

УДК 528.063.9

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ

**КРУПСКИЙ МАКСИМ РОМАНОВИЧ,
ЗАЙКОВ ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ**

АННОТАЦИЯ

Разработан программный продукт, позволяющий анализировать пространственно-энергетические характеристики пучка лазерного створофиксатора с возможностями различными методами определять координаты энергетического центра изображения поперечного сечения лазерного луча интерференционной структуры.

Ключевые слова: лазерная центрирующая измерительная система; лазерный створофиксатор; оптический квантовый генератор; интерференционная структура; позиционирование при агрегатной сборке; производство самолетов.

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF THE ANALYSIS OF SPATIAL AND ENERGETIC CHARACTERISTICS OF LASER SYSTEMS

**KRUPSKIY M. R.,
ZAIKOV V. I.**

ABSTRACT

A software product that allows you to analyze the spatial and energy characteristics of the laser beam with the possibilities stvorofiksatora different methods to determine the coordinates of the energy center of the image of the cross section of a laser beam interference pattern.

Keywords: laser centering measuring system; a laser stvorofiksator; optical maser; the interference pattern; positioning in case of modular assembly; production of airplanes.

Введение

В контрольно-монтажных работах, выполняемых при изготовлении самолета, важное место занимают технологические процессы монтажа блоков оборудования систем навигации и вооружения самолета. Важность указанных выше технологических процессов объясняется функциональным назначением этого оборудования. Основные блоки систем навигации и вооружения должны иметь точную угловую ориентацию относительно осей самолета. Точность обеспечивает безопасность.

С увеличением скоростей летательного аппарата возрастают требования к точности выполнения теоретических обводов планера и взаимному расположению его агрегатов. Для обеспечения требуемых допусков на стыковку самолета необходимо в первую очередь иметь наиболее достоверную информацию о положении нивелировочных точек на теоретических поверхностях агрегатов, отсеков по трем координатам. Этого можно достичь с наименьшей погрешностью при помощи лазерных измерительных систем, как на стадии агрегатной сборки, так и при стыковке планера. Для осуществления процессов монтажа блоков оборудования систем навигации и вооружения самолета используются методики высокоточного монтажа и контроля сборочных ступеней, стендов, эстакад с применением лазерно-оптических центрирующих и измерительных систем (лазерных нивелиров и створофиксаторов).

Изучением проблемы применения таких методик в задачах нивелирования агрегатов планера занимаются такие исследователи как: Иванов Ю.Л.

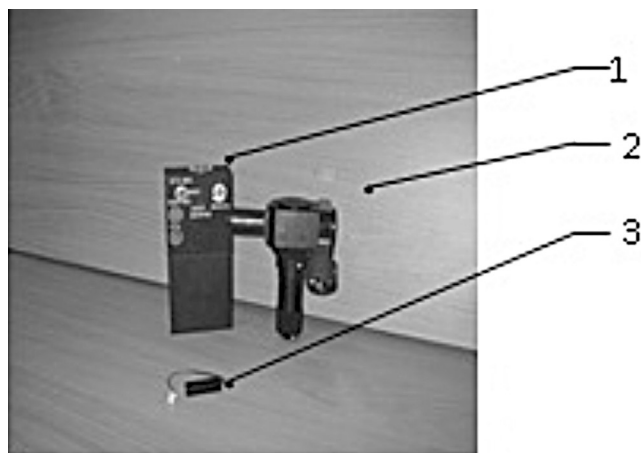
[1], Муравьев В.И. [2], но в данных работах авторы не останавливаются на решении проблем распределения интенсивности светового пучка лазерных створофиксаторов и вычисления его оптического центра. Отдельные алгоритмы по измерению пространственно-энергетических характеристик лазерного пучка раскрыты в работах Зайкова В.И. [3], Потёмкина Ф.В., Михеева П.М. [4].

Во многих случаях задачи нивелирования агрегатов летательного аппарата решаются путем применения лазерных трекеров – измерителей трехмерных координат. Однако, в случаях необходимости нивелирования агрегатов планера в условиях ограниченного пространства, оказывается невозможным применить стандартные лазерные трекаеры в виду их значительных габаритных размеров. Таким образом, разработка простых, малогабаритных, специализированных лазерных измерительных систем является актуальной задачей.

Визир на основе полупроводниковых лазеров инжекционного типа

Лаборатория лазерной техники КнАГТУ разработала нивелировочное устройство (визир) на основе полупроводниковых лазеров инжекционного типа (рисунки 1).

Лазерный визир является оптико-электронным устройством и в комплекте с контрольно-измерительной оснасткой предназначен для задания с помощью лазерного пучка базовых, технологических и монтажных осей с последующим измерением линейных и угловых отклонений. Схема применения



1 – блок питания; 2 – лазерный визир; 3 – источник излучения

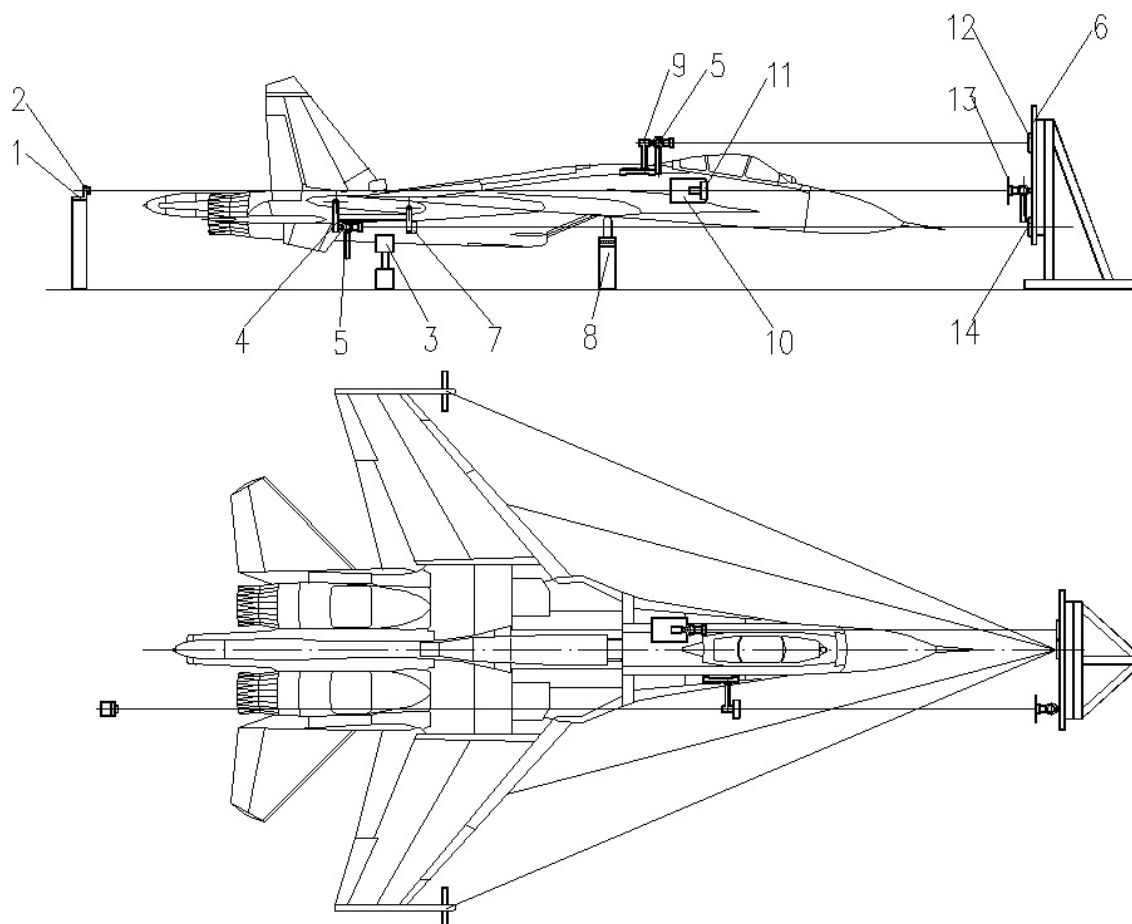
Рисунок 1 – Общий вид лазерного визира

визира представлена на рисунке 2.

В качестве источника излучения в конструкции лазерного визира используется полупроводниковый инжекционный лазер на основе GaAs, генерирующий световой пучок в видимом диапазоне на длине волны $\lambda = 0,63-0,68$ мкм. Оптическая система лазерного визира формирует протяженный осесимметричный

лазерный пучок интерференционной структуры. Интерференционная структура в поперечном сечении лазерного пучка имеет вид контрастных кольцевых полос с ярко выраженным световым пятном в центре на оси лазерного пучка (рисунок 3).

Диаметр центрального светового пятна изменяется по дистанции измерения в пределах от 0,1 мм



1 – узел под визуальный целевой знак; 2 – визуальный целевой знак; 3 – регулируемый ложемент; 4, 9, 10 – технологические приспособления; 5 – лазерный излучатель; 6 – координатный щит; 7 – блок управления лучом; 8 – регулируемая шаровая опора; 11 – зеркальный датчик; 12, 13, 14 – мишени.

Рисунок 2 – Лазерная измерительная система для контроля посадочных мест оборудования самолета

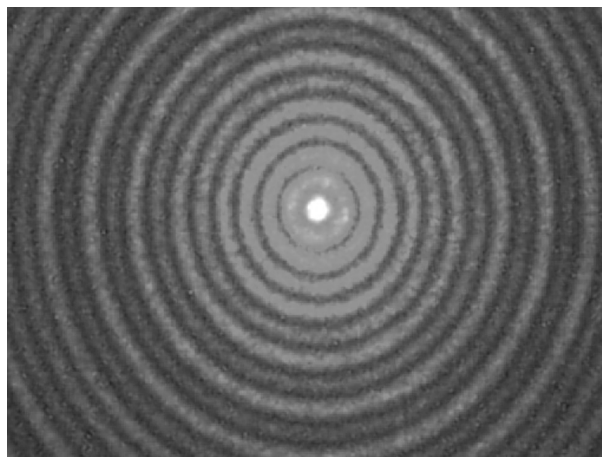


Рисунок 3 – Интерференционная структура в поперечном сечении лазерного пучка

до 1,5 мм, что позволяет осуществлять наведение и визирование с погрешностью не превышающей 0,01мм. Установка лазерного визира в рабочее положение по оси координатно-фиксирующих отверстий осуществляется за счет посадочного хвостовика, закрепленного на корпусе лазерного визира. Ось посадочного хвостовика и ось лазерного пучка согласованы по линейному и угловому взаимному смещению с погрешностью не превышающей соответственно 0,01 мм и 0,5 угл. секунд. Для автоматизации определения координат энергетического центра изображения поперечного сечения лазерного пучка интерференционной структуры разработан программный продукт, позволяющий анализировать пространственно-энергетические характеристики пучка.

Алгоритм определения центра интенсивности изображения поперечного сечения лазерного пучка

Центр масс (центр инерции) системы материальных точек – условная (или эквивалентная) точка, представляющая собой одну из геометрических

характеристик распределения масс в системе. За эквивалентный показатель массы при анализе структуры пучка принята интенсивность цвета.

Пусть m_i – масса i -той ($i=1, \dots, n$) точки системы, а r_i – радиус-вектор этой точки в некоторой системе координат. Тогда радиус-вектор r_c точки C – центра масс определяется по формуле:

$$\vec{r}_c = \frac{\sum_i \vec{r}_i m_i}{\sum_i m_i},$$

где:

- r_c – радиус-вектор центра масс,
- r_i – радиус-вектор i -й точки системы,
- m_i – масса i -й точки.

Реализован алгоритм для нахождения оптического центра изображения поперечного сечения лазерного пучка методом центра масс (интенсивности).

За вес пикселя (x_i, y_i) принималась интенсивность его цвета $I(x_i, y_i)$.

По аналогии с механическими системами, где центр масс системы определяется как среднее взвешенное значение, можно записать:

$$X_{ц.м.}^n = \frac{\rho(x_0)x_0 + \rho(x_1)x_1 + \rho(x_2)x_2 + \dots + \rho(x_n)x_n}{\rho(x_0) + \rho(x_1) + \rho(x_2) + \dots + \rho(x_n)}, \text{ где } \rho(x) = \sum_{y=0}^{\infty} I(x, y)$$

$$Y_{ц.м.}^n = \frac{\rho(y_0)y_0 + \rho(y_1)y_1 + \rho(y_2)y_2 + \dots + \rho(y_n)y_n}{\rho(y_0) + \rho(y_1) + \rho(y_2) + \dots + \rho(y_n)}, \text{ где } \rho(y) = \sum_{x=0}^{\infty} I(x, y)$$

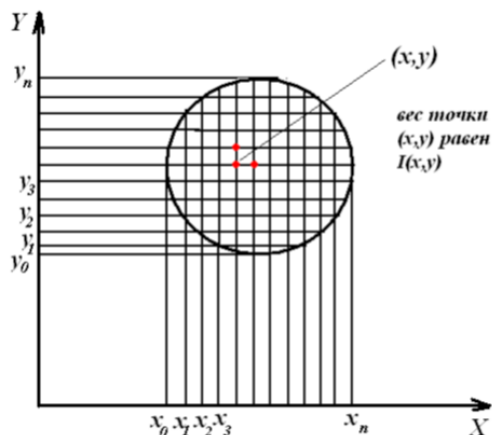


Рисунок 4 – Модель для расчета центра масс пучка

где:

- (x_i, y_i) – координаты текущего пикселя,
- I – интенсивность его цвета.

Модель для расчета центра масс пучка представлена на рисунке 4.

Интерфейс программного модуля, а также результат определения координат изображения поперечного сечения лазерного пучка интерференционной структуры методом центра интенсивности представлены на рисунке 5.

Заключение

Разработан программный продукт, позволяющий анализировать пространственно-энергетические характеристики пучка лазерного визира

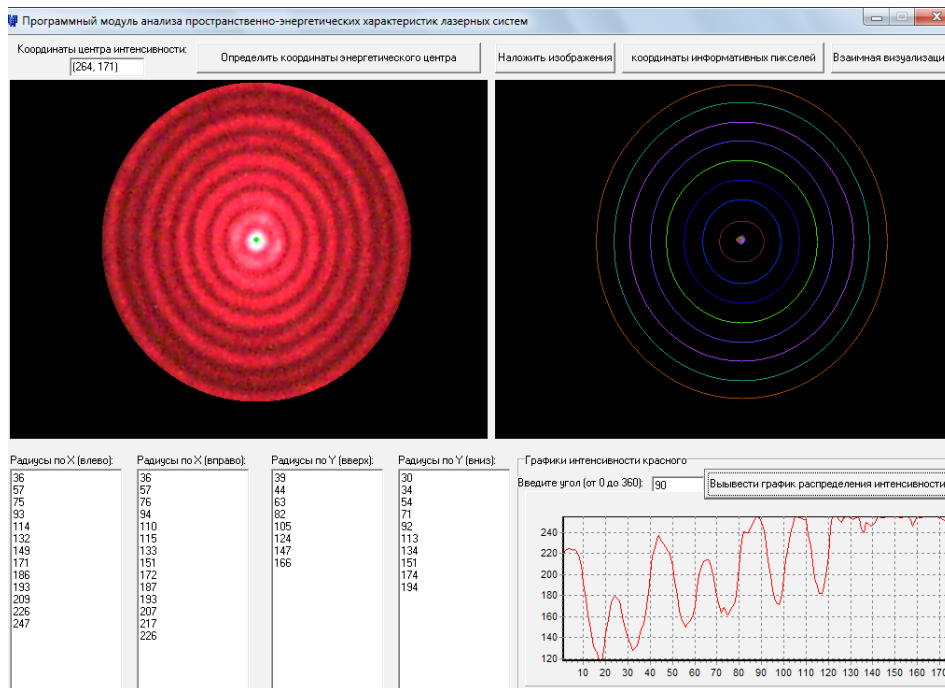


Рисунок 5– Интерфейс рабочего окна программного модуля

определять координаты энергетического центра изображения поперечного сечения лазерного пучка интерференционной структуры применительно при позиционировании узлов на агрегатной сборке планера самолета.

Список литературы

1. Иванов, Ю. Л. Стыковка и нивелировка самолетов с использованием лазерных измерительных систем / Ю. Л. Иванов / Сборка в машиностроении, приборостроении, – М.: «НАУКА», 2004. – С. 463.

2. Муравьев, В. И. Монтаж и увязка сборочной оснастки / В. И. Муравьев / Сборка в машиностроении, приборостроении, «РусГео»; – М. 2003. – С. 283.

3. Зайков, В. И. Метод контроля пространственной размерной увязки с применением протяженных лазерных пучков интерференционной структуры: дис. ...канд. тех. наук : защищена 13.04.1990 / Зайков Валерий Иванович. – Л., 1990.– 180с.

4. Потёмкин, Ф. В. Измерение пространственных характеристик лазерного пучка / Ф.В. Потемкин, П. М. Михеев // МГУ им. Ломоносова. – 2010. – № 6 (87). – С. 164-171.