

**В.И. ЛАХНО<sup>1</sup>, А.В. КИСЛЫЙ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина*

<sup>2</sup>*Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Украина*

## **МЕТОД РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНО-КОМПЬЮТЕРНОЙ АВИОНИКИ**

В статье рассмотрены основные понятия метода рабочих характеристик, возможности прикладного применения при получении прогнозных оценок основных характеристик для разработки новых систем лазерно-компьютерной авионики

**лазерно-компьютерная авионика, метод рабочих характеристик, прогнозная оценка, лазерный сенсор-измеритель, мощность излучения, апертура приемника**

### **Введение**

Концепции боевого применения ВВС [1-4] определяют требования к перспективным системам лазерно-компьютерной авионики (ЛКА). Однако применение уравнения дальности для оценки характеристик параметров не позволяет охватить все многообразие возможных ситуаций. Выход видится в упорядочении данных по входящим в уравнение характеристикам и параметрам, и формировании метода рабочих характеристик.

### **1. Постановка проблемы**

Для учета данных факторов используют современные методы получения прогнозных оценок характеристик проектируемых устройств, например, метод рабочих характеристик, основные характеристики которых зависят от различных внутренних и внешних факторов, воздействующих на входящие в систему устройства.

### **2. Анализ известных достижений**

Практика реализации и использования оптико-электронных систем с лазерами изобилует примерами применения уравнения дальности для оценки характеристик параметров. Это характерно для ведущих фирм, таких как ОАО «Корпорация «Фазо-

трон-НИИР», «Уральский оптико-механический завод», «Tomson» и др.

*Цель данной работы* – продемонстрировать возможности метода рабочих характеристик для оценки проектируемых устройств ЛКА.

### **3. Сущность метода рабочих характеристик**

Метод рабочих характеристик - определение пределов изменения основных конструктивно-эксплуатационных показателей лазерного сенсора-измерителя при вариациях внешних и внутренних факторов [5, 6].

Рабочая характеристика - зависимость определяющего параметра конкретного приложения лазерного сенсора-измерителя от основных конструктивно-эксплуатационных показателей (передающей и приемной апертур, чувствительности приемника, пропускания атмосферного канала, коэффициента отражения лазерного излучения от объекта, потерь в лазерном тракте и т.д.):

$$P_{\text{пер}}=f(R) \text{ при } k_{\text{пот}}, \eta, \lambda, \chi, \rho, \varphi, D, D_{\text{пр}}, E_{\text{ф}} = \text{const.}$$

Рабочие характеристики позволяют определять характеристики - параметры элементов общей структуры лазерного сенсора-измерителя для различных измерительных ситуаций:

– энергетические показатели;

- временные показатели;
- спектральные показатели;
- оптические показатели;
- пространственные показатели;
- поляризационные показатели;
- показатели оптического приемника;
- атмосферные показатели;
- показатели объекта информационного взаимодействия и т.д.

Перечисленные показатели относятся к различным предметным областям, каждая из которых характеризуется своим ограниченным счетным множеством. Пересечения указанных множеств происходит благодаря объединению показателей в структуре конкретного лазерного сенсора-измерителя. Различная физическая природа указанных множеств определяет их различную протяженность вдоль координатных осей (энергетических, временных, пространственных, спектральных и т.д.).

Изменение протяженностей связано с принципами и условиями физической реализации, возможностями конструктивных изменений, управляемости параметров и особенностей их реализации. Искусство управления этими показателями в конечном счете приводит к оригинальным изобретательским решениям в виде патентов на способы и устройства.

Метод рабочих характеристик позволяет определить количественные значения характеристик элементов лазерных сенсоров-измерителей для решения соответствующих информационных задач. Перечень требуемых характеристик зависит от условий реализации и эксплуатации, элементной базы, специфических требований уникальных задач, определяющих лазерный аспект сверхточного оружия и др.

Метод рабочих характеристик - попытка построения прогнозных оценок требуемых технико-эксплуатационных показателей лазерно-компьютерных средств на основе известных пара-

метров объектов лазерного информационного взаимодействия. Например, в уравнении дальности лазерных локации, прицеливания, подсвета и т.д., при известных показателях объектов и условий информационного взаимодействия можно установить зависимость мощности излучения лазера от дальности, или любого параметра входящего в уравнение.

Практические возможности ЛКА основаны на многообразии лазерных информационных взаимодействий для реализации операций восприятия-извлечения, обработки, передачи, записи-хранения информации и вспомогательных операций обработки, восстановления, коррекции, нормировки и т.д.

#### 4. Примеры некоторых рабочих характеристик лазерно-компьютерной авионики

Рассмотрим зависимость дальности действия лазерного сенсора-измерителя от конструктивно-энергетических параметров[7]:

$$R = \left[ \frac{P_u \cdot \tau_u \cdot \rho \cdot D^2 \cdot D_{np}^2 \cdot K_{\Sigma} \cdot q \cdot \exp(-2\alpha R)}{1,22 \cdot \lambda \cdot \chi \cdot E_{\phi}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

где  $P_u$  - мощность излучения лазерного сенсора-измерителя;

$\tau_u$  - длительность импульса;

$\lambda$  - рабочая длина волны;

$\chi$  - соотношение сигнал шум;

$D$  - апертура передатчика;

$D_{np}$  - апертура приемника;

$\rho$  - коэффициент отражения объекта;

$\alpha$  - коэффициент рассеивания в атмосфере;

$q$  - квантовая эффективность приемника;

$E_{\phi}$  - энергия фона;

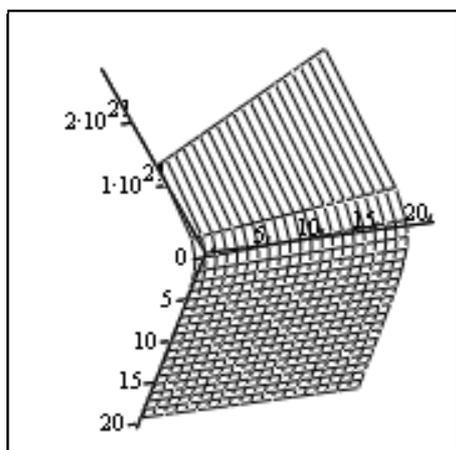
$K_{\Sigma}$  - коэффициент потери в оптическом канале.

Используя данное выражение, можем строить графики зависимостей  $P_u = f(x, y)$ , где значение «x» и «y» может принимать любой входящий в формулу параметр, при условии, что остальные параметры являются постоянными. Графики позволяют произ-

вести оценку конструктивного построения и изменения энергетических и временных показателей. Построим графики рабочих характеристик для некоторых зависимостей.

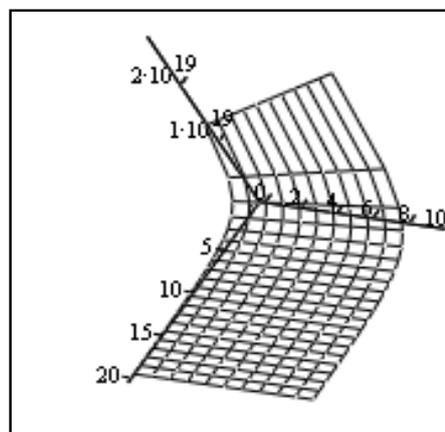
На рис.1 представлены зависимости мощности

излучения лазерного сенсора-измерителя от апертуры приемника и передатчика и соотношения сигнал - шум (рис.1,а - апертура приемника, рис.1,б - апертура передатчика).



Ри

Рис. 1,а



Ри

Рис. 1,б

Рис. 1. Зависимости мощности излучения лазерного сенсора-измерителя от апертуры приемника и передатчика и соотношения сигнал – шум (рис.1,а - апертура приемника, рис.1,б - апертура передатчика)

При рассмотрении полученных характеристик видно, что для снижения энергетических затрат необходимо изменять либо соотношение сигнал-шум, либо апертуры приемника и передатчика.

На рис. 2 представлены зависимости мощности излучения лазерного сенсора-измерителя от дальности и апертур (рис. 2,а – для передатчика, рис.2,б – для приемника).

Из графиков видно, что для получения требуемой дальности необходимо увеличивать мощность излучения лазерного сенсора-измерителя. Для снижения требований по мощности необходимо изменять соотношение апертур приемника и передатчика.

На рис. 3 представлены зависимости мощности излучения лазерного сенсора-измерителя от апертуры приемника и передатчика.

Из графика видно, что для уменьшения энергии

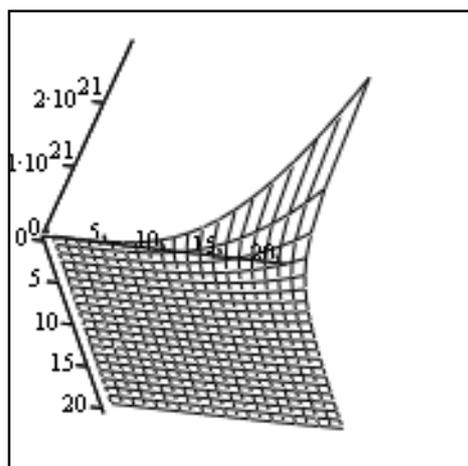
излучения необходимо изменять параметры апертур приемника или передатчика. Так как изменение апертуры передатчика связано с большими технологическими трудностями, то практичным видится увеличение апертуры приемника.

## Заключение

1. Метод рабочих характеристик позволяет оценить пределы изменения параметров лазерного сенсора-измерителя в зависимости от конкретной ситуации.

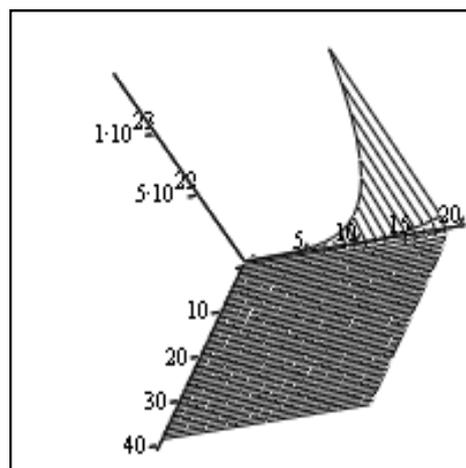
2. Определенные пределы составляют основу прогнозных оценок применения лазерных сенсоров-измерителей.

3. Комплексное использование метода рабочих характеристик (принцип, конструкция, технология, экономика) – это обоснование параметров перспективных систем лазерно-компьютерной авионики.



$P_u$

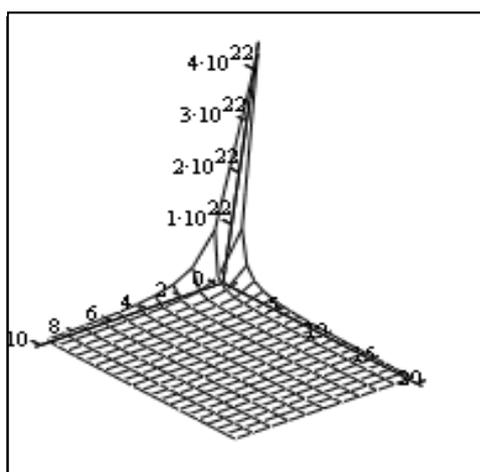
Рис. 2,а



$P_u$

Рис. 2,б

Рис. 2. Зависимости мощности излучения лазерного сенсора-измерителя от дальности и апертур (рис. 2,а – для передатчика, рис. 2,б – для приемника)



$P_u$

Рис. 3. Зависимости мощности излучения лазерного сенсора-измерителя от апертуры приемника и передатчика

проектирования семейства унифицированных многофункциональных бортовых РЛС самолетов-истребителей. //Радиотехника, 2002, №12, с. 6-10

4. Кутахов В.П. Архитектура авионики летательных аппаратов пятого поколения. //Радиотехника, 2002, №8, с. 15-19.

5. Богомолов А.Ф. Основы радиолокации. - М.: Сов. радио, 1954. – 234 с.

6. Теоретические основы радиолокации. / Под ред. Ширмана Я.Д. Учебное пособие для вузов. – М.: «Сов.Радио», 1970.- 560с.

7. Данилин Н.С., Лахно В.И. Лазерные датчики в системах неразрушающего контроля. - МО СССР, 1974. – 203с.

## Литература

1. Канащенков А.И., Корчагин В.М., Меркулов В.И., Самарин О.Ф. Сверхманевренность и бортовые системы. //Радиотехника, 2002, №5, с. 43-50.

2. Канащенков А.И. Концепция совершенствования авионики и облик современных систем управления вооружением. //Радиотехника, 2002, №8, с. 3-14.

3. Гуськов Ю.Н., Жибуртович Н.Ю. Принципы

Поступила в редакцию 14.10.03

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор Жихарев В.Я., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского „ХАИ”, г. Харьков