

УДК 629.7

В.В. Афанасьев, И.А. Кашаев, А.М. Ситков

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Проведен анализ существующих систем посадки летательных аппаратов. Внимание уделено обоснованию выбора направления исследования по разработке высокоточной системы посадки на необорудованные аэродромы и площадки приземления. Показано, что перспективным направлением является разработка системы, основанной на комплексировании спутниковой навигационной системы (СНС) с магнитометрической системой посадки.*

*летательный аппарат, система посадки, необорудованный аэродром, спутниковая навигационная система*

### Введение

**Постановка проблемы.** Посадка летательного аппарата (ЛА) является наиболее ответственным и сложным этапом, который характеризуется изменением режима полета, психофизиологическими нагрузками и быстротечностью. Успешное решение задачи безопасного захода на посадку требует: четкого определения экипажами правил и порядка выполнения захода на посадку; оборудования аэродромов, площадок приземления специальными тех-

ническими системами; выработки методик, рекомендаций экипажам по использованию систем посадки, а так же действиям в особых случаях.

**Анализ литературы.** Исследования, которые постоянно проводятся такими организациями, как Flight Safety Foundation (FSF), International Civil Aviation Organization (ICAO) и др. [1] показывают, что этап выполнения посадки занимает по времени 4% от общего времени полета. Половина всех происшествий приходится именно на этот этап (рис. 1).

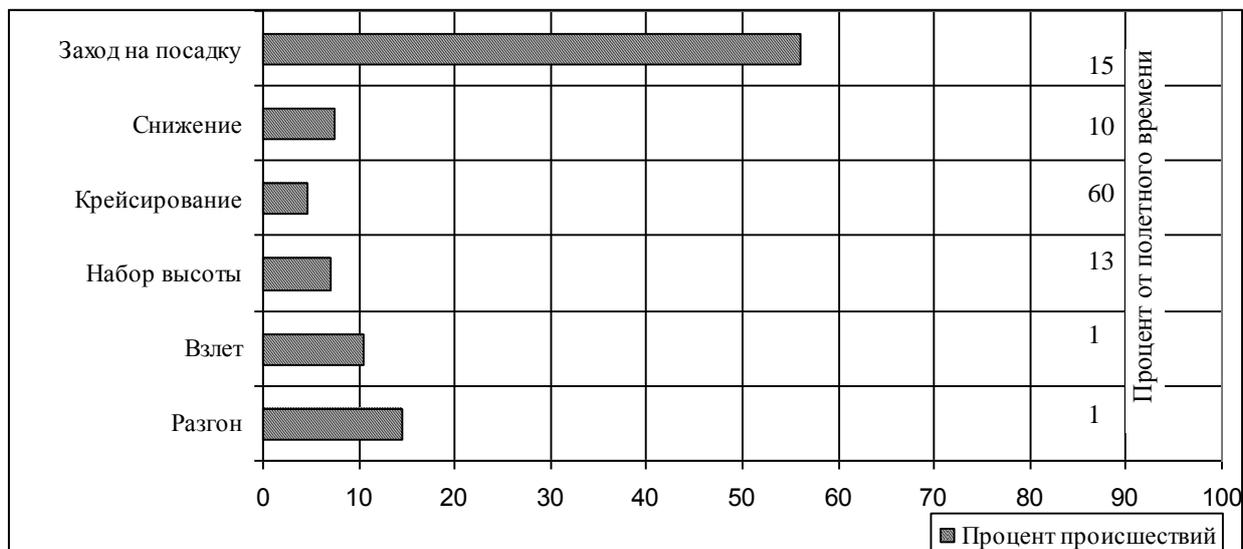


Рис. 1. График соотношения количества происшествий и полетного времени на различных этапах полета

В условиях необходимости повышения пропускной способности аэродромов, в том числе полевых аэродромов, основными направлениями снижения числа происшествий являются: работа с экипажами по профилактике авиационных происшествий, усовершенствование существующих и разработка новых высокоточных систем посадки. В задачи, которые возлагаются на экипажи, также входит выполнение посадки на необорудованные, в стационарном отношении, аэродромы в любое время суток и в любых метеорологических условиях.

Таким образом, показано, что **актуальной** остается задача совершенствования систем посадки и навигационного обеспечения летательных аппаратов с целью повышения безопасности полетов и расширения возможностей применения авиации в различных условиях.

**Целью данной статьи** является проведение анализа существующих систем и выбор направления исследования по разработке перспективной системы посадки на необорудованные аэродромы, площадки приземления.

## Основная часть

Важными параметрами, характеризующими системы посадки (СП), помимо требований надежности, являются точность определения навигационных параметров (относительных координат ЛА), рабочая область и дальность действия.

Из всего перечня требований к системе навигационного обеспечения остановимся на следующих:

1. Система должна обеспечивать определение навигационных параметров в любое время суток, в любых метеорологических условиях.

2. Определяемые параметры должны выдавать экипажу информацию о положении ЛА относительно точки приземления, а также о положении ЛА относительно заданной траектории, что позволит экипажу выполнять полет в ручном, директорном или автоматическом режиме.

3. Система должна быть высокоточной, непрерывно обеспечивать экипажи достоверной информацией.

4. Система должна обеспечивать выход на точку (площадку) и заход на посадку с любого направления и по любой траектории, то есть не иметь ограничений по азимуту, углу места и минимальной дальности действия.

С целью обоснования выбора направления дальнейших исследований в работе проведен анализ функционирования и направлений развития перспективных существующих систем посадки:

- существующих систем посадки;
- перспективных систем посадки, которые разрабатываются;
- систем определения относительного положения, не решающих задачи посадки ЛА.

Заход на посадку на аэродромы может выполняться с использованием посадочных устройств и систем: радиомаячных систем типа ILS; радиолокационных систем посадки типа GCA; направленных маяков типа VOR; приводных радиостанций – NDB; радиопеленгаторов.

Все эти устройства могут применяться совместно с дальномерным оборудованием DME и светотехническим оборудованием аэродрома. Известно, что рассмотренные системы обладают рядом недостатков и ограничений [2]:

- возможность захода на посадку только в створ взлетно-посадочной полосы (ВПП) по заданному курсу и глиссаде;
- малые размеры сектора, в пределах которого ЛА обеспечивается информацией относительно заданной траектории, что уменьшает возможности предпосадочного маневрирования;
- значительное влияние земной поверхности на качество работы СП;
- определение координат ЛА относительно точки приземления только при контроле с земли и

при пролете маркированных точек;

– ограничение на использование светотехнического оборудования в зависимости от метеорологических условий.

При выборе радиотехнической системы для решения задач посадки принципиальным вопросом является обоснование ее частотного диапазона. Для удовлетворения требований по обеспечению сложных, криволинейных траекторий захода на посадку, высокой точности, надежности и независимости работы от внешних условий выбран диапазон 5 ГГц (длина волны 6 см, СВВ диапазон), что обеспечивает получение точной информации на всех этапах посадки, включая выравнивание до полного приземления [2]. К таким системам относятся микроволновые системы посадки МСП (MLS – Microwave Landing System) [2]. Они обеспечивают точное измерение координат места положения ЛА в пространстве и на основе использования этих координат выполнение предпосадочного маневра, захода на посадку, посадки до полного приземления и т.п. по принципиально любым траекториям. Вид посадочной траектории может быть выбран на самолете. Таким образом, возможности МСП полностью удовлетворяют предъявленным выше требованиям, однако они являются стационарными.

Как показывают результаты анализа литературы, перспективным направлением является внедрение спутниковой системы связи, навигации и наблюдения. Так, по данным Концепции специального комитета по перспективным аэронавигационным системам (Future Air Navigation Systems), предусматривается, что спутниковые системы связи, навигации и наблюдения должны стать единственными и главным средствами, обеспечивающими безопасное управление ЛА и организацию воздушного движения в глобальном масштабе. Такая популярность спутниковых навигационных систем (СНС) связана с появлением высокоэффективных систем второго поколения – американской GPS и российской ГЛОНАСС. Эти СНС предназначены для глобального, всепогодного, пассивного, безостановочного в реальном масштабе времени, надежного, помехозащищенного и высокоточного навигационно-временного обеспечения всех потребителей.

Так, роль СНС для обеспечения в будущем операций в зоне посадки описывается в документации Федеральной Авиационной Администрации США (FAA) – RTCA DO-247. Согласно документа, СНС и системы автоматического радионаблюдения являются ключевыми компонентами перспективной системы посадки, которая известна как Advanced Surface Movement Guidance and Control (A-SMGCS). Соответственно оборудованный самолет будет "видеть" другой самолет на цифровой карте аэропорта.

Предполагаются четыре основные функции концепции A-SMGCS – наблюдение, наведение, контроль и управление.

Эксплуатационные требования эффективности работы (точность, целостность, непрерывность, и доступность) для навигации на территории зоны посадки приведены в табл. 1.

Планируется также в системах автоматической посадки использовать дифференциальную спутниковую навигационную систему (DGPS), которая работает совместно с системами дополнения СНС: система наведения для местного региона (LAAS) и система наведения для большой площади перекрытия (WAAS), которые подобны развивающимся Европейской системе EGNOS и Японской MTSAS.

Таблица 1

Навигационные требования для ВПП аэропортов

Требование	Условие видимости		
	1, 2	3	4
Точность	10 м	2.2 м	1.5 м
Целостность	$1 \times 10^{-5}$ /час	$1 \times 10^{-6}$ /час	$1 \times 10^{-7}$ /час
Непрерывность	$1 \times 10^{-3}$ /час	$1-4 \times 10^{-4}$ /час	$1-3 \times 10^{-5}$ /час
Аварийный предел	8м	6м	TBD
Время тревоги (предупреждения)	10 с	2 с	2 с
Доступность	0.95	0.999	0.999

Система DGPS отвечает требованиям точности при заходе на посадку и посадке по I категории ICAO.

Планируется сертификация данной системы для требований II и III категории ICAO (табл. 2). Однако имеются причины, которые препятствуют этому:

1) ошибки в координатах положения объекта, обусловленные ионосферным эффектом;

2) система может обеспечить предупреждение об отказе за время не более 6 с, что требуется I категорией ICAO, тогда как по условиям требований II и III категорий это время не должно превышать 2 с;

3) сигналы распространяются в пределах прямой видимости, что определяется частотным диапазоном СНС. Это приводит к затенению сигналов домами, техническими строениями, вершинами гор, холмами, лесными массивами и др.;

4) возможность срыва наблюдения за сигналами СНС: при больших уровнях радиопомех; при длительном (более 30 с) затенении сигналов СНС; при больших ускорениях объекта; при внезапных отказах СНС и др.

Таблица 2

Характеристика посадочных категорий по требованиям ICAO

Посадочная категория	Метеоусловия		Требования к оборудованию ЛА	
	Облачность, Н, м	Видимость, м		
1	60	800	Полуавтоматическое снижение до H=60 м	
2	30	350	Автоматическое снижение до H выравнивания	
3	A	30	200	Автоматическое снижение и выравнивание
	B	15	50	Автоматическое снижение, выравнивание и парирование угла сноса
	C	0	0	Автоматическое снижение, выравнивание, посадка и руление

Указанные недостатки СНС могут привести к перерывам в работе аппаратуры потребителей, установленной на ЛА, а следовательно, и к перерывам в определении местоположения объектов.

Таким образом, одним из путей решения поставленной в работе задачи является использование дифференциального режима (СНС), особенно в том случае, когда есть возможность установки маяка СНС непосредственно на аэродроме (площадке) [3].

Повышение точности и надежности определения относительных координат ЛА при заходе на посадку (не хуже III категории ICAO) возможно путем комплексирования DGPS с другими системами навигации и посадки. Это приведет к улучшению характеристик интегрированной системы (табл. 3). Наряду с этим необходимо также провести совершенствование бортовых навигационных систем ЛА с условием развивающихся навигационных систем. Это позволит экипажам получать навигационную информацию с высокой точностью, что обеспечит повышение безопасности полетов в районе аэродрома.

Проведенный сравнительный анализ перспективных систем посадки и систем контроля относительного положения (табл. 4) показывает, что преимущества и недостатки в основном определяет диапазон электромагнитных волн (ЭМВ), в котором работает система.

Предъявленным в работе требованиям, а именно: независимость от метеоусловий и времени суток, высокая точность измерения параметров на малых дальностях, отвечает инфранизкочастотный диапазон ЭМВ (промышленные частоты).

Таблица 3

Сравнительная характеристика интегрированных систем навигации

Интегрированная система	Улучшенные параметры
1 GPS / INS	Целостность, сопротивление возмущениям
GPS / BA	Вертикальная точность
INS / BA	Вертикальная точность
GPS / INS / BA	Точность, целостность

Интегрированная система	Улучшенные параметры
2 GPS / Pseudolite	Охват, точность
GPS / VOR/DME	Статическая неопределимость измерений расстояния
GPS / LORAN-C	Точность навигации в пути
INS / VOR/DME	Точность
3 GPS / GLONASS	Пригодность, непрерывность, целостность
GPS / INMARSAT	Точность, пригодность, целостность

Таблица 4

Сравнительная характеристика систем, обеспечивающих посадку и определение относительного положения ЛА

Тип системы	Диапазон ЭМВ	Особенности	
		Преимущества	Недостатки
Система предотвращения столкновений ЛА с линиями электропередач	$> 10^6$ м	повышение точности при уменьшении дальности, без ограничений по МУ	малая дальность действия
Радионавигационная система ОМЕГА	сверхдлинные	большая дальность действия	низкая точность
ILS	средние	без ограничений по МУ	стационарное наземное оборудование
VOR/DME, РСБН, TACAN	короткие		
MLS	ультракороткие	высокая точность, без ограничений по МУ	стационарное наземное оборудование
СНС (дифференциальный режим)			
Радиолокационная СП	радиолокация	наземный контроль	стационарное наземное оборудование
Инфракрасная система наблюдения для решения задач ближней навигации экраноплана (СНВ, ТВС)	инфракрасное излучение	малая дальность действия	ограничения по метеоусловиям
Мобильная лазерная система посадки ЛА	видимый свет	работа в сложных МУ	ограниченный сектор по курсу и глиссаде
Системы контроля относительного положения на рентгеновском и гамма-излучении	рентгеновское излучение гамма-излучение	малая дальность действия	наличие вредного излучения

### Выводы

Таким образом, необходимо исследовать возможность развития систем посадки, в том числе и на необорудованные в навигационном отношении площадки, которые основаны на комплексировании спутниковой навигационной системы с магнитометрическими системами посадки летательных аппаратов.

### Список литературы

1. Рассел П., Москаленский Б. *Авиационные происшествия – статистика и методы их предупреждения // Проблемы безопасности полётов.* – М.: ВИНТИ, 1995. – № 5. – С. 5-15.
2. Олянюк П.В., Астафьев Г.П., Грачев В.В. *Радионавигационные устройства и системы гражданской авиации: Учебник для вузов.* – М.: Транспорт, 1983. – 320 с.

3. *Относительный режим навигации СНС. Спутниковый радионавигационный комплекс унифицированный СРНК-У. Буклет. ГУП "Пилотажно-исследовательский центр" ЛИИ им. М.М. Громова, 1999-2002.* – 17 с.

4. Олихов И., Косовский Л. *Мобильная трехцветная навигационная система – надежность в экстремальных ситуациях. НПП «Гамма» [Электр. ресурс]. – Режим доступа: [www.nppgamma.com](http://www.nppgamma.com).*

5. Тарасов В.Г. *Межсамолётная навигация.* – М.: Машиностроение, 1980. – 184 с.

6. Карпов А.И., Петрановский Н.А., Рухлядев Ю.В. *Инфракрасная система наблюдения для решения задач ближней навигации экраноплана // Авиационная техника.* – 1998. – № 2. – С. 105-109.

Поступила в редколлегию 18.12.2006

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.