

изображений с матрицей размерностью 8×8 показали удовлетворительные результаты совпадения экспериментальных коэффициентов с теоретическими; как было показано, наибольшее влияние на разброс коэффициентов оказывает разброс чувствительности фоточеек матрицы. При использовании интегральных матриц с меньшим разбросом чувствительности полученные результаты дают основание считать макет системы работоспособным для широкого класса изображений.

Л и т е р а т у р а

1. Эндрус Г. Применение вычислительных машин для обработки изображений: Пер. с англ./Под ред. Б.Ф. Курьянова. - М.: Энергия, 1977.
2. Обработка изображений и цифровая фильтрация /Под ред. Т.Хуанга. - М.: Мир, 1979.
3. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. - М.: Сов. радио, 1979.
4. Берковская К.Ф., Григорьев Г.К., Кириллова Н.В., Муратиков К.Л., Подласкин Б.Г. Возможности реализации адамаровского спектроанализатора на фотоприемном устройстве типа "маскон". - В кн.: Оптическая обработка информации. - Л.: Наука, 1978, с. 147-164.
5. Гогин Н.Д. Преобразование Адамара и сдвиг изображения. - Автометрия, 1979, № 2, с. 26-30.
6. Гогин Н.Д. Преобразование Адамара и увеличение масштаба сигнала. - Автометрия, 1980, № 6, с. 112-115.

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ АСНИ

УДК 681.3

Е.Ю.Арефьев, Е.С.Живописцев, С.Б.Попов,
И.Н.Сисякян, В.А.Сойфер

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА БАЗЕ
МИКРО-ЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА-60"

(г г . Москва, Куйбышев)

Одним из наиболее актуальных направлений развития физики и техники является автоматизация контроля оптических поверхностей

Успехи в этой области способны обеспечить решение широкого круга задач астрономии, энергетики, технологии обработки материалов и т.д.

Наиболее распространенным методом контроля оптических поверхностей является теневой метод [1]. Основной недостаток классического теневого метода Фуко заключается в том, что метод — качественный.

Модификация, предложенная М.Фильбером [2], позволяет получить количественную информацию об ошибках исследуемой поверхности (обычно зеркала), далее теневая картина обрабатывается с применением аналоговой техники, но в данном случае это приводит к недостаткам:

неудовлетворительной точности обработки;

длительному и трудоемкому процессу получения итогового результата карты нормальных ошибок поверхности.

При построении карты ошибок переходят к цифровой форме представления информации, причем делается это вручную. Целесообразно всю обработку теневых картин производить в цифровом виде. При этом существенно повышается точность обработки, появляются новые возможности: воздействия человека на процесс обработки; обоснованного выбора элементов сферы сравнения; автоматизированного построения карты нормальных ошибок поверхности.

Предлагается следующая методика цифровой обработки теневых картин, получаемых при контроле оптических поверхностей (в частности, зеркал).

Теневая картина представляется в виде набора значений (в относительных единицах) тангенциальных ошибок (поперечных аберраций) точек диаметральных сечений.

$$t_{ki} = \tau_k(x_i), \quad i = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m},$$

где $0 \leq x_i \leq D$, D — диаметр зеркала. Эти сечения, перпендикулярные к кромке ножа оптического прибора, расположены через одинаковые углы и покрывают всю поверхность исследуемого зеркала. Такой метод снятия информации выбран потому, что теневая картина вне диаметрального сечения несет в себе информацию лишь о составляющей вектора аберраций, перпендикулярной кромке ножа. Выбор системы параллельных сечений, полученных при двух взаимно перпендикулярных положениях оптического ножа, усложняет вычисление нормальных уклонов.

Рассмотрим алгоритм обработки одного (любого) диаметрального сечения $\{t_{ki}\}_{i=0, \overline{n}}$.

Для получения профиля нормальных уклонений следует:
 проинтегрировать тангенциальный профиль;
 выбрать оптимальную сферу сравнения и перейти к ней;
 масштабировать.

Указанные преобразования реализуются посредством вычислительной процедуры: 1-е и 2-е вычисления нормального профиля в относительных единицах производятся по формуле

$$N_{ki} = \sum_{e=0}^i t_{ke} - ai^2 - bi - c, \quad i = \overline{0, n},$$

где a, b, c — коэффициенты перехода к оптимальной сфере сравнения, которые вычисляются по формулам

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{2}{n^2} \left(\sum_{e=1/2}^n t_{ke} - \sum_{e=1}^{n/2} t_{ke} \right); \\ b &= \frac{1}{n} \left(3 \sum_{e=1}^{n/2} t_{ke} - \sum_{e=1/2}^n t_{ke} \right); \\ c &= t_{k0}. \end{aligned} \right\}$$

Осуществляется масштабирование и вычисление нормальных отклонений для каждого из m сечений

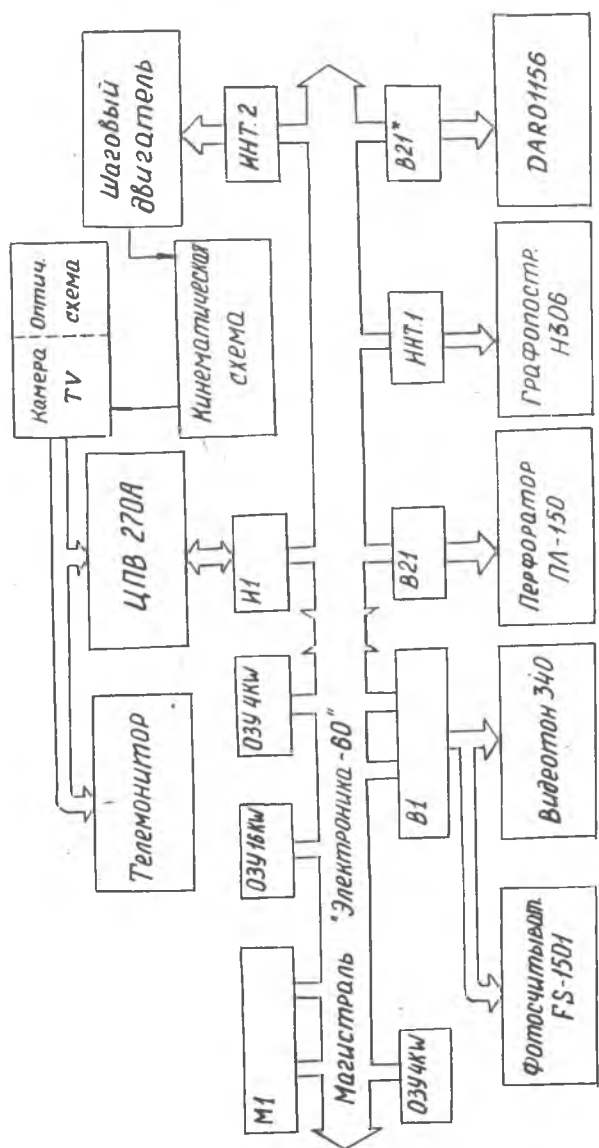
$$N_{ki} = M N_{ki}, \quad i = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m},$$

где M — масштабный множитель, который вычисляется экспериментальным путем [2]. Массив N_{ki} — значений нормальных ошибок в узлах полярной решетки является исходным для построения карты поверхности по разработанному алгоритму.

Эта методика положена в основу построения автоматизированной системы технологического контроля оптических поверхностей, схема которой приведена на рис.1.

Эта система состоит из : микро-ЭВМ "Электроника-60" с увеличенным объемом оперативной памяти; оптической системы с телевизионной установкой; цифрового преобразователя видеосигналов (ЦПВ) Video Digitizer 270 А [3]; графопостроителя; периферийных устройств ЭВМ.

Оптическая система предназначена для получения набора профилей поперечных aberrаций различных диаметральных сечений. Переход от одного сечения к другому осуществляется через мнимый поворот оптической поверхности, т.е. вращается не сама поверхность, а оптическая система: прямоугольная щель осветителя, нож и телекамера. Теневая картина строится на видиконе телекамеры, объектив которой



Р и с. 1. Структурная схема автоматизированной системы технического контроля оптических поверхностей

фокусируется на исследуемую поверхность. Строчная развертка передающей трубки устанавливается перпендикулярно кромке ножа Фуко. От телекамеры видеосигнал одновременно поступает на видеомонитор и ЦПВ. Видеомонитор необходим для настройки оптической системы. ЦПВ преобразует значение яркости одной из точек телевизионного раstra в цифровую форму. Поле телевизионного изображения имеет 480 строк по 512 элементов; значения яркости кодируются одним байтом. Координаты выбираемой точки задает ЭВМ.

Важнейшей частью данной системы автоматизации является математическое обеспечение, реализующее полную обработку теневых картин: от ввода данных до построения карты ошибок на графопостроителе. Математическое обеспечение состоит из системы *QUASIC* для программирования на мини-ЭВМ [4] и пакета прикладных программ (ППП) обработки теневых картин, написанного на языке этой системы.

Выбор системы *QUASIC* определили следующие условия:
простота программирования, отладки;
быстродействие;
возможность программирования на физическом уровне.

ППП обработки теневых картин разработан на основе предложенной выше методики. В состав пакета входят:

- основная программа диалога;
- программа ввода выбранной строки изображения;
- программа вычисления нормальных ошибок строки;
- программа определения масштаба нормальных уклонений;
- программа построения карты нормальных ошибок поверхности;
- сервисные программы графиков.

Система *QUASIC* занимает в ОЗУ 7,5 К слов, программы пакета — 2 К слов, массив данных — 9 К слов. Свободная память может быть использована для увеличения количества вводимых сечений, расширения возможностей пакета. Контроль одного зеркала занимает около 26 минут, причем время обработки всего массива данных пренебрежимо мало по сравнению с вводом теневой картины (21 минута) и вычерчиванием карты нормальных ошибок (5 минут).

Описанная автоматизированная система технологического контроля оптических поверхностей создана и работает в Физическом институте АН СССР имени П.Н.Лебедева.

Л и т е р а т у р а

1. Витриченко Э.А. Методы исследования астрономической оптики. —М.: Наука, 1980.

2. M. Philbee. Procédé analogique associé à la méthode de Foucault pour la détermination rapide du profil d'une surface d'onde par voie électronique. *Optica Acta*, 1967, v.14, №2, p. 169-181.

3. *Instruction manual model 270A video digitizer. USA, Colorado Video, Inc., 1977.*

4. Подольский Л.И. Система *QUASIC* для программирования на мини-ЭВМ.— Пущино, НИЦ АН СССР, 1980.

УДК 681.518.3:550.361

В.Г.Матвеев, А.А.Новиков, А.А.Рот

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА НА БАЗЕ МИКРО-ЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА-60"

(г. Куйбышев)

Изучение тепловых потоков, характеризующих энергетическую сторону процессов, происходящих в недрах литосферы, представляет существенный интерес для понимания геодинамики материков и дна океанов и занимает не последнее место при поисках полезных ископаемых, скрытых многокилометровой толщей вод океана.

В настоящее время при морских геотермических исследованиях наиболее широкое распространение получили автономные погружные зонды, среди которых следует выделить зонд системы "Альпайн", зонд Хэнела и отечественный погружной термоградиентограф ПТГ-ЗМТ [1].

Обширные районы исследования, проведение измерений в экспедиционных условиях на научно-исследовательских судах обуславливают определенные требования, предъявляемые к конструкции зонда, первичным преобразователям, вторичной аппаратуре. Наиболее важные из них:

1. Высокая достоверность результатов измерения.