

КАЛИБРОВКА ОПТИЧЕСКОЙ ИИС МНОГОМЕРНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.М. Мухин, В.Н. Нестеров, Д.Б. Жмуров., А.В. Мешанов
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Рассмотренные в работах [1-3] метод многомерных тестовых объектов для определения информативных составляющих сложных перемещений подвижных объектов и методики синтеза соответствующих измерительно-вычислительных алгоритмов для оптических ИИС допускают различные варианты реализаций, как в части выбора формы многомерного тестового объекта, так и в части синтеза измерительно-вычислительных алгоритмов. Однако практическое воплощение предложенных технических решений осложняется тем, что сложность контролируемых перемещений, существенно влияют на вид моделей измеряемых величин, структуру ИИС и их метрологические параметры.

Для отработки технологий метода и апробирования математических моделей многокомпонентных перемещений многомерных тестовых объектов [1-7] на Самарском электромеханическом заводе совместно с кафедрой радиотехнические системы СамГТУ создана установка для калибровки оптической ИИС составляющих сложных перемещений подвижных объектов, фотография которой представлена на рис.1. В основе установки – видеокамера 1 модели Computar ZCF11CH3, многомерный тестовый объект 2, персональный компьютер 3 с платой видеозахвата модели PixelView CopexantCX23881 и механизм многокомпонентных перемещений 4.

Механизм многокомпонентных перемещений, изготовленный на основе фрезерного станка и поворотного стола (рис.2), обеспечивает пять степеней свободы перемещений тестового объекта ABC . Линейные перемещения объекта в направлениях трех ортогонально ориентированных осей координат обеспечиваются органами управления 1, 2 и 3. Элементы 4 и 5 поворотного стола позволяют осуществлять угловые перемещения относительно осей координат, ориентированных в направлениях, заданных отрезками oC и DE .

Механизмы перемещений снабжены соответствующими шкалами отсчета 6, 7, 8, 9, 10, позволяющими с необходимой точностью контролировать в процессе выполнения операций калибровки ИИС составляющих сложных перемещений тестового объекта ABC .

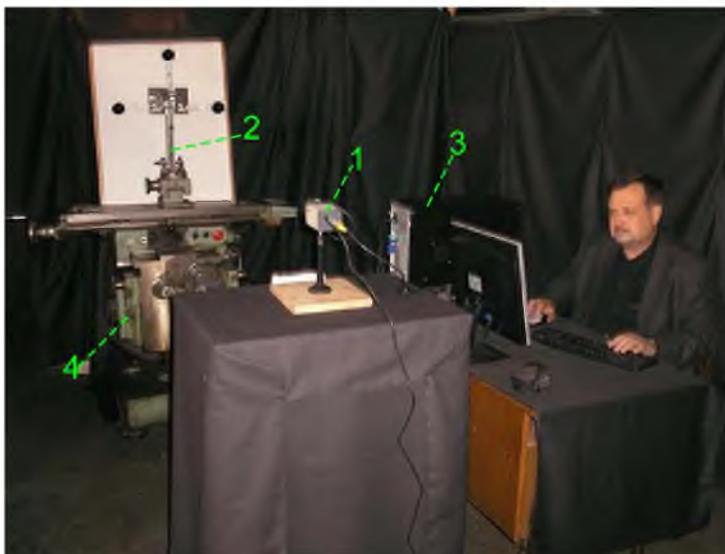


Рис.1. Установка для калибровки оптической ИИС: 1 – видеокамера Computar ZCF11CH3; 2 – многомерный тестовый объект; 3 – персональный компьютер с платой видеозахвата PixelView ConexantCX23881; 4 – механизм многокомпонентных перемещений

Многомерный тестовый объект представляет собой крестообразную фигуру ABC с параметрами: $AB = 450$ мм., $OC = 225$ мм. Точки A , B и C в целях упрощения процедуры их поиска на получаемом с оптического прибора изображении, обозначены черными сферами известного диаметра.

Обработка перемещений изображения тестового объекта ABC производится на компьютере. Для осуществления калибровки системы разработан специальный алгоритм работы программной части, блок-схема которого приведена на рис.3.

Получение с видеокамеры изображения тестового объекта осуществлялись с помощью набора инструментов, который предоставляет Microsoft DirectShow. Программный интерфейс DirectShow представляет собой медиа-потокую архитектуру для приложений на платформе Microsoft Windows.

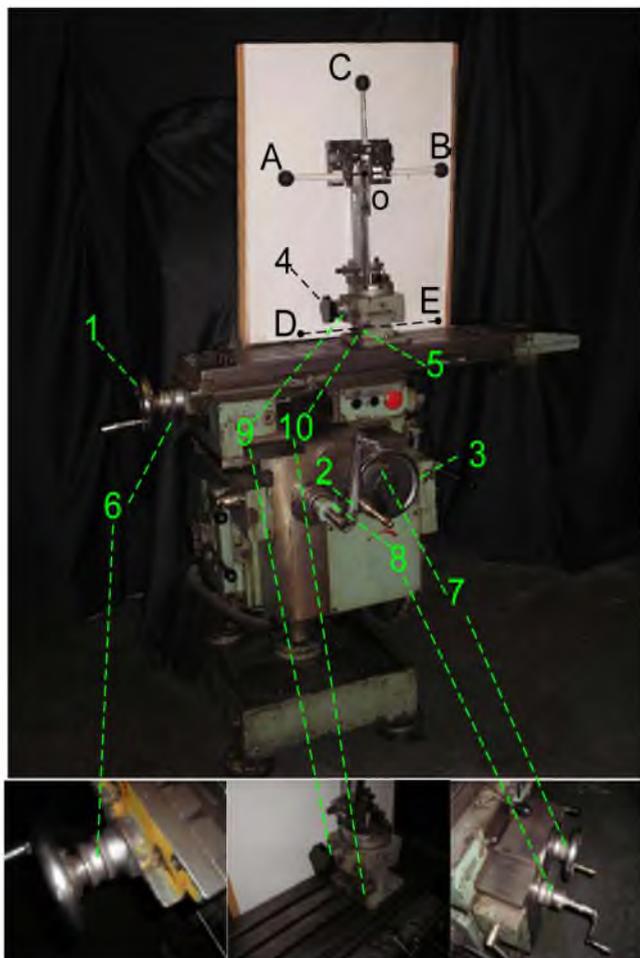


Рис.2. Механизм многокомпонентных перемещений тестового объекта: 1-10 – органы управления; *ABC* - тестовый объект, компоненты перемещения которого подлежат измерению

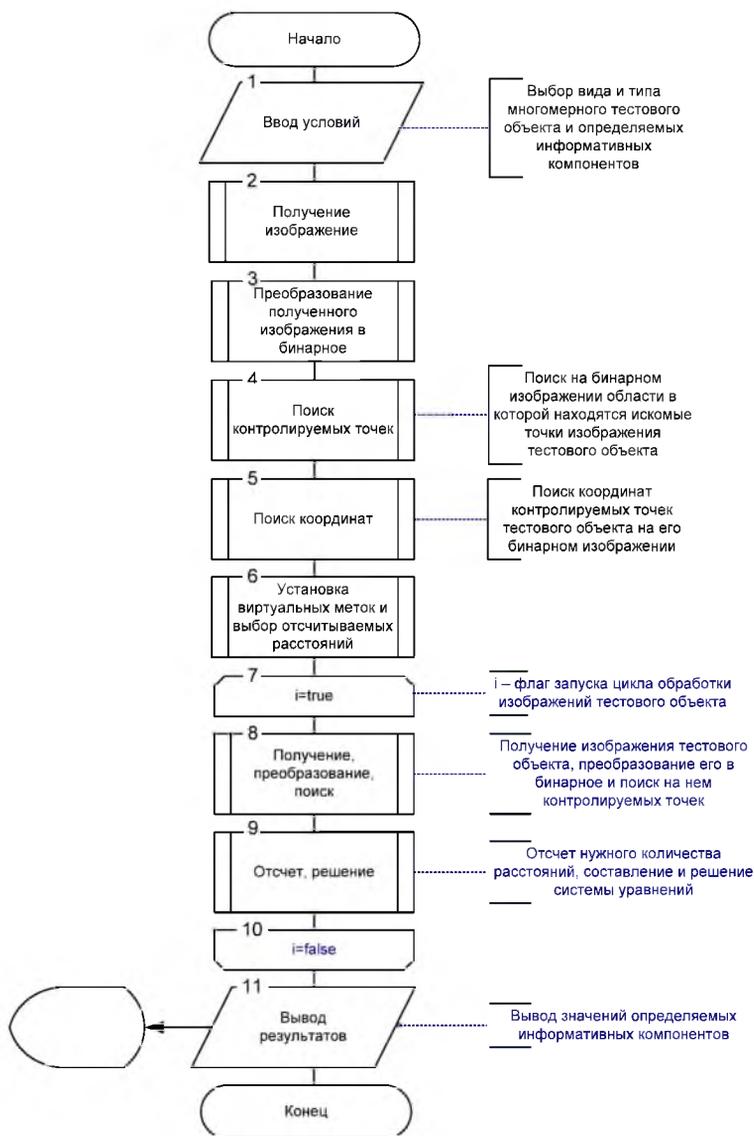


Рис.4. Схема алгоритма работы программы для определения составляющих многокомпонентных перемещений многомерных тестовых объектов

С помощью рассмотренного аппаратно-программного комплекса выполнены экспериментальные исследования по определению составляющих многокомпонентного перемещения многомерного тестового объекта. Модель перемещений контролируемого тестового объекта показана на рис.4.

Тестовый объект в виде отрезка AB известной длины L_x в начальный момент времени находится в положении I. В процессе выполнения эксперимента объект AB занял положение III. Проекции \bar{x}_1 и \bar{x}_2 характеризуют линейные перемещение объекта AB вдоль осей o_0X_0 и o_0Y_0 соответственно.

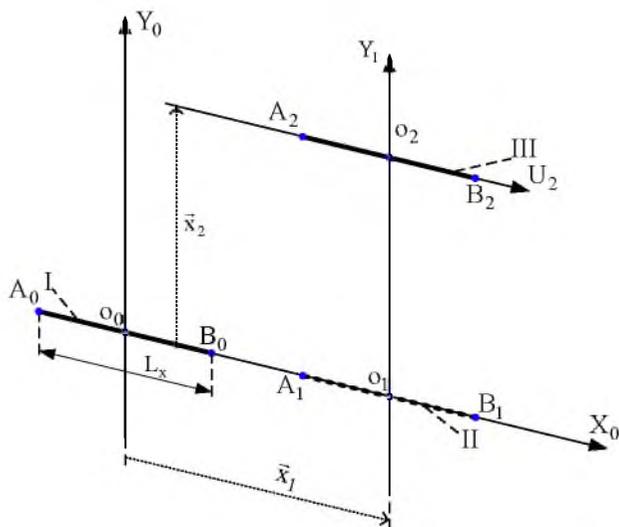


Рис.4. Многокомпонентное перемещение тестового объекта AB

При помощи механизмов позиционирования тестовый объект перемещался вдоль координатной оси o_0X_0 на расстояние 100 мм с шагом 5 мм. После каждого шага перемещений в соответствии с разработанными алгоритмами вычислялись значения информативных составляющих движения x_1 и x_2 . Аналогично эксперимент осуществлялся в процессе перемещения тестового объекта вдоль оси o_0Y_0 . Механизмы управления имеют достаточно высокую точность позиционирования, цена деления шкалы перемещения вдоль оси o_0X_0 составляет 0,05 мм, вдоль оси o_0Y_0 – 0,02 мм; ось o_0X_0 механизма позиционирования выверена по горизонту.

Система уравнений и измерительно-вычислительные алгоритмы для определения составляющих многокомпонентных перемещений тестового объекта AB по его изображениям получены в соответствии с методикой, рассмотренной в [1], и имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= k(x_1); \\ X_2 &= k(L_x + x_1); \\ Y_3 &= k(x_2), \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где X_1, X_2, Y_3 - изображения многокомпонентных перемещений соответствующих точек тестового объекта ABC ; k - коэффициент преобразования оптического тракта; L_x - известный параметр тестового объекта;

$$x_1 = L_x \frac{X_1}{(X_2 - X_1)}; \quad (2)$$

$$x_2 = L_x \frac{Y_3}{(X_2 - X_1)}. \quad (3)$$

Результаты экспериментальных измерений представлены графическими материалами на рис.5 и рис.6. Измерения осуществлялись в положении камеры на расстоянии $2000 \div 2200$ мм. от перемещающегося тестового объекта ABC . Погрешности позиционирования тестового объекта, обусловленные погрешностями механизма перемещения, по оси o_0X_0 не превышали $0,025$ мм., а по оси o_0Y_0 - $0,01$ мм. Анализ экспериментальных данных позволил сделать вывод о хорошем совпадении идеальных и реальных градуировочных характеристик, полученных в реальных цеховых условиях. Максимальное отклонение реальной градуировочной характеристики от идеальной при измерениях в направлении оси o_0X_0 не превысило 2% в диапазоне измерения от 0 до 100 мм. Максимальное отклонение реальной градуировочной характеристики от идеальной при измерениях в направлении оси o_0Y_0 не превысило 1% в диапазоне измерения от 0 до 100 мм.

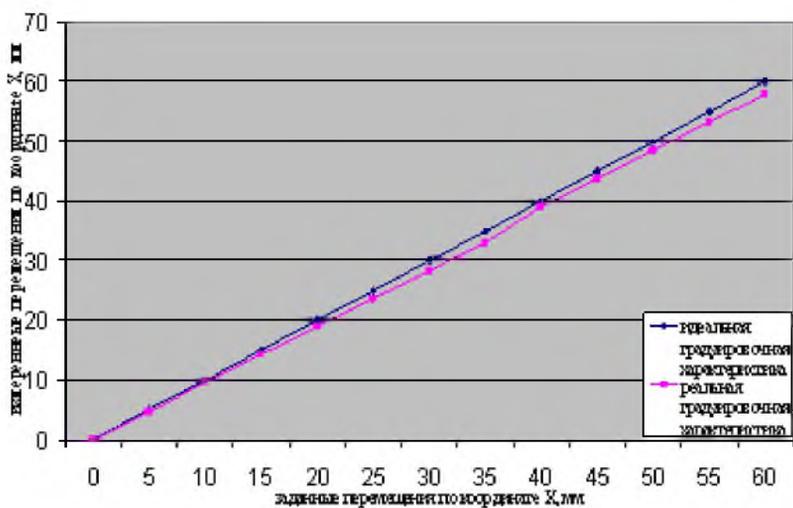


Рис. 5. Градуировочная характеристика оптической ИИС для информативной компоненты \bar{X}_1

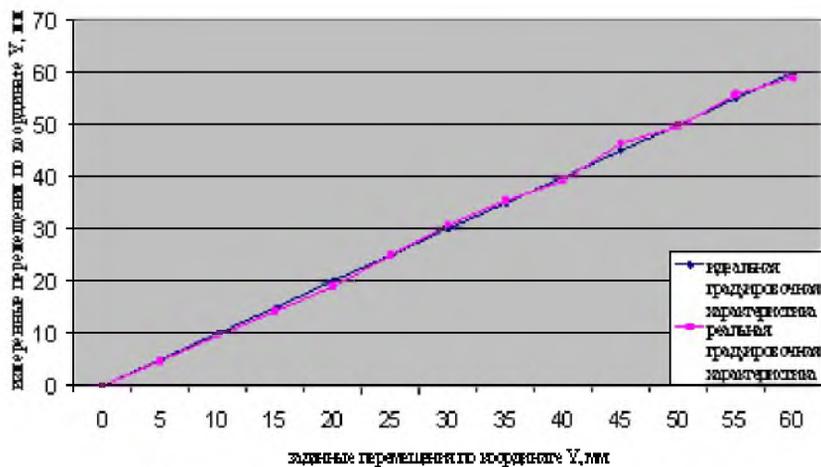


Рис. 6. Градуировочная характеристика оптической ИИС для информативной компоненты \bar{X}_2

Следует отметить, что возможности системы позволяют распространить полученные результаты не только на большие диапазоны измерения и большее количество информативных компонентов, характеризующих сложные многомерные перемещения подвижных объектов, чему и будут посвящены дальнейшие исследования. Следует также отметить, что полученные погрешности обусловлены как методическими, так и инструментальными составляющими. Поэтому одним из направлений дальнейших исследований будет являться минимизация названных погрешностей и дальнейшее совершенствование метода и измерительной системы в целом.

Новизна использованного в работе технического решения подтверждена патентом РФ на изобретение[8], по которому получено положительное решение.

Полученные результаты могут найти применение при создании установок для калибровки универсальных промышленных роботов (манипуляторов), мониторинга параметров ходовой части автомобилей, а также систем специального назначения.

Список использованных источников

1. Нестеров В.Н., Мещанов А.В. Математические модели векторных многокомпонентных физических величин и метод многомерных тестов в оптических измерительных системах // Измерительная техника. - 2006, №12. - С.10-13.
2. Нестеров В.Н., Мухин В.М., Мещанов А.В. Метод многомерных тестовых объектов в оптических ИИС для определения параметров ходовой части автомобилей в процессе их диагностики // Информационные, измерительные и управляющие системы. Научно-техн. сб. Самарского отделения Поволжского центра Метрологической академии России / Под ред. проф. В.Н.Нестерова. - Самара: СамГТУ, 2007. Вып.3. - С.15
3. Нестеров В.Н., Мещанов А.В. Теоретические основы оптических измерений составляющих многокомпонентных перемещений подвижных объектов на базе метода многомерных тестов // Измерительная техника. - 2007, №11. - С.3-9.
4. Нестеров В.Н., Мещанов А.В. Метод многомерных тестов в оптических измерительных системах // Информационные, измерительные и управляющие системы: Н-т. сб. Самарского отделения Поволжского центра Метрологической академии России / Под ред. проф. В.Н.Нестерова. – Самара: СамГТУ, 2006. Вып.2. – С. 64-74.
5. Нестеров В.Н., Мещанов А.В. Комбинационные математические модели и метод многомерных тестов в оптических измерениях составляющих многокомпонентных перемещений подвижных объектов // Сборник док-

- ладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2007). Т.2. - СПб, 2007.-С.21-30.
6. Нестеров В.Н., Мещанов А.В. Математическое моделирование многокомпонентных перемещений подвижных объектов для алгоритмической обработки оптической информации //Сб. докл. научной сессии ГУАП. Ч. II. Технические науки. - СПб.: ГУАП, 2007. - С.171-176.
 7. Нестеров В.Н., Мещанов А.В. Математическое моделирование в задачах определения многокомпонентных перемещений простых объектов // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: Сб. тр. третьей международной научно-практ. конф. - СПб., 2007. - С.82-83.
 8. Пат. заявка №2006114270/28 РФ, МКИ G 01 В 11/00. Способ измерения компонентов сложных перемещений объекта / В.Н.Нестеров, В.М.Мухин, А.В.Мещанов.

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИИС ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ЦЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МНОГОМЕРНЫХ ТЕСТОВЫХ ОБЪЕКТОВ

В. Н. Нестеров, В. М. Мухин

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Оптические средства измерения, широко используемые для определения различных параметров движения, позволяют решать задачу без непосредственного контакта с контролируемым объектом. Появление в последнее время видеокамер с достаточно высокой разрешающей способностью и стандартным интерфейсом сопряжения с цифровыми средствами обработки информации явилось дополнительным стимулом их использования в сложных системах промышленного, бытового и специального назначения. Одной из актуальных задач, решение которой основано на предложенном авторами методе и оптических средствах измерения, является задача бесконтактного определения информативных составляющих перемещения тела, движущегося по произвольной траектории и меняющего свою ориентацию в пространстве. Перспективной областью использования предложенных решений является подсистемы контроля и вычисления параметров движения подвижных целей в системах наведения на цель специального назначения.

Поэтому авторами поставлена и решается задача обоснования и разработки метода и алгоритмов измерения составляющих сложных переме-