

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ КУРСОГЛИССАДНОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ**

П. Н. Сыгуров

*Самарская государственная сельскохозяйственная академия*

Настоящая работа посвящена памяти профессора Быковцева Г.И., который с 1973 по 1977 годы работал начальником отдела вычислительной техники конструкторского бюро автоматических систем (главный конструктор Бережной Игорь Александрович) и лично участвовал в разработке и освоении лазерной системы посадки «Глиссада». Для обучения летного состава заходам на посадку по лазерной системе «Глиссада» был математически смоделирован процесс визуального наблюдения летчиком лучей системы посадки и показательно снят фильм в 1974 году на электронно - вычислительной машине «Мир – 2». Под руководством Быковцева Г.И. работали будущие его аспиранты Шаталов А.Г, Сыгурова О.Л., Сыгуров П.Н., Наумов В.Э., инженеры КБАС Козлов В.И., Голов Е.В.

Вопросом первостепенной важности для применения любых лазерных систем является обеспечение лазерной безопасности. Для лазерных курсоглиссадных систем посадки (ЛКГСП) воздушных судов (ВС) этот вопрос приобретает особую актуальность ввиду того, что необходимо добиться не только безопасности для органов зрения летного состава и обеспечения дальности обнаружения экипажем ВС на удалениях не менее 4 км при подлете к аэродрому посадки, но и наземного обслуживающего персонала аэродрома в непосредственной близости от излучателей лазерной системы (например, водителей снегоуборочной и другой техники, непосредственно не обслуживающих лазерные устройства системы). Таким образом, задача обеспечения безопасности разделяется на две взаимосвязанные – для ближней и дальней зон наблюдения лазерного излучения. Очевидно, для ближней зоны наблюдения достаточно ограничиться ввиду достаточной длительности восприятия излучения балансowymi методами оценки. А для дальней зоны наблюдения, - летчиком самолета, летящего на посадку со скоростями более 80 м/с, - необходимо учитывать формирование изображения органом зрения при изменчивой плотности мощности излучения по длине свечения луча лазерного излучателя ЛКГСП. Для решения первой задачи достаточно минимизировать до допустимого максимума плотность мощности излучения на выходе из излучателя, но для обеспечения видимости протяженных лучей на больших удалениях от аэродрома необходимо выбрать минимально возможное значение из требуемых для различных значений прозрачности атмосферы максимально потребных значений.

Таким образом, максимальная плотность мощности излучения отдельного модуля излучателя ЛКГСП не может превышать значения, вычисленного из соотношения

$$\Sigma = \frac{P_0}{S} \leq \Sigma_g \quad (1)$$

здесь  $P_0$  - мощность излучения модуля;  $S$  - апертура модуля;  $\Sigma_g$  - предельно допустимая плотность мощности излучения для зрачка в полной темноте.

Для обеспечения длины видимого рассеянного излучения луча ЛКГСП летчиком воздушного судна, находящегося на некотором расстоянии от оси луча необходимо добиться превышения яркости рассеянного излучения над яркостью фона подстилающей

поверхности вокруг аэродрома (естественной освещенностью в то или иное время суток), кратно пороговому значению контраста  $K_n$

$$L_p = (1 + K_n) \cdot L_\phi \quad (2)$$

здесь  $L_p$ ,  $L_\phi$  - яркость рассеянного и фонового излучения.

Яркость рассеянной компоненты светового поля от луча ЛКГСП, как решение уравнения переноса излучения [1] в малоугловом приближении может быть принято в следующем виде [2]

$$L_s = L_k(Z) \int_0^\pi \frac{\exp(-\lambda \cdot \zeta \cdot \chi)}{a_2(Z, X) - a_0(Z, X) - a_1^2(Z, X)} \cdot \exp\left[\frac{a_0 \cdot (Z, X) \cdot r^2 - 2\alpha_1(Z, X) \cdot r\beta - a_2(Z, X)\beta^2}{4\beta_2(Z, X) \cdot \beta_0(Z, X) - \beta_1^2(Z, X)}\right] dx \quad (3)$$

$$L(r, \beta, z) = L_0(r, \beta, z) + L_s(r, \beta, z) \quad (4)$$

$$L_0 = \frac{n \cdot P_0}{\Pi r_u^2 \beta_u^2} \exp(-\zeta \cdot z) \exp\left[\frac{-(r^2 + z^2 \beta^2)}{r_u}\right] \exp\left(-\frac{\beta^2}{\beta_u^2}\right) \quad (5)$$

Принимая значения для конкретного вида излучения, например, с длиной волны лазера 630 нм и принимая значения показателя рассеяния  $\zeta$ , параметра индикатрисы рассеяния  $\mu$ , расходимости излучения в луче модуля  $\alpha_u$ , различные значения метеорологической дальности видимости  $S_m$  и исходную мощность излучения равной  $P_0$ , где  $n$  - количество одиночных модулей излучателя, можно выбрать максимально допустимое значение мощности одиночного модуля и количество модулей излучателя.

Предложенный метод обоснования параметров излучателя ЛКГСП реализован, а сама конструктивная схема маяков ЛКГСП запатентована автором [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Зеге Э.П., Иванов А.П., Кацев И.Л.* Перенос изображения в рассеивающей атмосфере. – Минск, Наука и техника, 1985. - 327 с.
2. *Карасик В.Е. Орлов В.М.* Лазерные системы видения.- М., изд. МГТУ им. Баумана, 2001г.
3. Патент РФ на полезную модель №80158 «Лазерный маяк курсоглиссадной системы и лазерный излучатель» от 18.07.2008 г.