

УДК 621.391.26 : 621.396.96

**ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСАДКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ**

Ю. В. Иванов, С. Г. Петухов, В. А. Синицын

*Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
АО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург*

Анализ статистики мировых авиационных происшествий и аварий показывает, что более половины из них приходится на этап посадки летательных аппаратов. Причинами этих событий являются как несовершенство и отказы авиационной техники, так и человеческий фактор.

Указанные причины существенно влияют и на пропускную способность аэродромов. Высокая пропускная способность аэродромов позволяет снизить экономические затраты, а в системах военного применения летательных аппаратов - снизить их потери, что делает актуальной задачу разработки высокоавтоматизированной системы посадки ЛА.

Контур управления воздушными судами с использованием РСР можно представить в виде структуры, приведенной на рис. 1.

Команды управления в горизонтальной и в вертикальной плоскостях формируются после сравнения оцененных координат местоположения ЛА с координатами, определяемыми задан-

ной линией планирования (ЗЛП). Эти сигналы через систему передачи данных (СПД) передаются на бортовую аппаратуру ЛА, обеспечивая формирование корректирующих сигналов изменения местоположения ЛА.

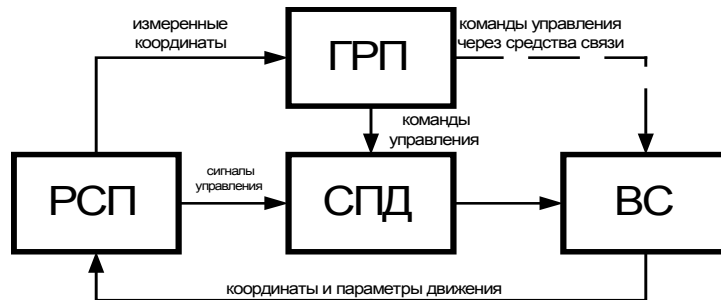


Рис. 1. Структурная схема контура управления ВС

Группа руководства полетами контролирует ход управления ЛА и в экстренных случаях может либо через штатные средства связи, либо через СПД включаться в контур управления.

В автоматическом режиме посадки в РСП необходимо решать задачу автоматического обнаружения ЛА и высокоточного измерения их координат и параметров движения, а также формирования сигналов управления. Привязку измеренных координат ЛА к их бортовым номерам, формирование индивидуальных сигналов управления можно выполнить как путем использования многоканальной СПД, так и применением комбинированных режимов с использованием методов активной радиолокации и активной радиолокации с активным ответом (дискретно-адресный режим).

Для обеспечения ГРП информацией о координатах и параметрах движения ЛА в РСП необходимо измерять дальность, скорость, угловые координаты. При этом качество управления ЛА существенно зависит от точности измерения этих координат в РСП.

Рассмотрим геометрические соотношения рис. 2, на котором показано размещение РСП на удалении d_0 от оси взлетно-посадочной полосы (ВПП).

ЗЛП оканчивается в расчетной точке посадки (РТП) под заданным углом φ_0 в вертикальной плоскости ХОУ. Линия l – расстояние от центра ВПП до РТП, точкой С обозначено положение летательного аппарата, находящегося на ЗЛП. Смещения летательного аппарата С относительно ЗЛП показаны в виде отрезков Δ_r , Δ_b .

Вычислитель сигналов управления рассчитывает значения Δ_r , Δ_b в соответствии с выражениями:

$$\Delta_r = D \cos \varphi_b \sin \varphi_r - d_0, \quad (1)$$

$$\Delta_b = [D \sin \varphi_b - (D \cos \varphi_b \cos \varphi_r - l) \operatorname{tg} \varphi_0] \cos \varphi_0, \quad (2)$$

где d_0 – расстояние от РСП до оси взлетно-посадочной полосы; l – расстояние от центра ВПП до РТП; φ_0 – заданный угол планирования; φ_r , φ_b , D – угловые координаты и дальность (фазовые координаты).

С учетом независимости погрешностей измеряемых в РСП координат и условия их гауссовского распределения дисперсии ошибок формирования сигналов управления определяются из выражений [1]

$$D_{\Delta_r} = D_d \varphi_r^2 + D_{\varphi_r} D^2, \quad (3)$$

$$D_{\Delta_b} = D_{\varphi_b} D^2 + D_d (\varphi_b^2 + D_{\varphi_b} + \varphi_0^2), \quad (4)$$

где D_{φ_r} , D_{φ_b} , D_d – дисперсии ошибок измерения координат.

$$T_{\text{впп}} = T_{\text{пр}} + T_{\text{р}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{пр}}$ – время пробега; $T_{\text{р}}$ – время руления с ВПП.

Время пробега – это параметр зависящий от следующих характеристик [5]: лобового сопротивления ЛА, реверса тяги, эффективности тормозов, состояния поверхности ВПП, направления ветра, плотности, давления, температуры воздуха, высоты аэродрома, уклона ВПП и т.д. Время освобождения полосы зависит от подготовленности экипажа и конфигурации рулежных дорожек и является субъективным параметром. Оно измеряется путем хронометража и в реальных условиях составляет в минимальной величине 10...20 с [4].

В общем случае время пробега вычисляется достаточно сложным методом учитывающим множество факторов (аэродинамики ЛА, коэффициентов сцепления и др.) для рассматриваемого вопроса, данная точность вычислений не требуется. Рассмотрим пример, когда все условия направлены на уменьшение времени пробега по ВПП. Типовые данные – посадочная скорость равна 80...100 м/с (280...360 км/ч) [5], длина пробега равна 680...700 м (тактико-технические характеристики ЛА Су-27).

Величину времени пробега получаем из упрощенных вычислений, определяемых выражениями

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{пос}} + V_{\text{р}}}{2}, \quad (8)$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{пр}}}{V_{\text{ср}}}, \quad (9)$$

где $V_{\text{р}}$ – скорость руления ЛА по ВПП; $V_{\text{пос}}$ – посадочная скорость; $L_{\text{пр}}$ – длина пробега.

Для вышеприведенных условий получаем $T_{\text{пр}}=20$ с.

По формуле (7) получим $T_{\text{впп}}=30...40$ с.

Тогда пропускная способность аэродрома $\mu_{\text{п}}$ вычисляется по формуле [6]

$$\mu_{\text{п}} = \frac{3600}{T_{\text{мви}}}. \quad (10)$$

Наибольшая пропускная способность аэродрома достигается при обеспечении посадки самолетов-истребителей парами в простых метеоусловиях, когда интервалы захода на посадку и занятости ВПП не более $T_{\text{мви}}=40$ с. При таких интервалах и вышеприведенных условиях пропускная способность составляет величину 180 ЛА в час.

Число управляемых на посадочной траектории ЛА [7] определим выражением

$$N_{\text{вс}} \approx \frac{R_{\text{звп}}}{T_{\text{мви}} \cdot V_{\text{пос}}}, \quad (11)$$

где $R_{\text{звп}}$ – радиус зоны взлета и посадки; $V_{\text{пос}}$ – посадочная скорость.

При посадке ЛА типа Су-27 на ВПП с $L_{\text{впп}}=3000$ м, в соответствии с (11) $N_{\text{ЛА}}=9$, а при посадке парами - 18 ЛА.

Для более тяжелых и больших ЛА значение пропускной способности уменьшится ввиду невозможности посадки ЛА парами и в связи с большими интервалами захода на посадку $T_{\text{мви}}=2...3$ мин и составляет величину $\mu_{\text{п}}=22$ ЛА в час. Выше приведенные соотношения справедливы при полетах и в сложных метеоусловиях.

Заключение. Рассмотрены основные особенности и возможности по использованию радиолокационной системы посадки для обеспечения посадки летательных аппаратов в автоматическом режиме.

Проведена оценка пропускной способности аэродрома при полетах и посадке легких и тяжелых ЛА в простых и сложных метеоусловиях.

Библиографический список

1. *Тесля Е. И., Воробьев В. А.* Дисперсия формирования сигналов управления при использовании РСП // Сб. науч. трудов ТВАИИ. Тамбов: 2001.
2. *Перевозов Е. С., Турченко В. А.* Состояние и тенденции совершенствования радиолокационных систем посадки // Зарубежная радиоэлектроника. 2001. № 9.
3. *Меркулов В. И., Лепин В. Н.* Авиационные системы радиоуправления. М.: Радио и связь, 1996.
4. *Алешин В. И., Дарымов Ю. П., Крыжановский Г. А.* и др. Организация управления воздушным движением / под ред. Крыжановского Г. А. М.: Транспорт, 1988.
5. *Дьяченко А. А., Момджи В. Г., Нелюбов А. И.* Боевые авиационные комплексы и безопасность полета. Вып. 4. Динамика полета летательных аппаратов. М.: ВВИА, 1975.
6. *Кондратенков В. А., Котельников Г. Н., Цветков В. М.* Безопасность полета летательных аппаратов. Киев: КВВАИУ, 1977.
7. *Геков В. А., Воробьев В. А.* К вопросу обоснования пропускной способности аэродрома при использовании РСП. Сб. науч. трудов ТВАИИ. Тамбов: 2001.