОИ иногда называют «экстрактор»), что позволяет передавать её по узкополосному двухпроводному телефонному каналу на большие расстояния.

В России рекомендованы к внедрению АПОИ «ВУОКСА», «ПРИОР» и аппаратура «ХОЛОДНОЕ НЕБО», разработанная в АО «Радар-ГА».

2.6.1. Аппаратура первичной обработки информации «ВУОКСА»

Аппаратура «ВУОКСА» является универсальной и относительно недорогой аппаратурой, обеспечивающей только первичную (межпериодную) цифровую обработку радиолокационной информации от различных типов ПРЛ и ВРЛ. Её целесообразно использовать в неавтоматизированных системах УВД без дополнительной вторичной обработки. В наибольшей степени она приспособлена для использования в составе ОРЛ-А «ЭКРАН-85» и сопряжении с АО «СИМВОЛ-Д» на аэродромах с малой или средней интенсивностью воздушного движения.

Аппаратура «ВУОКСА» выполняет следующие операции:

- обнаружение эхо-сигналов ПРЛ на фоне помех;
- обнаружение ответных сигналов ВРЛ отечественного (ОД) и международного (МД) диапазонов;
- очищение радиолокационной информации от помех, вызванных мешающими отражениями от протяжённых объектов – земной поверхности, облаков, а также от несинхронных ответных сигналов;
- определение центров радиолокационных пакетов (пачек) для вычисления точного значения азимута цели;
- декодирование дополнительной полётной информации, поступившей от ВРЛ в режимах УВД, УВД-М, РСР и RBS (А и С);
- «привязку» дополнительной информации ВРЛ к соответствующим координатам цели;
- объединение координат цели, полученных по каналам ПРЛ и ВРЛ;
- формирование стандартного цифрового сообщения и его трансляцию по узкополосной двухпроводной линии с помощью аппаратуры передачи данных на АКДП.

В АПОИ «ВУОКСА» отсутствует метеоканал для обработки отражений от грозových очагов с целью определения их границ и канал обработки сигналов АРП.

Основные эксплуатационно-технические характеристики АПОИ «ВУОКСА» приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	АПОИ ВУОКСА	АПОИ ПРИОР
1	Вероятность правильного обнаружения D при отношении сигнал/шум = 3	-	0,92	0,95
2	Вероятность «ложной тревоги», F	-	10^{-6}	10^{-6}
3	Средняя квадратическая погрешность определения - азимута, не более - дальности, не более	градус метр	0,1 100	0,1 100
4	Разрешающая способность по первичному каналу - по азимуту, не более - по дальности, не более	угловых дискрет длительность зондир. имп.	6 1,5	6 1,5
5	Разрешающая способность по вторичному каналу - по азимуту, не более - по дальности, не более	угловых дискрет метр	6 600	6 600
6	Вероятность объединения информации первичного и вторичного каналов РЛС, не менее	-	0,9	0,99
7	Средняя наработка на отказ, не менее	час	2000	20000
8	Среднее время восстановления, не более	минут	30	15
9	Средний ресурс до списания, не менее	час	100000	120000

2.6.2 Аппаратура первичной обработки информации «ПРИОР» и «ХОЛОДНОЕ НЕБО»

АПОИ «ПРИОР» предназначена для работы в составе оборудования аэродромных и трассовых радиолокационных комплексов. Аппаратура обрабатывает информацию первичных каналов РЛС 1 РЛ-139, 1 РЛ-118, «СКАЛА», «ИРТЫШ», ЭКРАН-85ТК, ДРЛС-7см, вторичных каналов ЭКРАН-85ТК, ДРЛС-7см, а также автономных ВРЛ «КОРЕНЬ», «РАДУГА» и радиолокационных каналов госопознавания.

В дополнение к перечисленным в п. 2.6 функциям АПОИ «ПРИОР» обеспечивает:

- ввод в автосопровождение и траекторную (вторичную) обработку информации от ВС в зоне действия РЛС;
- приём информации в последовательном коде не менее чем от 4-х географически разнесённых источников радиолокационной информации с последующей мультирадарной (третичной)

обработкой этих данных. Синхронизации по вращению и запуску РЛС при этом не требуется;

- документирование информации (запись на магнитном носителе) с возможностью последующего воспроизведения.

Основные эксплуатационно-технические характеристики АПОИ «ПРИОР» приведены в табл. 2.6.

Использование современной элементной базы и модульное построение аппаратуры позволяет менять конфигурацию на аппаратном и программном уровне и обеспечивает её сопряжение с различными системами УВД. АПОИ «ПРИОР» обеспечивает сопряжение с аппаратурой отображения информации типа «НОРД», «КОРИНФ», КАРМ-ДРУ и с АС УВД типа «АЛЬФА», «СТРЕЛА», ТЕРКАС, «СИНТЕЗ» и др.

АПОИ «ХОЛОДНОЕ НЕБО» предназначена для первичной, вторичной и третичной обработки радиолокационной информации не более чем от 8-и источников и имеет характеристики, аналогичные АПОИ «ПРИОР».

3. Радиотехнические системы навигации и посадки ВС

3.1 Радиотехнические системы ближней навигации VOR/DME

Наземные всенаправленные азимутальные ОВЧ-радиомаяки (РМА или иначе VOR-маяки) предназначены для бортового измерения магнитного *азимута* ВС относительно РНТ, в которых установлены эти радиомаяки.

Наземные всенаправленные дальномерные УВЧ-радиомаяки (РМД или иначе DME-маяки) предназначены для бортового измерения *удаления* ВС относительно РНТ, в которых установлены эти радиомаяки.

Маяки РМА и РМД используются как для полётов по воздушным трассам, так и для полётов в районе аэродрома, а также при посадке ВС.

Маяки РМА и РМД могут размещаться отдельно, но чаще они располагаются в одной РНТ, образуя радиомаячную систему. При совместном использовании РМА и РМД допускается разнесение их антенных систем на расстояние не более:

- 30 метров при использовании маяков для обеспечения полётов в районе аэродрома;
- 600 метров при обеспечении полётов по воздушным трассам.

К местности, на которой размещаются антенны РМА и РМД, предъявляются особые требования:

- площадка для размещения антенн маяков должна быть ровной (допускается уклон не более 0,04 на расстоянии до 300 метров);
- место установки маяков должно находиться возможно дальше от воздушных проводных линий, высота которых относительно антенн должна составлять угол не более 0,5°;

- здания, производственные сооружения не должны находиться ближе 150 метров от маяков и иметь угол места не более $1,5^\circ$ относительно горизонта.

В состав РМА и РМД (VOR/ DME – маяков) должны входить:

- передающая аппаратура с антенно-фидерной системой (АФС);
- выносная контрольная аппаратура с антенной (для VOR-маяка);
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации предназначенная для:
 - (а) автоматического контроля основных параметров;
 - (b) автоматического определения отказавшего комплекта (или блока);
 - (c) автоматического переключения на резерв при отказах;
 - (d) выдачи сигналов оповещения: «норма», «ухудшение», «авария»;
 - (e) дистанционного включения/выключения радиомаяков;
 - (f) автоматического переключения на резервный источник электропитания;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

Таблица 3.1.1

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Норматив по ФАП	РМА-90
1	Максимальная дальность действия при высоте полёта ВС		В зависимости от высоты полёта ВС	
	- 6000 м, не менее - 10000 м, не менее	км км		100 350
2	Зона действия:			
	- в горизонтальной плоскости - в вертикальной плоскости	градус градус	360 40	360 40
3	Средняя квадратическая погрешность пеленгования (измерения азимута)	градус	± 2	± 1
4	Диапазон частот	МГц	108,000... 117,975	108,000... 117,975
5	Число частотных каналов	-	160	160
6	Разнос каналов по частоте	кГц	50	50
7	Стабильность частоты рабочего канала	%	$\pm 0,002$	$\pm 0,002$
8	Излучаемая мощность	Ватт	$(20 \div 100) \pm 15$	100 ± 15
9	Поляризация излучения	-	горизонт -я	горизонт -я
10	Частота сигнала опорной фазы	Гц	9960 ± 100	9960 ± 100
11	Частота сигнала переменной фазы	Гц	$30 \pm 0,03$	$30 \pm 0,03$
12	Сигнал опознавания:			
	- код Морзе	-	2÷3 буквы	2÷3 буквы
	- частота модуляции - периодичность посылок	Гц сек.	1020 ± 50 30 ± 3	1020 ± 50 30 ± 3
13	Режим управления и контроля:	-		
	- основной - резервный		дистанц-й местный	дистанц-й местный

Основными разновидностями азимутальных и дальномерных радиомаяков ближней навигации, используемых в России, являются маяки VOR/DME иностранного производства и отечественные РМА-90, РМД-90.

Основные эксплуатационно-технические характеристики РМА-90 приведены в табл. 3.1.1. Основные эксплуатационно-технические характеристики РМД-90 приведены в табл. 3.1.2.

Таблица 3.1.2

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Норматив по ФАП	РМД-90
1	Максимальная дальность действия *		В зависимости от высоты полёта ВС	
	- при высоте полёта ВС	км		100
	- 6000 м, не менее	км		260
2	Зона действия:			
	- в горизонтальной плоскости	градус	360	360
	- в вертикальной плоскости	градус	40	40
3	Средняя квадратическая погрешность измерения наклонной дальности:			
	- навигационный режим, не более	метр	150	150
	- посадочный режим, не более	метр	75	75
4	Диапазон частот	МГц	960...1215	960...1215
5	Число частотно-кодовых каналов	-	252	252
6	Стабильность частоты рабочего канала	%	±0,002	±0,002
7	Разнос частот между каналами	МГц	1	1
8	Излучаемая мощность:			
	- навигационный режим, не менее	Ватт	-	1000
	- посадочный режим, не менее	Ватт	-	125
9	Поляризация излучения	-	вертикал-я	вертикал-я
10	Режим управления и контроля:			
	- основной	-	дистанц-й	дистанц-й
	- резервный	-	местный	местный
11	Пропускная способность, т.е. число одновременно обслуживаемых ВС	-	100	100

* ПРИМЕЧАНИЕ. Дальность действия в посадочном режиме не менее дальности действия курсового маяка РМС.

3.2 Радиотехнические системы ближней навигации РСБН

Отечественные радиотехнические системы ближней навигации РСБН предназначены для измерения азимута и дальности ВС на борту и в наземной аппаратуре относительно РНТ, в которых установлены маяки. Маяки РСБН ориентируют относительно северного направления *истинного* меридиана. Маяки РСБН работают в дециметровом диапазоне радиоволн.

К местности, на которой размещается маяк РСБН, предъявляются особые требования:

- площадка должна быть ровной в радиусе 500 метров и свободной от отражающих радиоволны объектов;
- установка маяка РСБН на искусственной насыпи или на холме с острой вершиной не допускается;
- углы закрытия с высоты 1,5 метров местными предметами (здания, мачты, башни и т.п.) не должны превышать $0,5^\circ$ в секторах прохождения воздушных трасс.

В состав РСБН должны входить:

- оборудование азимутально-дальномерного маяка с АФС;
- контрольно-выносной пункт;
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

В России используются, в основном, маяки РСБН-4н. Основные эксплуатационно-технические характеристики РСБН-4н приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Норматив по ФАП	РСБН-4н
1	Максимальная дальность действия при высоте ВС 10000 м	км	360	400
2	Зона обзора в вертикальной плоскости, не менее	градус	-	45
3	Максимальная погрешность измерения: - азимута, не более - дальности, не более	градус метр	0,5 500	0,25 200
4	Режим управления и контроля: - основной - резервный	-	дистанцион-й местный	дистанцион-й местный

3.3 Автоматические радиопеленгаторы (АРП)

Автоматические пеленгаторы предназначены для измерения азимута ВС относительно места установки антенны АРП. Пеленгование производится по радиосигналам, излучаемым передатчиками бортовых радиостанций ВС. АРП являются *дополнительным* средством радионавигации.

АРП, предназначенные для работы на частотных каналах авиационной воздушной связи секторов *посадки, круга и подхода*, размещаются обычно вблизи КТА на позиции ОРЛ-А не ближе 100 метров от её антенн при условии выполнения требований электромагнитной совместимости, но не ближе 120 метров от оси ВПП. Ориентация антенны АРП в этом случае

производится с учётом магнитного склонения в районе установки, т.е. относительно северного направления магнитного меридиана.

АРП, предназначенные для работы на частотных каналах авиационной воздушной связи **районного центра** (РЦ), могут размещаться на позиции ОРЛ-Т при условии выполнения требований электромагнитной совместимости. Ориентация антенны АРП в этом случае производится без учёта магнитного склонения в районе установки, т.е. относительно северного направления истинного меридиана.

На аэродромах, не оборудованных радиомаячной системой инструментального захода на посадку (или оборудованных только с одного направления), АРП, работающий на частотном канале **посадки**, размещается, как правило, на продолжении оси ВПП на позиции БПРС.

К местности, на которой размещается антенная система АРП, предъявляются особые требования:

- площадка должна быть ровной в радиусе 100 метров (допускается уклон не более 0,02) и свободной от отражающих радиоволны объектов;
- горные образования, холмы могут располагаться не ближе 1,5...2 км;
- в горной местности допускается установка АРП на господствующей вершине. Площадка на вершине должна позволять размещение АРП на удалении не менее 50 метров от края обрыва.

Угловая информация АРП представляется диспетчеру с помощью стрелочного индикатора направлений (МИН), встроенного в диспетчерский пульт, а при сопряжении АРП с АО или с АС УВД, представляется в виде линии, высвечиваемой на индикаторе воздушной обстановки при ведении радиопередачи с борта ВС.

В состав АРП должны входить:

- антенно-фидерная система (АФС);
- многоканальная радиоприёмная аппаратура;
- аппаратура преобразования угломерной информации;
- индикаторные устройства;
- выносной контрольно-измерительный генератор с антенной;
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации, предназначенная для:
 - (a) автоматического контроля работоспособности АРП с определением отказавшего канала;
 - (b) автоматического определения отказавшего блока;
 - (c) автоматического переключения на резервный канал при отказах с переходом на частоту отказавшего канала;
 - (d) автоматического контроля основных параметров АРП и выдачи на пункт управления сигналов оповещения: «норма», «ухудшение», «авария»;

(е) автоматического переключения на резервный источник электропитания;

- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

Основными разновидностями АРП, используемых в России, являются АРП-75, АРП-АС и АРП-80К. Их основные эксплуатационно-технические характеристики приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Норматив по ФАП	АРП-75	АРП-АС	АРП-80к
1	Зона действия на высотах *					
	- 1000 м	км	80	100	100	120
	- 3000 м	км	150	180	180	200
2	Зона обзора в вертикальной плоскости, не менее	градус	-	60	60	60
3	Средняя квадратическая погрешность, не более	градус	1,5	1	1	1,5
4	Диапазон рабочих частот (ОВЧ)	МГц	118... 137	118... 135,975	118... 135,975	118... 135,975
5	Потребляемая мощность	Ватт	-	2700	3000	5000
6	Режим обслуживания и контроля:					
	- основной	-	дистанц. местный	дистанц. местный	дистанц. местный	дистанц. местный
	- резервный					

* ПРИМЕЧАНИЕ. Мощность передатчика бортовой радиостанции не менее 5 ватт.

3.4. Радиотехнические системы обеспечения посадки ВС

3.4.1. Система ОСП. Приводные радиостанции

Система ОСП предназначена для привода ВС, оснащённых соответствующим радиооборудованием (АРК, МРП, РВ), в район аэродрома, для выполнения предпосадочного манёвра и захода на посадку.

В состав наземного оборудования системы посадки ОСП входят дальняя (ДПРС) и ближняя (БПРС) приводные радиостанции с маркерными радиомаяками (МРМ). Маркерные маяки, размещаемые вместе с ДПРС и БПРС, могут быть использованы из комплекта радиомаячной системы посадки системы ILS.

- ДПРС предназначена для привода ВС в зону взлёта и посадки, выполнения предпосадочных манёвров и выдерживания воздушным судном курса посадки (направления полёта вдоль оси ВПП). ДПРС должна излучать навигационные радиосигналы и, кроме того, сигналы опознавания – двухбуквенный код Морзе *.

*** ПРИМЕЧАНИЕ.** ДПРС должна обеспечивать работу и в микрофонном режиме для передачи команд диспетчера на борт ВС при отказе радиосвязи и авариях на борту.

Антенна ДПРС размещается на продолжении осевой линии ВПП со стороны захода на посадку на расстоянии от 3800 до 7000 метров от порога ВПП. Допускается её смещение от продолжения осевой линии ВПП не более ± 75 метров (как правило, в сторону грунтовой части лётного поля).

- БПРС предназначена для выдерживания воздушным судном курса посадки (направления полёта вдоль оси ВПП). БПРС должна излучать навигационные радиосигналы и, кроме того, сигналы опознавания – однобуквенный код Морзе (первая буква от кода ДПРС).

Антенна БПРС размещается на продолжении осевой линии ВПП со стороны захода на посадку на расстоянии от 850 до 1200 метров от порога ВПП. Допускается её смещение от продолжения осевой линии ВПП не более чем на ± 15 метров.

- МРМ используются для определения удаления ВС от порога ВПП по факту пролёта точек расположения маяков. В момент пролёта МРМ измеряется истинная высота ВС с помощью бортового радиовысотомера. Высота должна быть равна высоте, указанной в сборнике аэронавигационной информации.

Кроме приводных радиостанций системы ОСП в ГА используются отдельные приводные радиостанции (ОПРС) для обозначения контрольных пунктов на трассе (маршруте полёта). Этими радиомаяками маркируются воздушные коридоры, пересечения трасс, их изгибы, границы районов ОВД. С помощью бортового радиокompаса, настроенного на частоту ОПРС, осуществляется полёт «НА» либо «ОТ» этого маяка.

В состав приводных радиостанций должны входить:

- антенно-фидерная система (АФС);
- передающая аппаратура радиостанции;
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации предназначенная для:
 - (a) автоматического контроля основных параметров ПРС и выдачи на пункт управления сигналов оповещения: «норма», «ухудшение», «авария»;
 - (b) автоматического контроля работоспособности ПРС с определением отказавшего комплекта;
 - (c) автоматического определения отказавшего блока;
 - (d) автоматического переключения на резервный комплект при отказах;
 - (e) автоматического переключения на резервный источник электропитания;

- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

Основными разновидностями приводных радиостанций, используемых в России, являются ПАР-7, ПАР-8, ПАР-10, ПАР-11. Их основные эксплуатационно-технические характеристики приведены в табл. 3.4.1.

Таблица 3.4.1

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Норматив по ФАП	ПАР-7	ПАР-8	ПАР-10	ПАР-11
1	Зона действия, не менее						
	- для полётов по трассе	км	150	150	-	150	150
	- для полётов в зоне а/д	км	50	-	50	50	50
2	Диапазон рабочих частот	кГц	190... 1750	100... 1500	100... 1500	150... 1750	190... 1750
3	Выходная мощность излучения	Ватт	-	300... 1100	250... 400	не менее 200	не менее 200
4	Режим работы	-	ТЛФ	ТЛФ	ТЛФ	ТЛФ	ТЛФ
5	Частота тональной модуляции	Гц	-	1020	1020	1020	1020
6	Глубина модуляции	%	-	95	95	95	95

3.4.2. Радиомаячные системы посадки метрового диапазона. Система ILS

Радиомаячная система (РМС) инструментального захода ВС на посадку метрового диапазона волн - ILS это совокупность наземных и бортовых радиотехнических устройств, обеспечивающих экипаж информацией о положении ВС относительно курса посадки и глиссады снижения, а также информирующих экипаж о пролёте маркированных точек на предпосадочной прямой, удаление которых от порога ВПП известно.

В зависимости от сложности метеоусловий, в которых возможно использование РМС, они подразделяются на системы первой, второй и третьей категории (РМС-1, РМС-2, РМС-3).

- РМС-1 обеспечивает экипаж ВС достоверной информацией в процессе посадки от границы зоны действия РМС до точки на глиссаде, в которой она пересекается с линией курса на высоте **60** метров относительно горизонтальной плоскости, проходящей через порог ВПП.
- РМС-2 обеспечивает экипаж ВС достоверной информацией в процессе посадки от границы зоны действия РМС до точки на глиссаде, в которой она пересекается с линией курса на высоте **30** метров относительно горизонтальной плоскости, проходящей через порог ВПП.

- РМС-3 обеспечивает экипаж ВС достоверной информацией в процессе посадки от границы зоны действия РМС *до поверхности ВПП* и вдоль неё (при этом бывает необходимо вспомогательное оборудование).

В состав наземного оборудования РМС должны входить:

- курсовой радиомаяк (КРМ) – передающее устройство с антенной системой. Антенная система КРМ размещается на продолжении оси ВПП в противоположном направлению посадки стороне на удалении от 400 до 1150 метров от порога ВПП. При этом боковое смещение антенн недопустимо.
- глиссадный радиомаяк (ГРМ) – передающее устройство с антенной системой. Антенная система ГРМ размещается у начала ВПП (на удалении 450...2000 метров от порога) со стороны захода на посадку на расстоянии 120...180 метров от её оси в сторону грунтовой части лётного поля. Такое размещение ГРМ обеспечивает необходимую высоту средней линии глиссады над порогом ВПП – высоту опорной точки. Высота опорной точки РМС-2, РМС-3 должна составлять 15 (+3, 0) метров. Для РМС-1 допускается значение высоты опорной точки 15 ± 3 метра. Номинальное значение угла наклона глиссады устанавливается в пределах $2^\circ \dots 4^\circ$.
- маркерные радиомаяки (МРМ) с антеннами. При этом антенна ближнего МРМ размещается на продолжении оси ВПП со стороны захода на удалении 850...1200 метров от её порога (допускается боковое смещение ± 75 метров), а антенна дальнего МРМ размещается на продолжении оси ВПП со стороны захода на удалении 3800...7000 метров от её порога (допускается боковое смещение ± 75 метров);
- контрольно-выносное оборудование;
- система ТУ-ТС – телеуправления, контроля и телесигнализации, предназначенная для:
 - (a) автоматического контроля основных параметров радиомаяков и выдачи на пункт управления сигналов оповещения: «норма», «ухудшение», «авария»;
 - (b) автоматического контроля работоспособности радиомаяков с определением отказавшего комплекта;
 - (c) автоматического определения отказавшего блока;
 - (d) автоматического переключения на резервный комплект при отказах;
 - (e) автоматического переключения на резервный источник электропитания;
- комплект эксплуатационной документации и ЗИП.

Ввиду влияния земной поверхности на направленность радиоизлучения маяков КРМ и ГРМ на лётном поле вблизи ВПП образуется *критическая*

зона, в которой не должно быть объектов, отражающих радиоволны (для КРМ границы критической зоны расположены на удалении ± 120 метров от оси ВПП). Для экипажей вылетающих ВС обеспечивается дневная и ночная маркировка границ критической зоны КРМ (буквы «ILS» или «RMC»), поскольку нахождение ВС в пределах этой зоны сместило бы создаваемое излучением радиомаяка равносигнальное направление курса для заходящего на посадку ВС. Вокруг ГРМ также имеется критическая зона. В пределах критических зон поверхность аэродрома поддерживается всегда ровной (убирается даже трава).

Основными разновидностями РМС, используемых в России, являются системы посадки СП 75, СП 80, СП 90, СП 95, СП-МВЛ. Их основные эксплуатационно-технические характеристики приведены в табл. 3.4.2.

3.4.3. Радиомаячные системы посадки сантиметрового диапазона. Система MLS

Радиомаячные системы посадки сантиметрового диапазона (MLS) предназначены для получения на борту информации об отклонении ВС от задаваемой траектории посадки в вертикальной и горизонтальной плоскостях и об удалении ВС от расчётной точки приземления. Эта информация выдаётся экипажу и в САУ. Предусматривается также возможность трансляции справочной информации для экипажей ВС о состоянии системы, о метеоусловиях на аэродроме, о состоянии ВПП и т.п.

По сравнению с ILS система MLS имеет ряд преимуществ:

- более высокая точность определения пространственного положения ВС при заходе на посадку;
- значительно меньшее влияние рельефа местности, сооружений и метеоусловий на точность системы;
- возможность задания различных траекторий захода на посадку с целью увеличения пропускной способности аэропорта, экономии топлива и снижения шума в жилых районах вблизи аэропорта;
- большее число частотных каналов (до 200), что снижает взаимные радиопомехи при близком расположении аэродромов.

В состав наземного оборудования MLS должны входить:

- азимутальный радиомаяк захода АРМ-З, предназначенный для определения углового положения ВС относительно курса посадки;
- азимутальный радиомаяк обратного азимута АРМ-О, предназначенный для определения углового положения ВС относительно посадочного курса при уходе на второй круг или при взлёте;
- угломестный радиомаяк захода УРМ-З, предназначенный для определения углового положения ВС относительно глиссады снижения;

Таблица 3.4.2 (1)

Таблица 3.4.2 (2)

Таблица 3.4.2 (3)

- угломестный радиомаяк выравнивания UPM-B, предназначенный для определения положения ВС в вертикальной плоскости на этапе выравнивания;
- дальномерный радиомаяк DME/P, предназначенный для высокоточного (Precision) измерения удаления ВС от расчётной точки приземления.

Основные эксплуатационно-технические характеристики системы MLS приведены в табл. 3.4.3

Таблица 3.4.3

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	Система посадки MLS на основе TRSB
1	Зона действия		
	- по азимуту	град	$\pm 40^\circ$
	- по углу места	град	0,9...15°
	- по дальности	км	37
	- по обратному азимуту	град	$\pm 20^\circ$
2	- по дальности при обратном азимуте	км	9,3
	Средняя квадратическая погрешность, не более		
	- по азимуту	град	0,05
3	- по углу места	град	0,05
	- по дальности	метр	30
3	Число частотных каналов	-	200
4	Диапазон рабочих частот для угломерного оборудования	МГц	5031,0...5090,7
5	Диапазон рабочих частот для дальномерного оборудования	МГц	960...1213
6	Средняя мощность излучения маяков, не более	Ватт	20

4. Системы авиационной воздушной и наземной электросвязи

Радиосистемы авиационной *воздушной* электросвязи (радиосвязи) предназначены для обмена информацией в аналоговом или цифровом виде между экипажами ВС и диспетчерскими, либо другими наземными службами ОВД, а также экипажей между собой.

Системы авиационной *наземной* электросвязи используются при организации *фиксированной* проводной и радиосвязи для обмена речевой или дискретной информацией в аналоговом или цифровом виде диспетчерских, либо других наземных служб ОВД между собой.

Основным видом командной воздушной электросвязи является радиосвязь в диапазоне **ОВЧ** (ранее МВ или УКВ).

Дополнительным (или резервным) видом радиосвязи является связь в диапазоне **ВЧ** (ранее ДКМВ или КВ), а в северных широтах ещё и в диапазоне СЧ (ранее ГМВ или СВ) ввиду влияния возмущений магнитного поля Земли на распространение радиоволн ВЧ-диапазона и потерь радиосвязи.

Основные наземные устройства авиационной электросвязи располагаются на передающем радиоцентре (ПРЦ), приёмном радиоцентре (ПМРЦ), возможно на выносном автономном ретрансляторе авиационной воздушной радиосвязи (АРТР), в центре коммутации сообщений (ЦКС), в радиобюро и в линейном аппаратном зале (ЛАЗ).

- В состав ПРЦ должны входить:
 - антенно-фидерная система (АФС);
 - радиопередающие устройства;
 - устройства бесперебойного электропитания (в том числе и автономного с необходимым запасом топлива);
 - аппаратура служебной связи (телефонной и громкоговорящей);
 - устройства молниезащиты;
 - аппаратура дистанционного управления, контроля и сигнализации;
 - комплект эксплуатационной документации и ЗИП.
- В состав ПМРЦ должны входить:
 - антенно-фидерная система (АФС);
 - радиоприёмные устройства;
 - устройства бесперебойного электропитания (в том числе и автономного с необходимым запасом топлива);
 - аппаратура служебной связи (телефонной и громкоговорящей);
 - устройства молниезащиты;
 - аппаратура дистанционного управления, контроля и сигнализации;
 - комплект эксплуатационной документации и ЗИП.
- В состав АРТР должны входить:
 - приёмно-передающая антенно-фидерная система (АФС);
 - приёмно-передающие устройства;
 - устройства бесперебойного электропитания (в том числе и автономного с необходимым запасом топлива);
 - аппаратура служебной связи;
 - устройства молниезащиты;
 - аппаратура дистанционного управления, контроля и сигнализации;
 - комплект эксплуатационной документации и ЗИП.
- ЦКС предназначен для обеспечения круглосуточного информационного обмена предприятий и организаций ГА через авиационную фиксированную наземную сеть передачи данных и телеграфных сообщений (АФТН) в целях ОВД, планирования использования ВП,

производственно-хозяйственной и административно-управленческой деятельности. При этом должно обеспечиваться документирование циркулирующей информации, её хранение в течение 30 суток и защита от несанкционированного доступа.

ЦКС располагается в центре УВД и в его состав должны входить:

- аппаратно-программный комплекс с резервирующими техническими средствами (АРМ на основе ПЭВМ или телеграфные аппараты);
 - средства сопряжения с аналоговыми (либо цифровыми) каналами электросвязи;
 - оборудование, обеспечивающее подключение каналов связи (кросс);
 - источники бесперебойного электропитания;
 - аппаратура служебной связи;
 - комплект эксплуатационной документации, ЗИП и КИП.
- Радиобюро является необходимой частью системы радиосвязи ВЧ-диапазона. В радиобюро установлены радиоприёмные устройства систем воздушной и наземной радиосвязи этого диапазона. Радиоприёмные устройства подключены к антеннам АФС, расположенным поблизости. Операторы радиобюро постоянно прослушивают все каналы радиоприёма, фиксируют принимаемые сообщения и передают их соответствующим корреспондентам, (например, диспетчерам УВД) по ГГС или по телефону. Аналогично через операторов радиобюро передаются сообщения на борт ВС. Такой режим работы определяется тем, что системы связи ВЧ диапазона являются резервными, сообщения поступают не часто, а сигналы имеют большой уровень шумовых помех. Только диспетчеры МДП могут иметь непосредственную связь с экипажами ВС в диапазоне ВЧ, поскольку связь с маловысотными ВС в диапазоне ОВЧ ограничена максимальной дальностью 50...70 км.

Радиобюро располагается обычно в непосредственной близости от центра УВД.

Основными элементами системы воздушной электросвязи (радиосвязи) являются радиостанции, либо независимо функционирующие радиопередающие и радиоприёмные устройства. Эти объекты размещаются с учётом:

- минимизации углов закрытия рельефом местности прямой видимости в сторону прохождения воздушных трасс или зон полётов ВС;
- требований по ограничению высоты расположения антенно-фидерных устройств радиостанций;
- требований электромагнитной совместимости с другими излучающими радиосредствами во избежание взаимных радиопомех.

ПРЦ обычно располагается на значительном удалении (до 5-и км) от ПМРЦ и АКДП во избежание влияния мощного радиоизлучения

передатчиков на работу чувствительных радиоприёмников, т.е. для уменьшения радиопомех.

Главными принципами организации командной радиосвязи с ВС в диапазоне ОВЧ являются:

- **обязательное перекрытие** всей зоны ответственности любого сектора УВД, как в горизонтальной плоскости, так и по высоте сплошным радиополем на частотном канале данного сектора. Для увеличения дальности командной радиосвязи в диапазоне ОВЧ, определяемой, как известно, дальностью прямой видимости, антенны радиопередатчиков и радиоприёмников устанавливаются на возможно большей высоте. Кроме того, увеличивают мощность передатчиков и чувствительность радиоприёмников. При невозможности перекрытия одним ПРЦ/ПМРЦ всего района ОВД устанавливают АРТР. При этом зоны излучения основного передатчика и ретранслятора перекрываются на больших высотах и из-за нестабильности частот и различных доплеровских эффектов могут возникнуть помехи в виде интерференционных свистов. Для устранения этого в современных радиостанциях имеется режим излучения со смещением частоты несущего колебания на несколько килогерц;
- **высокая надёжность** радиосистем связи в условиях многолетней круглосуточной непрерывной работы. Надёжность достигается многократным автоматическим резервированием, обеспечением бесперебойного электропитания, дистанционной сигнализацией исправной работы радиосистем и ухудшения контролируемых параметров, сокращением времени ремонта. Кроме того, обеспечивается постоянное сплошное перекрытие зон УВД и на международной аварийной частоте 121,5 МГц. Имеется возможность в любой момент выйти на связь с ВС; ведётся постоянное прослушивание на этой частоте;
- **удобство эксплуатации** радиосистем. Поскольку в диапазоне ОВЧ распространение радиоволн не зависит от времени года, суток, солнечной активности, то не требуется смена частот, вызванная этими факторами. Высокая частотная стабильность возбуждителей радиопередатчиков и гетеродинов приёмников позволяет реализовать **беспоисковую и бесподстроечную** радиосвязь, что облегчает работу диспетчеров и экипажей ВС.

Основные эксплуатационно-технические характеристики радиосредств диапазонов ОВЧ и ВЧ, применяемых в ГА, приведены в табл. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1.

Таблица 4.2

5. Вспомогательные радиоэлектронные средства обеспечения полётов ВС

К вспомогательным радиоэлектронным средствам обеспечения полётов ВС относится, в частности, аппаратура документирования информации и аппаратура обеспечения точным временем

5.1. Аппаратура документирования информации

Аппаратура регистрации звуковой и радиолокационной информации (магнитофон) предназначена для записи переговоров по каналам связи, а также синхронного документирования цифровой и аналоговой радиолокационной информации. Магнитофоны имеют современные компактные магнитные накопители (магнитооптические диски, накопители на магнитной ленте – стримеры) большой ёмкости до 10 Гб.

В России рекомендованы к внедрению магнитофоны «ГРАНИТ» Петербургской фирмы НИТА и СМАР-Т, разработанный ЗАО «Пеленг».

- Магнитофон «ГРАНИТ» реализует оригинальный цифровой принцип записи звука с предварительным сжатием в цифровом виде. Это позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с традиционными средствами документирования:
 - максимальное число каналов записи – 128;
 - среднее время записи на один накопитель (10 Гб) – 60 каналов/сутки;
 - неограниченный срок хранения данных без потери качества;
 - защиту от несанкционированного вмешательства в работу;
 - автоматическую диагностику неисправностей;
 - переключение на резервный комплект без потери информации;
 - синхронизацию времени от внешнего источника с погрешностью ± 1 сек, что позволяет синхронно воспроизводить звуковую информацию и данные о динамической воздушной обстановке;
 - автоматическое ведение журнала работы, фиксирующего изменения режимов работы;
 - длительный срок службы, высокую надёжность (наработка на отказ 10000 часов), обусловленную значительным снижением числа механических узлов.
- Магнитофон СМАР-Т имеет аналогичные характеристики, в частности, максимальное число каналов записи:

- звуковых (диапазон частот – 200...3400 Гц) -	60
- радиолокационных -	12
- цифровых -	60

В системе СМАР-Т предусмотрено ограничение несанкционированного доступа к средствам управления магнитофоном на программном и механическом уровнях и протоколирование действий оператора по управлению.

5.2. Аппаратура обеспечения точным единым временем

Системы точного единого времени предназначены для обеспечения потребителей единым точным временем с целью координации производственных процессов в ГА и других отраслях народного хозяйства. Эти системы обеспечивают синхронизацию шкалы времени со всемирным координированным временем UTC по радиосигналам глобальных космических навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. В ГА системы единого времени используются в АС УВД, в системах документирования информации, а также для обеспечения технических служб и служб ОВД единым точным временем.

В России рекомендованы к внедрению системы «МЕТРОНОМ» Петербургской фирмы НИТА и «ТАХИОН», разработанная ЗАО «Пеленг». Эти системы состоят из антенны, располагаемой под открытым небом, приёмника радиосигналов спутниковых глобальных систем навигации GPS и ГЛОНАСС российского производства (или импортного), цифровых табло для индикации даты и времени, а также хронометрического модуля. Этот модуль обеспечивает:

- возможность подключения до 50 единиц потребителей при их удалении до 5 км;
- ввод формируемой шкалы времени по любому из стандартных последовательных интерфейсов (RS-232, RS-422, RS-423, RS-485, ИПРС) последовательным кодом КИ по ГОСТ В24152-83 в технические средства (цифровые табло, цифровые часы) и средства вычислительной техники (АС УВД, ЭВМ документирования) в реальном масштабе времени;
- абсолютную погрешность определения времени не более 0,01 с;
- возможность объединения модулей для резервирования.

Определение точного времени в системах «МЕТРОНОМ» и «ТАХИОН» основано на приёме радиосигналов от искусственных спутников Земли (ИСЗ), входящих в состав глобальных навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, и синхронизации с их помощью собственных электронных часов с цифровой индикацией текущего времени. На борту навигационных ИСЗ установлены квантовые генераторы электрических колебаний, частота которых поддерживается постоянной с точностью 10^{-12} . Они являются эталонами времени. Эти генераторы, в свою очередь, синхронизируются с Земли от национальных эталонов времени, имеющих высочайшую точность, характеризующуюся относительными

отклонениями до 10^{-14} . Временные задержки радиосигналов при их распространении в пространстве учитываются введением поправок.

Список использованных источников

1. Федеральные авиационные правила «Радиотехническое обеспечение полётов и авиационная электросвязь. Сертификационные требования» (Утверждены приказом ФСВТ России от 11.08.00 №248).-М.: 2000.
2. Давыдов П.С., Сосновский А.А., Хаймович И.А. Авиационная радиолокация: Справочник. – М.: Транспорт, 1984.- 223 с.
3. Сосновский А.А., Хаймович И.А. Авиационная радионавигация: Справочник. – М.: Транспорт, 1980.-255 с.
4. Авиационная радиосвязь: Справочник/ Под ред. П.В. Олянюка. – М.: Транспорт, 1989.-208 с.
5. Кузнецов А.А., Дубровский В.И., Уланов А.С. Эксплуатация средств управления воздушным движением: Справочник. – М.: Транспорт, 1983.-256 с.
6. Задорожнова Б.Н. Наземные радиотехнические средства обеспечения полётов. Учебное пособие в 2-х частях. – Ульяновск.: Центр ГА СЭВ, 1992.- 124, 125 с.

Содержание

Основные сокращения	3
Введение	7
1. Общие сведения о радиотехнических системах обеспечения полётов ВС	9
2. Радиолокационные системы УВД	10
2.1 Трассовые радиолокаторы (ОРЛ-Т)	10
2.2 Аэродромные радиолокаторы (ОРЛ-А)	13
2.3 Вторичные радиолокаторы (ВРЛ)	14
2.4 Посадочные радиолокаторы (РЛС-П)	16
2.5 Радиолокаторы обзора лётного поля	19
2.6 Аппаратура первичной обработки информации (АПОИ)	19
2.6.1 Аппаратура первичной обработки информации «ВУОКСА»	21
2.6.2 Аппаратура первичной обработки информации «ПРИОР» и «ХОЛОДНОЕ НЕБО»	22
3. Радиотехнические системы навигации и посадки ВС	23
3.1 Радиотехнические системы ближней навигации VOR/DME	23
3.2 Радиотехнические системы ближней навигации РСБН	25
3.3 Автоматические радиопеленгаторы (АРП)	26
3.4 Радиотехнические системы обеспечения посадки ВС	28
3.4.1 Система ОСП. Приводные радиостанции	28
3.4.2 Радиомаячные системы посадки метрового диапазона. Система ILS	30
3.4.3 Радиомаячные системы посадки сантиметрового диапазона. Система MLS	32
4. Системы авиационной воздушной и наземной электросвязи	36
5. Вспомогательные радиоэлектронные средства обеспечения полётов ВС	42
5.1 Аппаратура документирования информации	42
5.2 Аппаратура обеспечения точным временем	43
Список использованных источников	44

**ЛУШНИКОВ
АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ**

**НАЗЕМНЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЁТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

Учебное пособие

**для курсантов и студентов ОЗО
специальности 240300 специализации 240305
«Организация воздушного движения»**

**Лицензия на РИД ЛР № 020811 от 07.10.98.
Лицензия на ПД ПЛД №78-39 от 23.08.99.**

**Подписано в печать ?? .06.2001. Формат 60x90/16. Бумага писчая.
Печать офсетная. Усл. печ.л. 1.???. Уч.изд.л. ??? Тираж 100. Заказ**

РИО и УОП УВАУ ГА. 432071, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8.