

# ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТОЧЕЧНОГО И ЛИНЕЙНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА ЦЕНТРОИДАЛЬНЫМИ АЛГОРИТМАМИ

**В. И. Замятин, С. А. Отморский**

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова  
г. Барнаул

Развитие микро- и нанометрических технологий предъявляет весьма жесткие требования к точности измерения перемещений узлов механизмов, машин и приборов и требует создания новых типов датчиков перемещений, имеющих невысокую цену, небольшие размеры и обладающих высокой разрешающей способностью и точностью. Датчики и измерители малых перемещений и колебаний являются составными частями многих современных прецизионных автоматизированных и измерительных устройств, используются при производстве специализированных станков и научных приборов, широко применяются в таких областях как робототехника, строительство, машиностроение, производство печатных плат, промышленная техника измерения и регулирования, приборостроение и многих других областях науки и техники.

Измерение координаты световой линии на фоточувствительной поверхности матрицы в условиях низкого отношения сигнал/шум существенно уменьшает погрешности приборов. Измерительный прибор реализуется на серийных видеокамерах или фотоаппаратах и светового шнура, выполняющего роль источника излучения, в форме линии. Цифровая обработка видеоинформации позволяет отбрасывать результаты грубых промахов в строках изображения, вводить весовые коэффициенты для каждого вычисления координаты в строке, что повышает помехоустойчивость измерений.

Изображения, получаемые фоточувствительной матрицей, генерировались средствами трехмерного моделирования. Моделировались точечный источник излучения и световой шнур [1]. Применялись следующие виды алгоритмов вычисления координаты источника излучения на фоточувствительной поверхности матрицы.

1. Центроидальный алгоритм вычисления координаты  $X_c$  в строке с максимальной амплитудой видеосигнала:

$$X_c = \frac{\sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}} \times X_{m-k}}{\sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}}}$$

где  $X_{m-k}$  – координата центра ячейки по оси  $X$ , амплитуда которой равна  $A_{x_{m-k}}$ ;  $n$  – количество ячеек, используемых для вычислений [2].

Гистограмма строки видеосигнала должна соответствовать нормальному закону распределения энергии излучения.

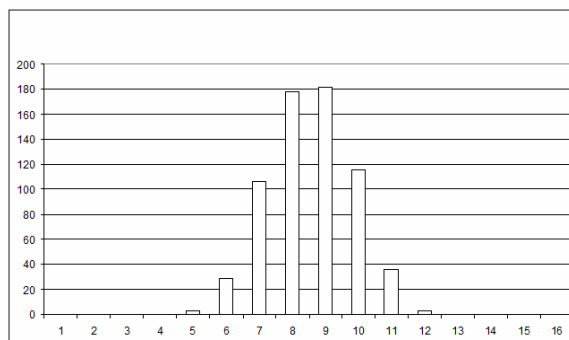


Рисунок 1 – гистограмма строки видеосигнала

Нелинейность пеленгационной характеристики составила 0,03 пикселя.

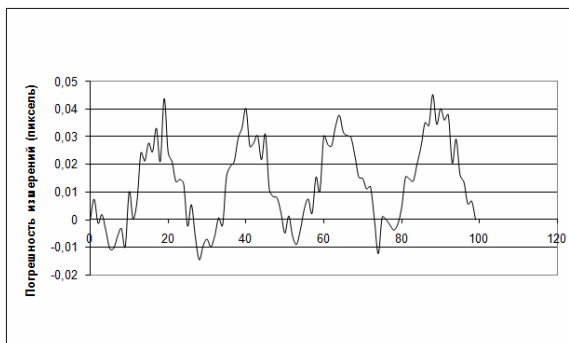


Рисунок 2 – Нелинейность пеленгационной характеристики центроидального алгоритма вычисления координаты  $X_c$ .  
Отношение сигнал/шум 160

2. Центроидальный алгоритм со сложением амплитуд нескольких строк видеосигнала

$$X_c = \frac{\sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}} \times X_{m-k}}{\sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}}},$$

где  $A_{x_{m-k}} = (\sum_{i=-p}^p A_i) / p$  – сумма амплитуд

строк выше и ниже строки с максимальной амплитудой  $p$  – количество строк [2].

Алгоритм позволяет уменьшить систематическую и случайную составляющие погрешности в  $\sqrt{p}$  раз.

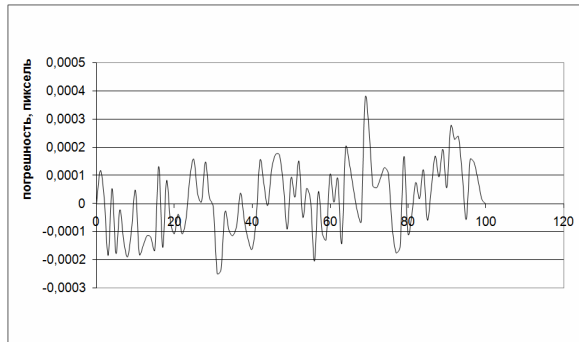


Рисунок 3 – Нелинейность пеленгационной характеристики центроидального алгоритма со сложением амплитуд нескольких строк видеосигнала. Отношение сигнал/шум 160, число строк 4000

3. Центроидальный алгоритм со сложением амплитуд нескольких строк с учетом весовых коэффициентов

$$X_c = \frac{\sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}} \times X_{m-k}}{\sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}}},$$

где  $A_{x_{m-k}} = \sum_{i=-p}^p A_i \times (A_i / A_{sum})$ ;

$$A_{sum} = \sum_{i=-p}^p A_i;$$

где  $A_i$  – амплитуды ячеек строк выше и ниже строки с максимальной амплитудой

Нелинейность пеленгационной характеристики во всех случаях определялась алгоритмической погрешностью [2].

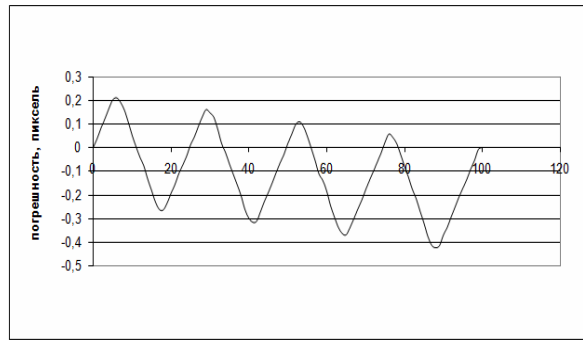


Рисунок 4 – Алгоритмическая погрешность

Погрешность алгоритма снижалась при обработке  $N$  строк.

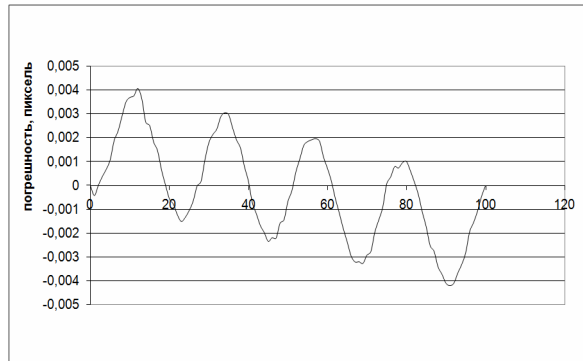


Рисунок 5 – Погрешность центроидального алгоритма со сложением амплитуд нескольких строк с учетом весовых коэффициентов при использовании 4000 строк, отношение сигнал/шум 160

4. Центроидальный алгоритм со сложением координат источника излучения в нескольких строках

$$X_c = (\sum_{i=-p}^p X_i) / p$$

где  $X_i = \sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}} \times X_{m-k} / \sum_{k=-n}^n A_{x_{m-k}}$ ,  $X_{m-k}$  – координата центра ячейки по оси  $X$  в строке  $i$ , амплитуда которой равна  $A_{x_{m-k}}$ ;  $p$  – количество строк.

Погрешность измерения координаты линии при отношении сигнал/шум 3 уменьшилась в  $\sqrt{p}$  раз [2].

Применение статистических методов обработки видеoinформации в приборах контроля координат излучения позволяет улучшить метрологические характеристики в широком диапазоне работы.

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТОЧЕЧНОГО И ЛИНЕЙНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА ЦЕНТРОИДАЛЬНЫМИ АЛГОРИТМАМИ

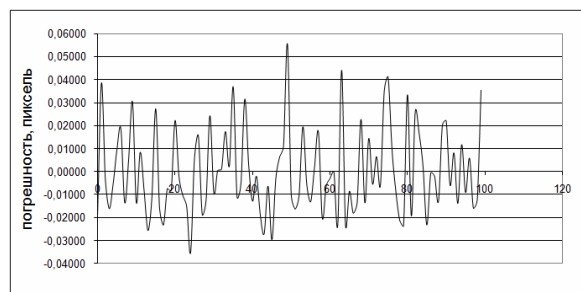


Рисунок 6 – Случайная составляющая результатов измерений для отношения сигнал/шум 3

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замятин В.И. Моделирование приборов контроля перемещения источника излучения на фоточувствительной матрице/ В.И. Замятин, С.А. Отморский// Измерение, контроль, информатизация. – Барнаул, 2010.
2. Замятин В.И. Центроидальные алгоритмы контроля координаты точечного источника излучения на основе светочувствительной матрицы/ В.И. Замятин, С.А. Отморский// Измерение, контроль, информатизация. – Барнаул, 2010.