

# ЛАЗЕРНЫЕ КУРСОГЛИССАДНЫЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

И.Олихов, к.т.н. gammaf@mail.ru, Г.Столяров, к.т.н., В.Степанов

Посадка воздушных судов (ВС) различного назначения днем и ночью в простых и сложных метеоусловиях невозможна без качественного функционирования системы радиотехнического обеспечения (РТО) полетов авиации, основу которой составляют радиоэлектронные и светотехнические средства и комплексы, развертываемые на аэродромах Российской Федерации [1]. Системы РТО полетов авиации для экипажей ВС – это важный источник объективной информации о местоположении управляемых ими ВС на земле и в воздухе, а для групп руководства полетами (ГРП) – основной источник информации о воздушной обстановке в зоне ответственности [2].

**З**аход на посадку ВС – наиболее ответственный этап полета, который осуществляется, как правило, с использованием имеющихся на аэродроме средств РТО по правилам приборного полета (инструментальный заход на посадку). Однако конечный этап захода на посадку (посадка) ВС выполняется визуально. При этом чем раньше наступает визуальный контакт со взлетно-посадочной полосой (ВПП), тем большим временем располагает летчик для устранения погрешностей захода на посадку. Это особенно важно для скоростных и тяжелых воздушных судов, отличающихся высокими скоростями подхода к ВПП и высокой инертностью.

Заход на посадку сопровождается наивысшей эмоционально-психологической нагрузкой на летчика. Не случайно наибольшее количество летных происшествий приходится именно на этот этап полета. Поэтому повышение безопасности выполнения посадки по-прежнему актуально, особенно в условиях эксплуатации ВС на недостаточно оборудованных в навигационном отношении аэродромах и вертолетных площадках.

Одним из наиболее эффективных путей повышения безопасности заключительного этапа

любого полета, независимо от класса и принадлежности ВС, является применение визуальных лазерных курсоглиссадных систем посадки, разработанных на основе современных технологий с использованием новейшей элементной базы отечественного производства.

Преимущества лазерного излучения, определяющие предпочтительность его использования в средствах визуальной навигации по сравнению с традиционными источниками света на электрических лампах, хорошо известны:

- высокая степень монохроматичности излучения обеспечивает его выделение (замечательность) на фоне других огней и ярко освещенной поверхности земли, особенно при солнечной погоде, благодаря более высокой контрастности (средняя полуширина спектра газовых лазеров составляет  $10^{-3}$ – $10^{-4}$  нм, твердотельных – 0,1–0,01 нм, полупроводниковых – 5–10 нм);
- высокая спектральная яркость обеспечивает большую дальность видимости днем, в сумерках и при неблагоприятных условиях;
- малая угловая расходимость пучка излучения обеспечивает требуемую точность зрительной ориентации.

Прямое лазерное излучение обладает повышенной проникаемостью через поглощающие и рассеивающие среды (туман, дождь, снегопад, плотная дымка) по сравнению с обычными источниками света. Дальность обнаружения такого излучения превышает метеорологическую дальность видимости (МДВ) более чем в 3–4 раза, а дальность обнаружения огней высокой интенсивности систем посадки, применяемых в современных аэропортах, не менее чем в два раза. Более того, поскольку визуальные лазерные системы посадки (ВЛСП) не нуждаются в цветowych узкополосных фильтрах, у них выше и КПД по сравнению с традиционными источниками света на электрических лампах.

### ВИЗУАЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ КУРСОГЛИССАДНЫЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Разработка лазерных курсоглиссадных систем посадки (ЛКГСП) в России началась в 1972 году. Основные достижения в области их создания на тот период принадлежат самарскому Конструкторскому бюро автоматических систем (КБАС). Разработанная КБАС в 1970-х годах система "Глиссада" и ее модификация "Координата-Л" (1980-е гг.) были признаны удовлетворительными по многим параметрам, кроме основных, связанных с низкой эффективностью и надежностью газоразрядных лазеров. В 2004 году система была модернизирована и получила название "Глиссада-М". Дальнейшая реализация проекта "Лазерная курсоглиссадная система посадки" привела к созданию системы на инжекционных лазерах "Сталкер-ЛКГСП" [3].

Сегодня известны несколько типов отечественных визуальных лазерных систем посадки, которые условно можно разделить по принципу использования лазерного излучения на системы визуализации с использованием рассеянного лазерного излучения и системы, основанные на видении прямого лазерного излучения.

К лазерным системам посадки первого типа относятся лазерные визуальные курсоглиссадные системы, в которых используется эффект рассеяния узконаправленного луча полупроводникового инжекционного лазера в атмосфере на молекулах газов, аэрозольных частицах, на неоднородностях, вызванных турбулентным движением воздуха. Пилот воздушного судна, заходящего на посадку, наблюдает лазерный луч в виде вытянутого прямолинейного жгута, который выделяется на фоне окружающего воздушного пространства. Это позволяет летчику видеть проекции лазерных



Рис.1. Импульсный (а) и сканирующий (б) полупроводниковые лазеры с электронно-лучевой накачкой

лучей в виде символа, однозначно определяющего положение самолета на посадочной траектории и на взлетно-посадочной полосе. К такому типу ЛКГСП относятся системы "Координата-Л", "Глиссада-М" и "Сталкер".

Лазерные системы посадки второго типа основаны на видении прямого излучения полупроводниковых лазеров с электронно-лучевой накачкой (ПЛЭН) [4]. С помощью ПЛЭН и оптической системы вдоль глиссады формируются световые зоны визуального наблюдения источника света трех цветов (желтого, зеленого, красного) с заданными угловыми размерами и геометрической формой. Такая система практически заменяет используемые в настоящее время светосигнальные системы на лампах высокой эффективности с цветными фильтрами [5].

Экспериментальный образец такой системы на импульсном ПЛЭН (рис.1а) был разработан в НПП "Гамма". В 1988 году в ЛИИ им. М.М.Громова и в 1990 году на комплексе "Нитка" он прошел летные испытания с целью определения дальности обнаружения лучевого коридора, создаваемого

**Олихов Игорь Михайлович**, кандидат технических наук, Почетный радист РФ, генеральный директор ЗАО НПП "Гамма", главный конструктор ОКР "Лазерная система посадки летательных аппаратов для военных аэродромов".

**Столяров Геннадий Владимирович**, кандидат технических наук, Заслуженный военный специалист России, начальник отдела ОАО "НПО "ЛЭМЗ" концерна ПВО "Алмаз-Антей", главный конструктор ОКР "Автоматизированная система управления полетами, навигации, посадки и связи для военных аэродромов".

**Степанов Валерий Павлович**, Заслуженный военный летчик РФ, ведущий инженер отдела ОАО "Камов".

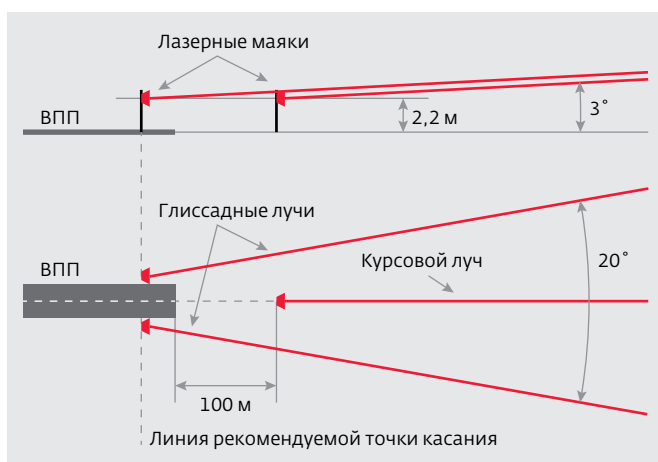
лазерным источником излучения, при заходе на посадку в простых и сложных метеоусловиях (ПМУ и СМУ) днем и ночью [6]. В 1997 году оптическое навигационное устройство на основе импульсного ПЛЭН было запатентовано в РФ (патент №2083444 от 10.07.97) [7]. На 46 всемирном салоне инноваций и изобретений "Брюссель-Эврика-97" и на Международном салоне инноваций и изобретений в Женеве (Швейцария) в 1998 году эта разработка НПП "Гамма" была отмечена золотыми медалями.

В 2003 году был создан экспериментальный лазерный маяк на основе сканирующего полупроводникового лазера с электронно-лучевой накачкой (СПЛЭН) (рис.1б), разработанного в НИИ "Платан". На лазерный маяк с источником излучения на СПЛЭН в 2005 году был получен патент РФ № 2248299 с приоритетом от 02.12.2002 г. [8].

Рассмотрим более подробно лазерные системы посадки двух типов.

### Лазерные курсоглиссадные системы посадки на эффекте рассеяния

К современным разработкам лазерных систем такого типа относится курсоглиссадная система посадки на инжекционных лазерах. В этой системе для задания расчетной траектории захода на посадку используются линейные, протяженные ориентиры в виде световых лучей оранжевого цвета, жестко связанные с ВПП и наблюдаемые летчиком благодаря рассеянию лазерного излучения на неоднородностях в атмосфере. Летчик наблюдает проекции лазерных лучей, относительно которых определяет положение самолета

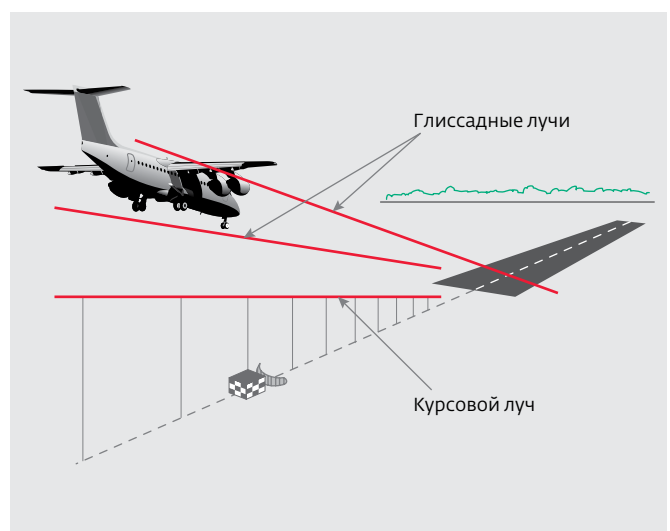


**Рис.2.** Схема размещения лазерных маяков и направления курсового и глиссадного лазерных лучей относительно ВПП

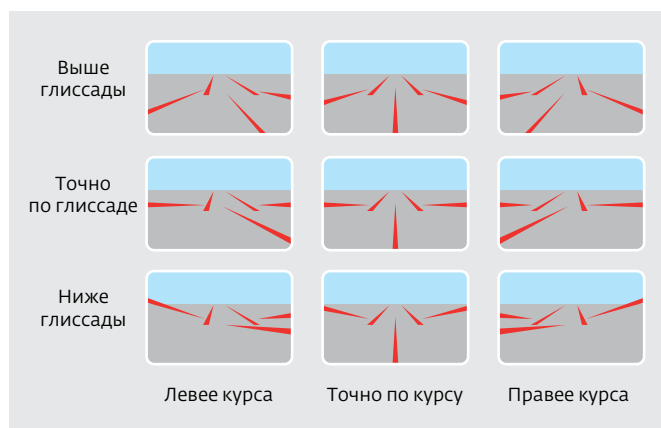
на посадочной траектории. ЛКГСП обеспечивает безопасный заход и посадку ВС ночью в ПМУ и СМУ под облаками. В базовый типовой состав подобной системы (рис.2) входят два глиссадных маяка, размещаемых по краям ВПП на траверзе полосы точного приземления, и третий маяк – курсовой, вынесенный на 100 м по оси ВПП в сторону заходящего на посадку ВС.

Оптическая ось каждого из глиссадных маяков в горизонтальной проекции отклонена от осевой линии ВПП на  $10^\circ$ . В вертикальной плоскости оптические оси всех маяков ЛКГСП направлены под одним, рекомендуемым для данной ВПП, углом наклона. Основной отличительной особенностью данной системы является формирование в поле зрения летчика визуальной пространственной картины из трех светящихся лучей: двух лучей, образующих плоскость "идеальной" глиссады снижения ВС, и третьего луча, указывающего направление посадочного курса (створа ВПП) (рис.3).

Пилотирование ВС с использованием такой системы сводится к выдерживанию визуальной картинке лучей ЛКГСП в форме "правильной" буквы "Т", при этом траектория полета ВС будет близка к установленной для данного аэродрома глиссаде снижения. Вид лучей ЛКГСП из кабины заходящего на посадку ВС при различных его положениях относительно заданной глиссады снижения показан на рис.4. В зависимости от квалификации пилота, выполняющего заход на посадку, ВС может находиться над заданной глиссадой или под ней, слева или справа от нее и т.д.



**Рис.3.** Принцип построения ЛКГСП



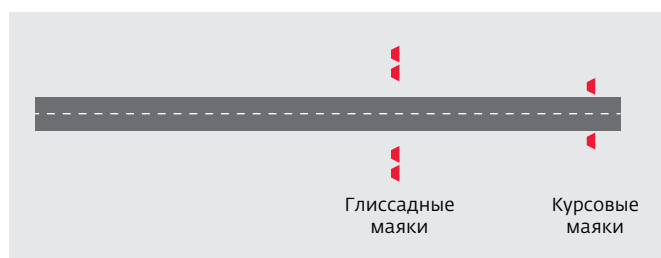
**Рис.4.** Вид лучей ЛКГСП из кабины заходящего на посадку ВС при различных его положениях относительно заданной глиссады снижения

Как утверждают разработчики системы, основным достоинством ЛКГСМ является установление экипажем ВС визуального контакта с точкой приземления на ВПП при подлете к аэродрому в простых метеоусловиях на удалении 10–14 км и создание условий для наглядного восприятия смещений ВС относительно установленной для данного аэродрома глиссады, вплоть до касания ВПП.

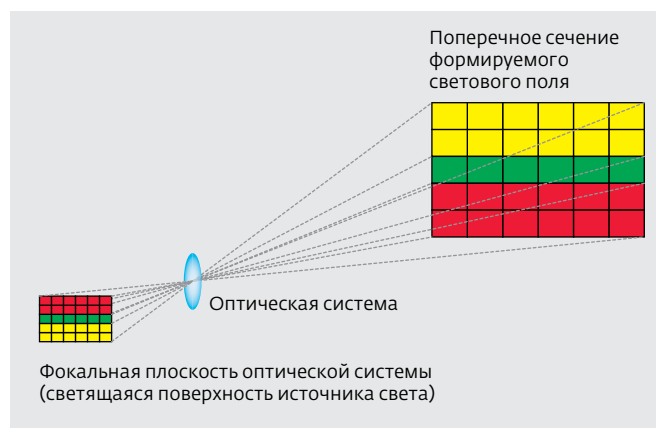
### Лазерные курсоглиссадные системы посадки прямого видения

Такие системы посадки ВС основаны на видеении прямого трехцветного лазерного излучения, имеющего более высокий контраст по сравнению с рассеянным лазерным излучением при одинаковой мощности и одинаковой яркости фона в любое время суток.

Основным элементом лазерной системы посадки прямого видения является СПЛЭН, обеспечивающий одновременное высвечивание трехцветной курсоглиссады в виде пространственного управляемого светового коридора



**Рис.6.** Расположение лазерных курсоглиссадных маяков на аэродроме постоянного базирования



**Рис.5.** Процесс формирования светового поля навигационным комплексом на основе СПЛЭН

и оптическую локацию ВС в цветовых зонах глиссады [5].

Работа такого источника излучения основана на эффекте преобразования (с помощью полупроводниковых лазерных оптических резонаторов) энергии модулированных или сканирующих электронных пучков накачки в модулированное или сканирующее когерентное излучение [4]. Особенность конструкции навигационного комплекса на основе предложенного источника света заключается в том, что световые поля формируются оптической системой путем расположения светящейся поверхности источника света в фокальной плоскости. При этом осуществляется перенос изображения светящейся поверхности источника света в бесконечность (рис.5).

На аэродромах постоянного базирования рассматриваемая лазерная система посадки может применяться в качестве светосигнального оборудования для посадки и взлета ВС в ПМУ и СМУ, при минимуме погоды по II и III категориям ИКАО (Международная организация гражданской

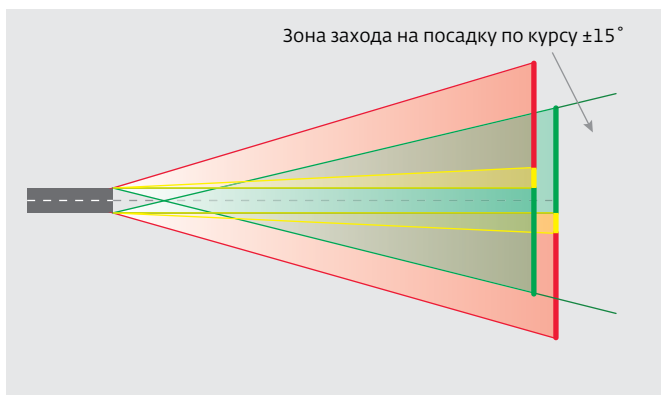


Рис.7. Зона излучения курсовых маяков по азимуту (вид сверху)

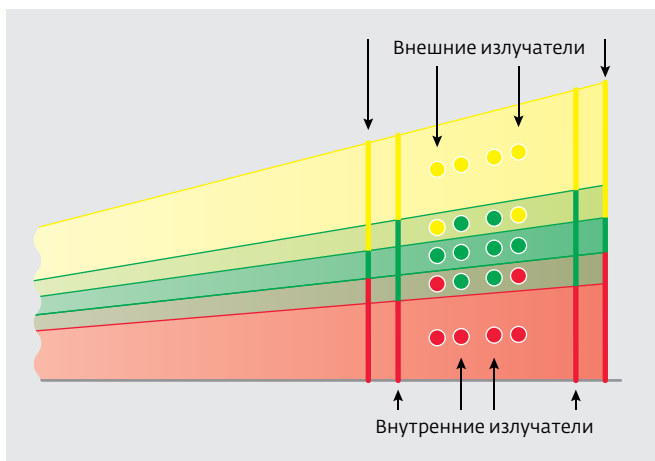


Рис.8. Зоны излучения глиссидных маяков

авиации). Схема типового варианта расположения лазерных курсовых и глиссидных маяков системы на аэродромах постоянного базирования изображена на рис.6.

При таком варианте расположения лазерных и глиссидных маяков в районе ближнего по заходу порога ВПП слева и справа от боковой кромки ее искусственного покрытия на расстоянии 9 м устанавливается по одному лазерному курсовому маяку. На удалении 350 м от порога ВПП слева и справа на удалении 9 м от кромки ВПП (на линии, перпендикулярной оси ВПП)

располагаются по два глиссидных излучателя с интервалом между ними 10 м. Курсовые маяки настраиваются таким образом, чтобы от оси установки излучателя по азимуту  $\pm 15^\circ$  создавалась световая зона из трех цветовых секторов, имеющих вертикальные границы разделения (рис.7).

Продольная ось излучателя курсовых маяков (нулевой параметр излучения) выставляется строго по линии, параллельной оси ВПП. В этом случае вертикальная граница между

зеленым и желтым цветовыми секторами является продолжением боковых кромок ВПП в пространстве, т.е. формируется центральный створ (зеленый) в виде коридора заданной ширины. Это позволяет устранить главную проблему светосигнальных маяков - увеличение центральной световой зоны при увеличении дистанции между маяком и ВС, в результате чего возникает опасность отклонения последнего от оси ВПП. При таком расположении маяков и нахождении ВС в створе ВПП летчик видит оба курсовых маяка зеленого цвета. При выходе за пределы границы боковой кромки взлетно-посадочной полосы ВС входит в желтый цветовой сектор (0-3°) и при дальнейшем отклонении - в красный (3-15°).

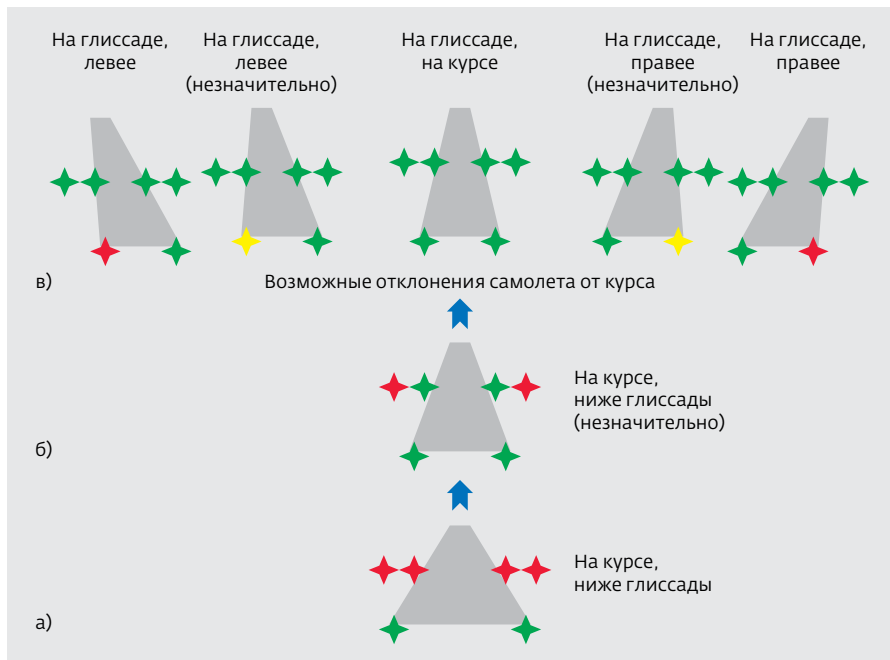
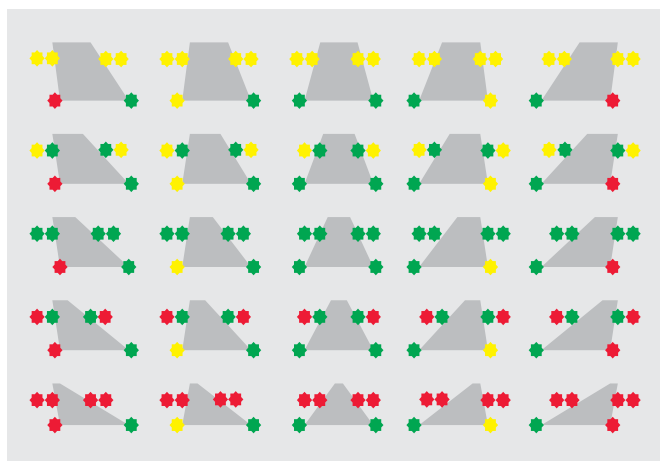


Рис.9. Вид излучения курсоглиссидных маяков с ВС на стационарном аэродроме при различных положениях ВС относительно установленной глиссиды



**Рис.10.** Вид курсоглиссадных маяков из кабины ВС при различных его положениях относительно установленной глиссады (все варианты)

Глиссадные маяки служат огнями знака приземления и позволяют летчику контролировать положение горизонта. Кроме того, по взаимному расположению внутренних глиссадных маяков летчик определяет середину ВПП, а по взаимному расположению курсовых и внутренних глиссадных маяков (расположены на линии, параллельной оси ВПП) – положение ВС по отношению к створу ВПП. При выполнении захода на посадку по установленной глиссаде летчик будет наблюдать зеленые курсовые и глиссадные огни (рис.8).

При выполнении стандартного захода на посадку с использованием такой ЛКГСП после разворота на посадочный курс на высоте 600 м и входа ВС в зону действия лазерной системы посадки летчик наблюдает зеленые курсовые огни, если находится в створе ВПП, и красные глиссадные огни, если самолет входит в нижний сектор глиссады (т.е. нормальная глиссада находится выше) (рис.9а). Продолжая выполнять горизонтальный полет, ВС входит в зону заданной глиссады, при этом происходит смена цвета маяков глиссады (сначала внутренних, а затем внешних) на зеленый цвет (рис.9б). Таким образом, летчик получает информацию о приближении к установленной глиссаде и входе в нее последовательной сменой цветовых зон внутренних и внешних глиссадных маяков.

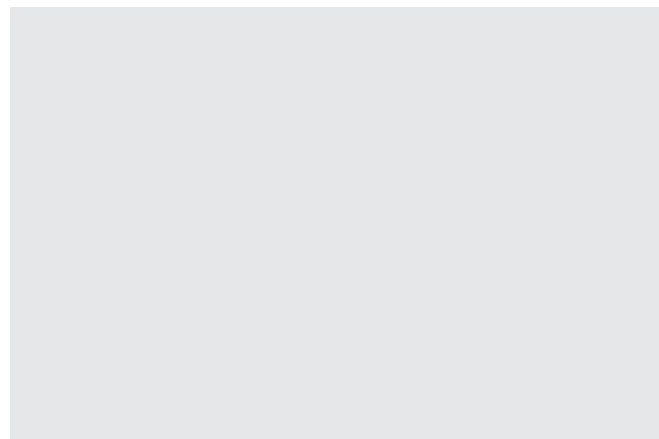
Отклонение положения ВС от глиссады по курсу контролируется по видимому взаимному положению глиссадных и курсовых излучателей, расположенных слева и справа от ВПП (рис.10). Учитывая опасность раннего снижения

ВС (под глиссаду), возможна модуляция красной зоны глиссадного маяка с частотой 1-2 Гц. Проблесковый режим работы излучателя в этом случае акцентирует внимание пилота на возникшем отклонении и ускорит его устранение.

Варианты формирования цветовых зон и размещения лазерных излучателей могут меняться в зависимости от условий применения (типа ВС, класса аэродрома, характера местности и т.д.). Наиболее оптимальный состав системы и схема установки лазерных маяков в районе ВПП отрабатываются в процессе проведения летных испытаний лазерной системы. Вид из кабины ВС и изображение на экране руководителя полетов аэродрома, оборудованного мобильным вариантом ЛКГСП, при различных положениях ВС относительно установленной глиссады показан на рис.11.

Помимо того, что рассматриваемая система формирует вдоль глиссады световые зоны трех различных цветов с заданными угловыми размерами и геометрической формой, она выдает визуальную и инструментальную информацию о дальности до ВС и его местоположении в цветовой зоне с помощью оптической локации с отображением на экране руководителя полетов и в кабине ВС.

Результаты обнаружения дальности излучения ПЛЭН при различных МДВ, полученные при летных испытаниях в ЛИИ им. М.М.Громова, составили при МДВ = 0,2 км – 0,8 км, при МДВ = 0,3 км – 1,2 км, при МДВ = 3,0 км – 8,0 км, при МДВ = 8,0 км – 18,0 км, при МДВ = 10,0 км – 30,0 км. Это обеспечивает уверенную посадку при метеоминимуме по III категории ИКАО (МДВ ≤ 200 м). При этом летчик обнаруживает излучение лазера с расстояния не менее 550 м, что практически означает посадку при условиях, соответствующих I категории метеоминимума ИКАО.



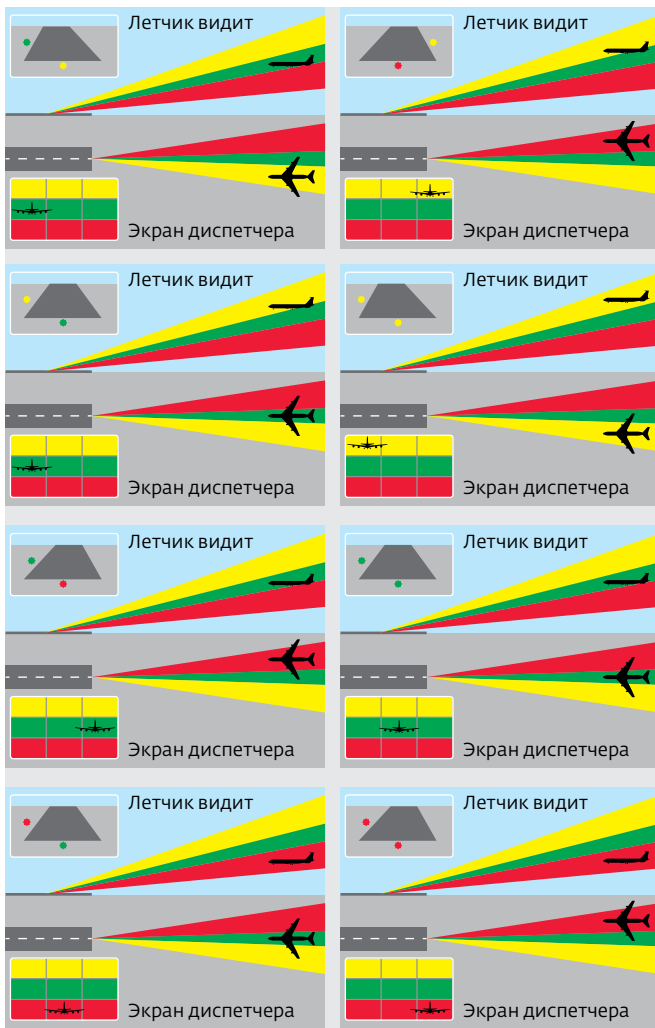


Рис.11. Варианты положения ВС на посадочной курсоглиссаде

#### Основные характеристики ВЛСМ на СПЛЭН

Длина волн излучения, нм... 520; 570; 640 ( $\pm 0,015$ )

Мощность излучения

на каждой длине волны, Вт..... 0,5-2,0

Режим излучения ..... сканирующий,  
импульсно-периодический

Характер излучения ..... коллимированное,  
с угловой расходимостью 2,5-15°

Дальность действия L

в простых метеоусловиях, км:

днем..... не менее 20

ночью ..... не менее 30

Дальность действия L

в сложных метеоусловиях, км:

при МДВ, равном 0,5 L, ..... не менее 15-20

при МДВ, равном 30 м, ..... не менее 200

Метеоминимум, м ..... по II и III  
категориям ИКАО (30x200)

Общее

энергопотребление ВЛСМ, кВт ..... не более 1,5

Наработка на отказ, ч ..... не менее 3000

Масса одного маяка, кг ..... не более 100

Габариты маяка, мм ..... 1000x400x500

Особенности системы позволяют использовать ее, помимо эксплуатации на стационарных аэродромах, для:

- обеспечения посадок воздушных судов на любом, даже на не оборудованном, аэродроме;
- оборудования вертолетных площадок вблизи естественных и искусственных препятствий, (в условиях городской инфраструктуры);
- обеспечения посадок ДПЛА (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты);
- обеспечения полетов ВС в условиях корабельного базирования.

#### ОЦЕНКА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЕТНОГО СОСТАВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛАЗЕРНЫХ КУРСОГЛИССАДНЫХ СИСТЕМ ПОСАДКИ

При эксплуатации любой ЛКГСП должна быть обеспечена медико-биологическая защита летного состава и инженерного состава аэродромной службы от лазерного излучения (ЛИ). Опасность ЛИ и характер его возможного биологического действия на органы зрения летного экипажа ВС определяется спектрально-энергетическими, пространственно-временными параметрами ЛИ, продолжительностью его воздействия на органы зрения, метеорологической дальностью видимости (поглощением лазерного излучения в атмосфере).

При выполнении посадки при помощи ЛКГСП на эффекте рассеяния в допустимых зонах посадочной глиссады, сформированной при помощи ЛКГСП, экипаж не подвергается воздействию прямого лазерного излучения ЛКГСП. Опасность облучения возникает при внештатном заходе на посадку и при случайном попадании ВС в "створ" лазерного луча (курсового или глиссадного). В реальных условиях выполнения посадки случайное попадание ВС в лазерный луч ЛКГСП будет безопасным для органов зрения членов экипажа при пересечении лазерного луча курсового маяка на удалении от торца ВПП 276 м (при МДВ = 0,8 км) и 467 м (при МДВ = 5 км).

Отличительной особенностью системы прямого видения на СПЛЭН является непосредственное нахождение летного экипажа ЛА в поле лазерного излучения ЛКГСП с 18 км от ВПП аэродрома

до максимального приближения к торцу ВПП. При этом длительность облучения летного экипажа (органов зрения) лазерным излучением ЛКГСП составляет от 2 до 5 мин.

Для летного экипажа, выполняющего посадку с использованием ЛКГСП на СПЛЭН, при метеорологической дальности видимости 0,2–10 км и мощности излучения до 2 Вт воздействие прямого коллимированного ЛИ при угловой расходимости ЛИ в  $2,5^\circ$  будет безопасным во всем диапазоне дальностей.

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНЫХ КУРСОГЛИССАДНЫХ СИСТЕМ ПОСАДКИ

Система посадки, которая обеспечивает более ранний, максимально информативный переход от пилотирования ВС по приборам к визуальному пилотированию, увеличивает вероятность успешного завершения посадки и снижает нервно-психологическое напряжение и физическую нагрузку летного состава, что напрямую влияет на сокращение летных происшествий, связанных с заходом на посадку и посадкой.

При использовании **лазерных систем посадки первого типа**, в которых использован эффект рассеяния узконаправленного лазерного луча в атмосфере, задача летчика, выполняющего заход на посадку, – удерживать воздушное судно в пределах глиссадного коридора между боковыми глиссадными лучами, строго над курсовым лучом. При этом нахождение ВС в пределах глиссадного коридора гарантирует выход воздушного судна на ВПП при отсутствии видимости самой ВПП. Такая система упрощает заход на посадку в простых и сложных метеоусловиях ночью и сокращает время оценки пространственного положения самолета.

К недостаткам лазерной системы первого типа относится невозможность ее использования при заходе на посадку днем, особенно при солнечной погоде на фоне ярко освещенной поверхности земли (из-за потери контрастности). Другим существенным недостатком лазерных систем посадки такого типа является сама концепция построения этой системы, основанная на трехточечной, разнесенной схеме размещения источников лазерного излучения. В процессе захода на посадку по такой системе на предпосадочном снижении при больших углах атаки в сочетании с пологой глиссадой (наклон  $2^\circ 40'$ ) и непросматриваемым пространством (из-за обрамления фонаря кабины ВС) курсовой и правый глиссадный излучатели оказываются вне поля зрения летчика и фактически не

влияют на процесс захода на посадку в СМУ при установленном минимуме погоды.

Вероятность кратковременного ослепления летчика при выходе под облака и случайном попадании в лазерный луч в условиях минимума погоды возрастает, поскольку лазерный коридор в такой системе по мере приближения к порогу ВПП сужается, а интенсивность лазерного излучения растет (а это не лазерная указка!). В экстремальных условиях минимума погоды, вблизи земли это недопустимо по условиям обеспечения безопасности полета. По принципу действия ЛКГСП такого типа обеспечивают заход на посадку только ночью (начиная со второй половины сумерек) в простых и сложных метеоусловиях до метеоминимума  $300 \times 3000$  м. В дневное время использование системы в данном исполнении невозможно.

Лазерная система первого типа является чисто информационной и не обеспечивает сопряжение с бортовой системой управления воздушного судна. Автоматизация захода на посадку, а также контроль с земли за заходящим на посадку воздушным судном с помощью такой системы невозможны.

**Лазерная система посадки второго типа** продолжает концепцию применения посадочных систем прямого видения с огнями высокой интенсивности с различными секторами, создаваемыми цветовыми узкополосными фильтрами, проверенную годами успешной эксплуатации в России и за рубежом (PAPI, T VASI и AT VASI). Она лишена недостатков, свойственных системам на эффекте рассеяния.

Кроме повышенной дальности видимости особенностями лазерной системы прямого видения на основе СПЛЭН являются:

- возможность круглосуточного применения системы для посадки в сложных метеоусловиях по минимуму II и III категорий ИКАО;



- высокая контрастность, обеспечивающая выполнение посадки при ослеплении яркой солнечной засветкой на фоне снежной подстилающей поверхности, когда огни высокой интенсивности бесполезны ("тонут в море света"), особенно при полетах в условиях заполярья;
- возможность контроля за ВС с визуализацией на экране руководителя полетов и получением информации о дальности, скорости и отклонении от глиссады на основе лазерной локации;
- возможность передачи информации об отклонении от глиссады ВС на борт воздушного судна по лазерному оптическому каналу, исключая естественные и преднамеренные помехи;
- обеспечение скрытности захода на посадку, не демаскируя расположения аэродрома (площадки).  
Оценивая состояние и перспективы развития курсоглиссадных систем посадки с применением различных лазерных источников света, можно сделать следующее заключение.

ЛКГСП первого типа на основе использования свойств рассеяния лазерного излучения на неоднородностях атмосферы могут применяться в качестве визуальной системы посадки ночью (в сумерках) в ПМУ и СМУ, под облаками только в комплексе с РСП.

По физическим свойствам (из-за потери контрастности лазерного луча) системы не обеспечивают:

- выполнение посадок ночью в сложных метеоусловиях при низкой облачности, а также по метеоминимуму категорий ИКАО;
- получение руководителем полетов инструментальной информации о величине отклонения ВС по курсу и глиссаде относительно заданной траектории снижения;
- безопасность попадания прямого лазерного излучения на сетчатку глаз пилотов при непреднамеренном пересечении ВС лазерных лучей.

ЛКГСП второго типа на основе прямого лазерного излучения полупроводниковых лазеров с электронной накачкой обеспечивают:

- применение днем и ночью;
- безопасность излучения СПЛЭН для летного экипажа во всем диапазоне дальностей;
- заход на посадку в сложных метеоусловиях по метеоминимуму по II и III категориям ИКАО в комплексе с РТО;
- оперативный маневр авиации (независимо от типа воздушного судна) с использованием необорудованных аэродромов;
- в автоматическом режиме на основе лазерной локации получение информации о положении

(отклонении от глиссады) заходящего на посадку воздушного судна;

- применение в составе автоматизированной системы управления воздушным движением в районе аэроузла.  
ЛКГСП второго типа благодаря автономному питанию, малым габаритам, массе и отсутствию необходимости выполнения облета перед применением (в отличие от радиолокационных систем посадки) могут применяться:
- в труднодоступных районах, в тайге, на заполярных трассах и там, где нет электроснабжения;
- на прибрежных аэродромах, там, где невозможно размещение огней подхода и приближения (со стороны моря);
- для обеспечения полетов ВС в условиях корабельного базирования;
- на вертолетных площадках, расположенных на крышах зданий;
- как мобильные посадочные средства частными владельцами ВС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы годности к эксплуатации аэродромов государственной авиации. Аэродромы для базирования самолетов и авиационных частей (НГЭАГосА. Аэродромы для самолетов). Приложение к приказу Министра обороны РФ от 02.11.2006 г.
2. **Басов Ю.Г.** Светосигнальные устройства. - М.: Транспорт, 1993.
3. **Миряха А., Свердлов М., Жуков Г.** Полупроводниковые лазерные излучатели в курсоглиссадной системе посадки воздушных судов. - Фотоника, 2012, №3, с.32-37.
4. **Олихов И.М.** ИПЛЭН. Новое поколение приборов квантовой электроники. - Электроника: НТБ, 1998, №3-4.
5. **Олихов И.М., Гольченко А.Н.** Полупроводниковые лазерные излучатели с электронной накачкой в курсоглиссадной системе посадки воздушных судов. - Фотоника, 2013, №4.
6. **Олихов И.М., Косовский Л.А.** Мобильная лазерная трехцветная навигационная система. Надежность в экстремальных ситуациях. - Электроника: НТБ, 1999, №3, с.46-49.
7. Патент РФ № 2083444 от 07.10.1997. Оптическое навигационное устройство. / Гольченко А.Н., Глозов А.В., Евстигнеев А.Л., Косовский Л.А., Олихов И.М., Фоменко С.И. - Приоритет от 22.03.1994 г.
8. Патент РФ № 2248299 от 03.20.2005г. Лазерный маяк. / Васильев Д.В., Кармаков А.А., Олихов И.М., Макиенко О.М. - Приоритет от 02.12.2002 г.

