

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный университет систем управления  
и радиоэлектроники  
Болгарская Академия наук  
Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова  
Международная научно-техническая организация «Лазерная ассоциация»  
Всероссийское общество изобретателей и рационализаторов

# **ИННОВАТИКА-2021**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XVII Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
22–23 апреля 2021 г.  
г. Томск, Россия**

*Под редакцией А.Н. Солдатов, С.Л. Минькова*

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Томск – 2021

## МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ В СОЗДАНИИ СИСТЕМ ПОСАДКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.Н. Солдатов<sup>1</sup>, В.Г. Ошлаков<sup>2</sup>, А.П. Щербаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск  
oshlakov@iao.ru

*The problems facing aircraft landing systems are considered. A laser beam instrumental orientation system is considered, which solves the problems of aircraft landing system.*

*Keywords: laser, glide path, aircraft, automatic landing.*

Посадка по-прежнему является наиболее сложным этапом полета летательного аппарата (ЛА). Причины крушения авиалайнеров следующие: ошибки пилотов – 50%, погодные условия – 33%, технические условия – 17%. Все эти причины взаимосвязаны и могут быть объединены одной причиной – несовершенством техники, в том числе систем посадки самолетов.

В программе SESAR (Европа) намечено к 2025 г. в 3 раза увеличить пропускную способность авиалиний и в 10 раз повысить безопасность полетов [1]. Наиболее распространены системы посадки самолетов, работающие в метровом ILS (Instrument Landing System) и сантиметровом MLS (Microwave Landing System) радиодиапазонах. Если учесть, что при отсутствии визуального контакта с землей на высоте 15...20 м, летчик не имеет права осуществлять посадку, то туманы являются одной из причин закрытия аэропорта. Наиболее современная система посадки MLS не обеспечивает пилотов полной информацией о положении самолета относительно глиссады, так как системы посадки, работающие в радиодиапазоне, в принципе не могут определять угол между продольной осью самолета и глиссадой. Следовательно, она не обеспечивает автоматическую посадку самолета, и посадка становится невозможной или небезопасной при низкой видимости.

Для повышения точности спутниковой навигационной системы GPS и возможности ее использования на всех этапах полета, включая посадку, в США была создана региональная вспомогательная система WAAS (Wide Area Augmentation System), включающая сеть наземных станций [2]. При совместной работе GPS и WAAS точность определения местоположения повышается с 15 до 7,6 м в 95% случаев, что позволяет использовать систему GPS при выполнении посадок по 1-й категории. Спутниковая система не может определять угол между продольной осью самолета и глиссадой и имеет недостаточную точность определения линейного отклонения самолета от глиссады. Кро-

ме того, спутники находятся в области труднодоступной для обслуживания и подвержены случайному и преднамеренному воздействию. Следовательно, совместное использование системы MLS и системы GPS не обеспечивает автоматическую посадку самолета и не решает проблему посадки при низкой видимости.

По требованиям Международной организации гражданской авиации ИКАО новая международная система посадки должна обеспечивать возможность автоматического приземления любых типов самолетов. Однако если при вводе новой системы посадки будет сохранено требование визуального контакта с взлетно-посадочной полосой (ВПП) при посадке на высоте принятия решения II категории, то нельзя считать, что система может обеспечивать автоматическое приземление самолетов.

Для определения оси ВПП предложено использовать два радиодальномерных маяка, расположенных на базовом расстоянии, симметрично относительно оси ВПП [3]. Для обеспечения точности 7,5 м определения оси ВПП, необходимо определять временные интервалы с точностью не хуже 25 нс. Можно сделать вывод, что точность метода низкая при высоких требованиях к точности измерения временных интервалов.

Проект концерна «Airbus» рассматривает эксплуатацию дистанционно пилотируемых самолетов [4]. Посадка таких самолетов будет автоматической и потребует новых систем посадки. Широкое применение находят беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Рассматриваются проекты доставки грузов с помощью БПЛА. Посадка БПЛА будет автоматической [5].

Для России важное значение имеют местные воздушные линии (МВЛ). К 2025 г. в России будет построено для МВЛ 430 аэродромов. Большинство самолетов МВЛ летает в районах с малой плотностью населения, над местностью труднодоступной для обслуживания наземного оборудования. Существует множество временных маршрутов и посадочных площадок, что обусловлено требованиями народного хозяйства. Отсюда следует, что требования к системе посадки для МВЛ отличаются от существующих для стационарных систем крупных аэропортов, а именно:

- а) система должна иметь небольшие массогабаритные характеристики;
- б) легко подготавливаться к работе и не требовать предварительных облетов;
- в) иметь возможность автономной работы и не требовать постоянного обслуживания.

Решение задач, вставших в авиации перед системами посадки, можно решить только привлекая новые технологии [6]. Лазеры обладают уникальным свойством: высокой направленностью излучения. В лазерной лучевой инструментальной системе ориентирования (ЛЛИСО) с глиссадой отождествляется луч лазера, а так как лазеры являются лучшими источниками для создания пучков направленного излучения с малой его расходимостью, то система посадки, использующая луч лазера, обладает потенциально наивысшей точностью ориентирования самолета относительно глиссады по сравнению с системами посадки, работающими в радиодиапазоне [7–9]. В ЛЛИСО глиссада задается неподвижным в пространстве лучом лазера, работающего на длине волны 1,5 мкм (рис. 1).

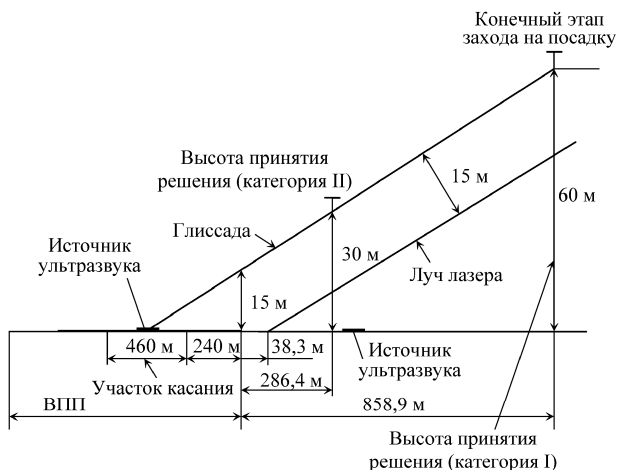


Рис. 1. Лазерная система посадки самолета

Лазер устанавливается на расстоянии от торца взлетно-посадочной полосы (ВПП) и не создает препятствия самолету при посадке. Луч лазера находится на 15 м ниже глиссады, поэтому прямое попадание излучения в кабину самолета маловероятно. Кроме того остекление кабины может быть сделано поглощающим излучение 1,5 мкм и пропускающим излучение видимого диапазона в котором летчики наблюдают ВПП.

Излучение 1,5 мкм наиболее безопасно для глаз. Вследствие рассеяния излучения на частицах аэрозоля он визуализируется (следовательно и глиссады), координаты луча лазера вычисляются по изображениям его на двух видеокамерах, установленных на самолете. ЛЛИ-

СО определяет линейное отклонение самолета от глиссады и угол между осью самолета и глиссадой. Последнее в принципе не могут сделать системы посадки, работающие в радиодиапазоне и спутниковые системы навигации. Видеокамеры установлены на двухступенных карданных подвесах, что позволяет повернуть их после пролета торцы ВПП, видеть луч лазера и ориентировать самолет по оси ВПП.

Частотный диапазон шума самолета при посадке  $20\text{--}10^3$  Гц, ниже диапазона ультразвука, поэтому ультразвук можно применить для измерения расстояния от заданной точки посадки до самолета. Скорость распространения звука в  $10^7$  раз меньше скорости распространения радиоволн, поэтому при измерении малых расстояний применение ультразвука даст большой временной интервал, чем радиоволны и, следовательно, большую точность, при равных точностях измерителей временных интервалов. На ВПП находятся два импульсных источника ультразвука, установленные на базовом расстоянии друг от друга, а на самолете акустический приемник. Эта система позволяет измерять удаление самолета от точки приземления с высокой точностью.

Множественное рассеяние излучения в атмосфере ухудшает изображение луча при удалении от лазера. Рассеянное излучение выше второй кратности отличается поляризацией от рассеянного излучения первой и второй кратности [10]. В ЛЛИСО применяется метод поляризационной фильтрации, это позволяет ослабить в 7 раз рассеянное излучение выше второй кратности, попадающее на видеокамеры, по сравнению с рассеянным излучением первой и второй кратности и повысить контраст изображения луча лазера. Применение поляризационной фильтрации позволяет получить такое качество изображения луча лазера при метеорологической дальности видимости (МДВ) 300 м, какое было бы при МДВ 2100 м.

Знание на высоте 15 м над ВПП линейного отклонения самолета от глиссады, угла между продольной осью самолета и глиссадой и удаление самолета от точки приземления позволит летчику ориентировать продольную ось самолета по глиссаде и выбрать необходимую траекторию выравнивания при наличии ветровых и турбулентных помех при посадке.

Владение указанной информацией позволит осуществлять автоматическую посадку самолетов и БПЛА.

ЛЛИСО потенциально имеет наивысшую точность ориентирования самолета относительно глиссады по сравнению с системами, работающими в радиодиапазоне, и обладает следующими характеристиками:

- а) хорошая транспортабельность (в 10 раз выше, чем у системы MLS);
- б) малое время выхода на рабочий режим после установки на местности (в 10 раз выше, чем у системы MLS);
- в) возможность быстрого контроля положения глиссады (в 20 раз выше, чем у системы MLS);
- г) хорошие массогабаритные параметры;
- д) возможность работы в автономном режиме.

Следовательно, ЛЛИСО полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к системам посадки МВЛ.

Посадка самолета, являясь самым ответственным процессом полета, по теории надежности должна сопровождаться дублирующей системой, но система MLS не имеет дублирующей системы. ЛЛИСО, система посадки MLS, ГЛОНАСС будут работать совместно и дублировать друг друга. Спутниковая навигационная система ГЛОНАСС облегчит процесс вывода самолета на глиссаду.

Необходимо отметить, что ЛЛИСО может осуществлять посадку самолета без дублирующих систем.

### Литература

1. Программа SESAR / Общие сведения. <https://ecovd/programma-sesar-obshie-svedeniya>.
2. Прусс Л.В. Спутниковые системы посадки гражданской авиации WAAS и LAAS. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. Т. 1, № 8. С. 192–193.
3. Сафонов С.В. Оценка погрешности радиодальномерной посадочной аппаратуры // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. Т. 1, № 7. С. 195–196.
4. Якимович Н.В. Анализ безопасности полетов при дистанционном управлении воздушным судном с земли // Проблемы безопасности полетов. 2020. № 2. С. 40–43.
5. Замыслов М.А., Михайленко С.Б., Мальцев А.М., Штанькова Н.В. Повышение безопасности полета беспилотных летательных аппаратов при посадке на корабль // Проблемы безопасности полетов. 2020. № 9. С. 29–42.
6. Солдатов А.Н., Ошлаков В.Г., Илюшин. Я.А. Лазерные лучевые инструментальные системы навигации // Инноватика-2016: сб. материалов XII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (20-22 апреля 2016 г.) / под ред. А.Н. Солдатов, С.Л. Минькова. Томск: STT, 2016. С.32-40.
7. Ошлаков В.Г. Патент РФ № 2322371 на изобретение "Способ ориентирования в пространстве движущегося транспорта по световому лучу и устройство для его реализации". Приоритет 1 февраля 2006 г.
8. Ошлаков В.Г., Солдатов А.Н., Фомин Г.Г. Патент РФ на полезную модель № 174351. "Система лазерной посадки самолетов". Приоритет от 28 февраля 2008 г.
9. Ошлаков В.Г., Цвык Р.Ш., Солдатов А.Н., Илюшин Я.А. // Изв. вузов. Физика. 2013. Т. 56. № 10/2. С. 84–93.
10. Ошлаков В.Г., Илюшин Я.А. Повышение контрастности изображения луча лазера на длине волны 1,6 мкм в глубинном режиме // Аэрозоль и оптика атмосферы (к столетию Г.В. Розенберга): Сборник тезисов международного симпозиума. [Электронный ресурс – 1CD-ROM]. ISBN 978-5-89118-670-5. Москва, 21–24 октября 2014 г.