

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Борковская Л.А.

Национальный авиационный университет, г. Киев,
кафедра информационных технологий
E-mail: iids@nau.edu.ua

Abstract

Borkovskaya L. A. Development of the intellectual integrated system of geometric quantities measuring on the basis of modern information technologies. The structure of the intellectual integrated measuring system of difficult spatial surfaces, which allows to make administrative decision on motion of measuring head along an object, is developed. The task of treatment of results of measuring and exposure of destabilizing factors, and also the task of determination of degree of accordance to the aims of management of the folded being of components and management by the difficult system is decided.

Общая постановка проблемы разработки интеллектуальной интегрированной системы измерения геометрических (ИИСИГ) размеров прецизионных деталей. Информационные технологии являются одним из главных направлений развития науки и техники третьего тысячелетия. В настоящее время существует много различных подходов к решению задач измерения сложных пространственных поверхностей на основе анализа многомерных массивов данных в том числе триангуляционных. Большинство из них в конечном итоге сводится в различных комбинациях к измерению пространственных координат, классификации и идентификации объектов. При решении каждой конкретной задачи измерения необходим оптимальный метод обработки информации, полученной с датчиков.

Знание точной информации об объекте измерения сложной пространственной поверхности необходимо как при производстве деталей машин, так и в других областях науки и техники: в метрологии, технике неразрушающего контроля. В связи с этим актуальным является проведение в больших масштабах измерений сложных пространственных поверхностей, с использованием координатно-измерительной машины, чувствительным элементом которой являются измерительные головки.

Для проведения измерений геометрических размеров деталей промышленность получила универсальные, автоматические, достаточно гибкие средства — координатные измерительные машины (КИМ), укомплектованные ПЭВМ для целей управления и обработки результатов измерения. Использование принципов оперативного и диалогового программирования дало возможность автоматизировать процесс измерений, упростить управление КИМ, как универсальных средств контроля. Однако общим для них является необходимость последовательного или параллельного пространственного перебора точек измерения при определении меры сходства входных и эталонных данных [1–3].

Анализ методов, применяемых при разработке интеллектуальной интегрированной системы измерения геометрических параметров деталей. Формирование информационных технологий метрологического обеспечения производства проводилось в несколько этапов, границы которых определялись появлением новых видов измерительных приборов, внедрением новейших технологий в разработку эталонов линейно-угловых измерений [2–4]. Анализ литературных данных показал, что наиболее значительными в области техники измерения сложных пространственных измерений

являются работы выполненные, в Московском научно-исследовательском институте машиноведения им. Благонравова В.В. Академии наук России.

Вместе с тем, КИМ качественно отличается от известных средств интеллектуального контроля отклонения от формы и расположения поверхностей, как по назначению, так и по принципам построения. Все это вызывает множество новых, ранее не исследованных вопросов.

КИМ — новое научно-техническое направление, которое основывается на исследованиях во многих областях науки. Оно возникло на стыке механики и кибернетики. КИМ, как сложную техническую систему, необходимо разделить на две основные части: механическую (исполнительную) и информационно-управляющую системы [3,4].

Постановка задачи. Разработать структуру интеллектуальной интегрированной измерительной системы сложных пространственных поверхностей, которая вырабатывает управленческие решения по движению измерительной головки вдоль объекта, представляет процесс обработки результатов измерения и выявления дестабилизирующих факторов, а также определяет степень соответствия целям управления сложившихся состояний компонентов и управления сложной системой.

Решение задачи. Применим для синтеза сложной системы управления функционально-структурный подход [4, 5]. Решение этой комплексной проблемы требует разработки принципов обеспечения заданного качества системы управления, расширения их адаптационных возможностей и интеллектуализации процессов обработки информации в условиях действия дестабилизирующих факторов. Для цифрового моделирования и сравнительного анализа алгоритмов программного и адаптивного управления работы КИМ разработан пакет программ, который включает следующие элементы [2, 3]:

- модели кинематики и динамики КИМ с четырьмя степенями свободы;
- динамическую модель исполнительных электрических двигателей;
- модель измерительной головки (ИГ);
- алгоритмы построения программного движения КИМ, обеспечивающие необходимую траекторию перемещения ИГ с учетом конструктивных ограничений и препятствий;
- программные средства для числового интегрирования уравнений динамики, которые позволяют имитировать функционирование КИМ.

Многофункциональная КИМ состоит из базовой механической части, исполнительных механизмов в виде совокупности линейных двигателей, системы управления информационно-управляющей машины.

Двигательные возможности КИМ определяются оптимальной геометрией и кинематическими парами. В настоящее время практически не исследованы крупногабаритные КИМ, хотя уже построен ряд экспериментальных образцов с размерами порядка 4000x3000x2500 мм, которые эксплуатируются на автомобильных и авиационных заводах. Интеллектуальная интегрированная измерительная система в общем случае состоит из манипуляционной исполнительной подсистемы, системы управления, информационной системой, коммуникационной системы, базовой механической части и вспомогательного технологического оборудования (рис.1).

Информационная система состоит из датчиков, внутренней информации, конструктивно встроенную в манипуляционно-исполнительную подсистему, внешних датчиков информации, которые представляют данные об условиях эксплуатации системы в целом. Система управления включает в себя электронные преобразователи цифровой и аналоговой информации, ПЭВМ для обработки измерительной информации от информационной системы, а также алгоритмы навигации и управления манипуляционно-исполнительной подсистемой, реализованного в форме встроенного программного математического обеспечения реального масштаба времени.

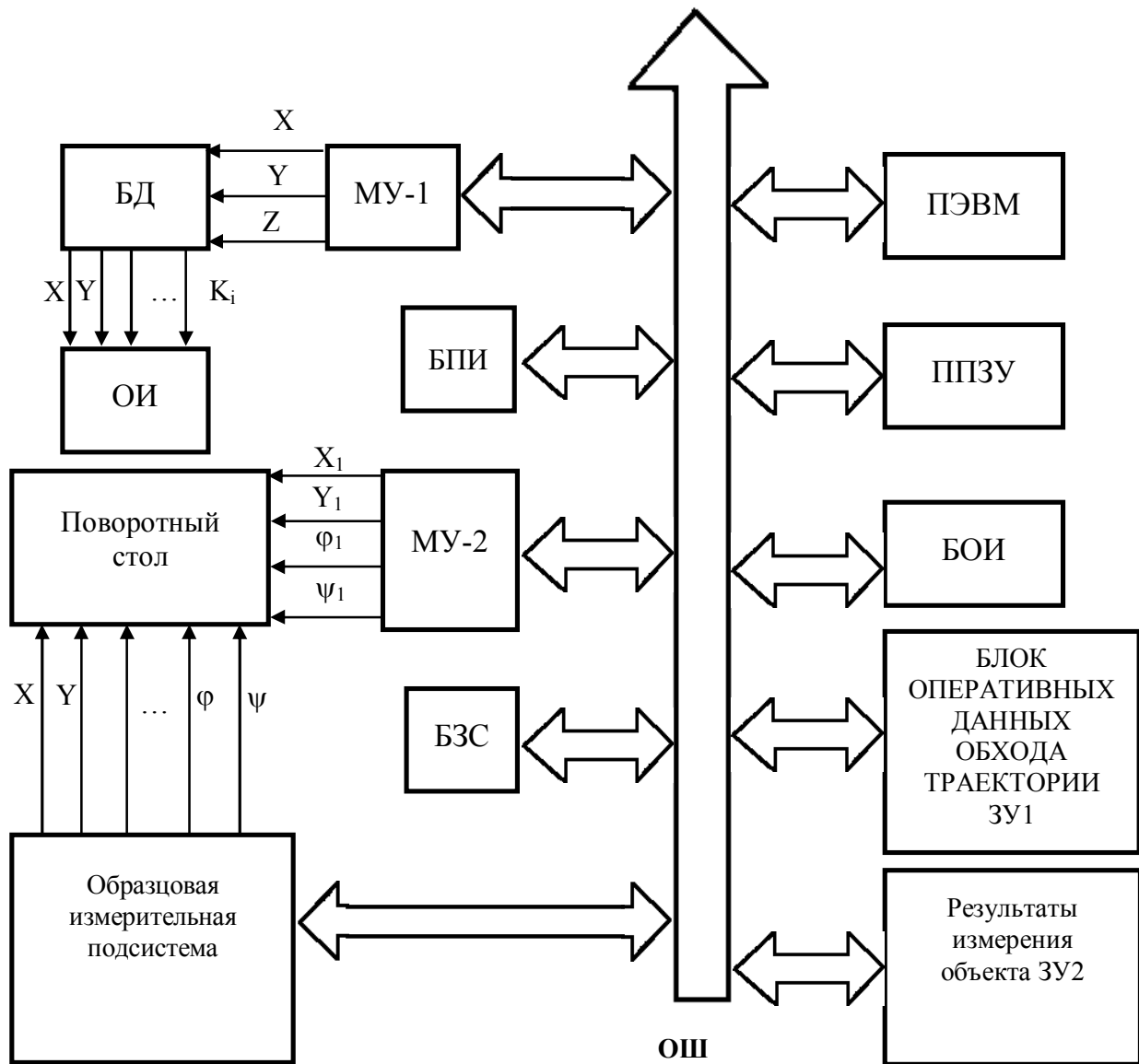


Рисунок 1 — Структура многофункциональной интегрированной измерительной системы

На рис.1 введены следующие обозначения:

- БД — блок датчиков; ОИ — объект измерения;
- МУ-1, МУ-2 — соответственно механизм управления измерительными головками и поворотным столом;
- БПИ — блок представления информации; БОИ — блок обработки информации;
- БЗС — блок звуковой сигнализации; ОШ — общая шина;
- ПЭВМ — персональная электронно-вычислительная машина;
- ППЗУ — постоянно программирующее запоминающее устройство;
- ЗУ1, ЗУ2 — соответственно оперативные данные обхода траектории и результаты измерения.

Центральным интегрирующим компонентом является система управления, на которую поступают сигналы с датчиков обратной связи от информационной системы через коммутационную систему. На входе системы управления автоматически формируются управляющие сигналы, подаваемые на вход манипуляционно-исполнительной подсистемы.

Эта система приводит в движение линейные двигатели с газовой смазкой на аэростатических опорах, рабочие органы, которой активно воздействуют на движение измерительной головки в соответствии с целями и задачами обхода детали по поверхности, получения любого сечения, а также визуализацию объекта измерения в трехмерном пространстве, включая отклонения от формы и расположения поверхностей.

Вычислительной базой для реализации интеллектуальной системы управления служат компьютеры с традиционной архитектурой, обеспечивающие массовый параллелизм при обработке информации, навигации и управления измерительным комплексом и робототехнической системы в реальном времени.

Совершенствование интеллектуальной интегрированной системы осуществляется за счет внедрения информационных технологий и вычислительных средств для реализации программного адаптивного интеллектуального управления

При помощи ИИСИГ можно получить информацию о данных в труднодоступных местах с большим быстродействием и со значительно меньшей стоимостью, чем при помощи других методов измерения. Данные о сложной пространственной поверхности, введенные в память ИИСИГ, будут в значительной степени способствовать как повышению точности определения координат детали, так и повышению эффективности проведения метрологических работ. Эффективность и точность измерений в свою очередь во многом определяется выбором чувствительного элемента (ЧЭ) ИИСИГ. В настоящее время одними из самых перспективных ЧЭ считаются датчики с индуктивными преобразователями [2, 3]. Построение и исследование ИИСИГ стало возможным благодаря развитию и широкому применению современной лазерной техники, метрологии, прикладной механики.

Исследования по созданию интеллектуальной интегрированной системы геометрических величин нового поколения основываются на применении высокоэффективных методов и средств решения задач измерения и включает в себя следующие направления:

- создание высокоскоростных помехозащищенных волоконно-оптических информационных каналов для обеспечения обмена большими объемами данных и массивами цифровых изображений;
- построение унифицированного системного программно-математического обеспечения с эффективным распределением задач между процессорными и интерфейсными модулями;
- создание единого информационного пространства и интегрированной адаптивной обработки информации;
- разработка высокоточных методов траекторного и оптимального управления в процессе измерения, в том числе на режимах сверхманевренности и экстремальных ситуаций;
- создание интегрированных программно-аппаратурных средств автоматического распознавания и идентификации объектов при помощи комплексной обработки изображений от разноспектральных обзорных датчиков и эталонных сигналов, хранящихся в банке данных;
- создание и внедрение технологии интеллектуальной поддержки оператора-метролога, позволяющее обеспечить эффективное роботизированное выполнение режимов измерения объектов.

В связи с возросшей необходимостью повышать точность и быстродействие определения сложных пространственных поверхностей с минимальной погрешностью проблема повышения точности и быстродействия КИМ является весьма актуальной, основной проблемой, стоящей перед разработчиком прецизионных ИИСИГ, является проблема повышения их точности и быстродействия. Повышение точности и быстродействия ИИСИГ является крупной научно-технической проблемой, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Решение задачи синтеза интеллектуального управления измерительной головкой при сканировании вдоль сложной пространственной поверхности.

На рис.2 представлена структура интеллектуальной системы управления движением механической частью ИИСИГ.

Рассмотрим механическую систему ИИСИГ, описываемую уравнениями Лагранжа [4, 5].

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i(q, \dot{q}, t) - H_i \text{sign}[\dot{q}_i - v_i(t)], \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где q — вектор-функция обобщенных координат, T — кинетическая энергия,

$$T = 1/2 \sum_{i=1}^n a_{ik}(q) \dot{q}_i \dot{q}_k. \quad (2)$$

Множество всех возможных движений рассматриваемой системы обозначим через Φ . Будем полагать, что Φ содержит любые вектор-функции $q(t) = \{q_1(t), \dots, q_n(t)\}$, которые удовлетворяют исходной системе, причем соответствующие управления $M_i^*(t)$:

$$M_i^*(t) = \left[\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} - Q_i(q, \dot{q}, t) \right]_{q=q^*(t)}, \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

должны быть допустимыми, т.е.

$$\Phi = \left(q^*(t) : |M_i^*(t)| \leq H_i, \quad t \geq 0, \quad i = \overline{1, n} \right). \quad (4)$$

В качестве невозмущенного движения системы рассмотрим функцию $f = q^*(t)$ из подмножества Φ_η^c множества Φ вида:

$$\Phi_\eta^c = \left(q^*(t) : |M_i^*(t)| \leq H_i - \eta, \quad |\dot{q}^*(t)| \leq c, \quad t \geq 0, \quad i = \overline{1, n} \right). \quad (5)$$

Параметр $\eta > 0$ этого множества может быть выбран достаточно малым, а $c > 0$ большим, $c < \infty$, $\eta < H_i$, $i = \overline{1, n}$.

В этом случае множество Φ_η^c допустимых движений практически совпадает с множеством возможных (физически реализуемых) движений Φ рассматриваемой ИИСИГ.

Задача синтеза законов управления системой понимается как задача построения такой единой обратной связи, которая обеспечивает изменения координат системы, в соответствии с заданной программой $q = q(t)$, причем движение $q = q^*(t)$ должно быть устойчивым в соответствующей замкнутой системе.

Целью интеллектуального управления системой является:

$$q_i = q_i^*(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где $q_i^*(t)$ — заданная программа изменения координат q_i .

Найдены условия, при выполнении которых система выходит на движение в скользящем режиме вида $\dot{q}_i = v_i(t)$, $i = \overline{1, n}$.

Если, например, $v_i(t) = q_i(t)$, то обеспечивается устойчивость движения $q = q^*(t)$ системы (1), т.е. обеспечивается устойчивость заданного программного движения механической системы.

Установлено, что при достаточно малых начальных отклонениях система (1) выходит на режим $\dot{q}_i = v_i(t)$ через конечный интервал времени $t = t_l$

$$|\dot{\xi}_i(t)| \equiv 0, \quad t > t_l, \quad i = \overline{1, n}, \quad \xi_i = q_i - q_i^*(t), \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

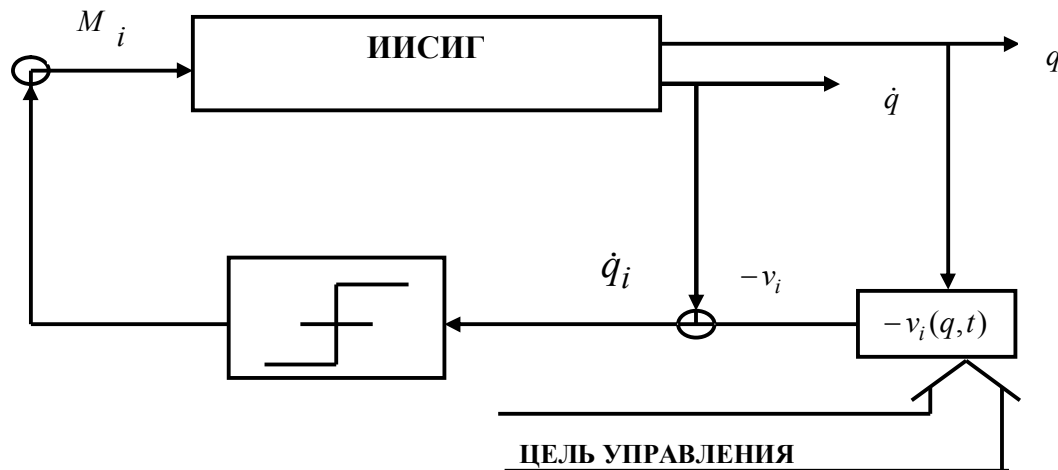


Рисунок 2 — Интеллектуальная система управления движениями ИИСИГ

На интервале $[0, t_i]$ отклонения ξ_i остаются малыми: $|\dot{\xi}_i(t)| \leq \varepsilon, t \leq t_1, i = \overline{1, n}$.

Поэтому отклонения по координатам ξ_i , также оказываются малыми:

$$|\xi_i(t)| \leq \varepsilon_1, \quad t \leq t_1, \quad i = \overline{1, n}, \quad |\xi_i(t)| \equiv \xi_i(t_1), \quad t > t_1, \quad i = \overline{1, n}.$$

Приведенные соотношения выражают прежде всего тот факт, что движение $q = q^*(t)$ системы (1) является устойчивым, причем по обобщенным скоростям \dot{q}_i (т.е. по части переменных) движение $q = q^*(t)$ системы является асимптотически устойчивым.

В связи с этим заметим, что обычно компенсация начальных отклонений в системе достигается только в асимптотике при неограниченном увеличении времени $t \rightarrow \infty$. Движение $q = q^*(t)$ системы (1) по части переменных обладает свойством сильной асимптотической устойчивости, когда отклонения компенсируются через конечный интервал времени.

Выводы. Разработана структура интеллектуальной интегрированной измерительной системы сложных пространственных поверхностей, которая вырабатывает управленческие решения по движению измерительной головки вдоль объекта измерения при действии дестабилизирующих факторов, а также определяет степень соответствия целям управления сложившихся состояний компонентов.

Литература

1. Фу К. Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. — М.: Мир, 1989. — 620 с.
2. Сососкин В.Л., Мартынов Г.М. Концепция числового программного управления мехатронными системами: архитектура систем PCNC // Мехатроника. — 2000. — №1. — С. 9–14.
3. Гапшис А.А., Каспарайтис А.Ю., М.Б. Модестов, Раманаускас З.А., Серков Н.А., Чудов В.А. Координатные измерительные машины и их применение — М.: Машиностроение.— 1988. —328 с.
4. Алехин Д.А., Буров Ю.Л., Лебедев Г.Н. и др. Новый тип обратных связей в интеллектуальной системе управления полетом. // Известия РАН. Теория и системы управления. — 1998. — №4. — С. 34–37.
5. Подураев Ю.В. Анализ и проектирование мехатронных систем на основе критерия функционально-структурной интеграции. Часть 1. Функционально-структурный подход к проектированию мехатронных систем // Мехатроника, автоматизация, управление. — 2002. — №4. — С. 6–11.