

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

– предложенная в докладе структура оптоволоконного датчика может найти применение для контроля биения валов в мощных гидрогенераторах при воздействии сильных электромагнитных полей;

– для предложенной структуры датчика целесообразно определить порог чувствительности и разрешающую способность в зависимости от частоты модуляции зондирующего излучения; проанализировать основные погрешности, возникающие в структуре датчика, с целью реализации способов их компенсации.

1. Левицкий А.С., Федоренко Г.М., Грубой О.П. Контроль состояния мощных гидро- и турбогенераторов с помощью емкостных измерителей параметров механических дефектов. – Киев: ИЭД НАН Украины, 2011. – 242 с.
2. Eddy Current Displacement Transducer Specifications PR 6423. Application note
3. VibraWatch. Vibration Monitoring System. Application note
4. On-line Monitoring of Hydro Generating Units for Optimized Operation and Maintenance. Application note.
5. Зайцев Е. А. Самокорректирующиеся электронные преобразователи для лазерных измерителей перемещений и вибраций [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.05 / Зайцев Е. А.; Нац. акад. наук Украины, ИЭД. – Киев, 2011. – 165 с.
6. Michalzik R., Ebeling K. J. Operating principles of VCSELs // Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Devices. – Springer Berlin Heidelberg, 2003. – С. 53-98.
7. Зайцев Е.А. Исследование погрешности установки частоты синтезаторов частотно-фазовых систем с использованием LABVIEW// Технічна електродинаміка. -2014.- №2. - с. 84-88.

УДК 621.792.4

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Зайцева Е.Г., Кислюк А.А., Ларионова Т.О.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время в связи с расширившимися возможностями в области записи и воспроизведения объемного изображения возросла и потребность в использовании такого вида информации в научной и технической сферах. В данном случае с точки зрения высокой точности представления информации очевидны высокие требования к качеству изображения.

Обзор и оценка известных методов подробно рассмотрены в [1, 2]. Из них наиболее точным является голографический метод, но в силу определенных технических и эргономических проблем его использование в настоящее время ограничено. Стереоскопические системы независимо от способа технической реализации при наблюдении с близких расстояний неблагоприятно влияют на нервную систему, вызывая повышенную утомляемость. Поэтому представляет интерес применение метода, называемого «интегральная фотография», но на основе цифровых, а не аналоговых преобразователей «свет-сигнал» и «сигнал-свет».

Результаты теоретического и экспериментального исследований традиционного метода интегральной фотографии с использованием аналогового преобразователя (фотопластинки) рассмотрены в [3]. Замена фотопластинки на цифровые преобразователи в виде светочувствительной матрицы и дисплея, состоящих из отдельных элементов, привела к возникновению двух дополнительных процессов дискретизации (при съемке и воспроизведении), что создало возможность появления новых видов искажений.

Источникам искажений, не связанных с дискретной структурой преобразователя, является отсутствие ограничения поля зрения линзовых элементов. В [4] были обоснованы требования к количеству ракурсов воспроизводимого объекта при использовании интегрального метода на основании условия отсутствия искажений изображения при использовании линзовых элементов без ограничения их поля зрения. При этом допускалось, что точка А (см. рис. 1), чье изображение формируется (назовем ее центральной), располагалась на перпендикуляре к оси матрицы, проходящем через центр пересечения осей симметрии преобразователя. Назовем этот центр центром матрицы. В этом случае формула для расчета максимального количества ракурсов  $n_{\max}$  в заданном направлении имела вид

$$n_{\max} = \frac{z - F}{F} + 1$$

для четного числа кадров на матрице и

$$n_{\max} = \frac{z - F}{F},$$

где  $z$  – расстояние от точки А до плоскости линзовой матрицы,  $F$  – фокусное расстояние линзы.

Из этих формул очевидно, что для точек лежащих на оси, проходящей через центр матрицы, максимальное число возможных ракурсов растет с расстоянием между матрицей и объектом и падает с ростом фокусного расстояния линзовых элементов.



- Jung-Young (Eds.) – Mode of access: <https://www.springer.com/us/book/9780387793344> – Date of acces: 04.09.2016.
3. Дудников. Ю.А. Растровые системы для получения объемных изображений / Ю.А.Дудников, Б.К.Рожков. – Л.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
4. Зайцева, Е.Г., Кислю, А.А. Определение количества ракурсов при записи и воспроизведении объемного изображения // 9-я Международная научно-техническая конференция «Приборостроение–2016». – Минск: БНТУ, 2016. – 60–61

УДК 621.375.826

## ВЛИЯНИЕ ДИСТОРЦИИ ОБЪЕКТИВОВ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ

Козлов В. Л., Шмигирев Е. Ф.

*Белорусский государственный университет*

*Минск, Республика Беларусь*

Одним из основных источников измерительных ошибок при восстановлении дальности по анализу цифрового изображения являются искажения, вызванные оптической системой стереокамеры, главным образом дисторсией. Дисторсия – это aberrация оптических систем, при которой коэффициент линейного увеличения изменяется по полю зрения объектива. При этом нарушается геометрическое подобие между объектом и его изображением. Оптические искажения, вносимые линзой на фотоприемную матрицу, подразделяются на два вида: радиальные и тангенциальные. Радиальные искажения возникают из-за того, что физическая линза имеет неправильную форму. Например, в некоторых камерах используют не параболические, а сферические линзы, которые проще в изготовлении. В результате возникают искажения изображения, усиливающиеся от центра к краям. Тангенциальные искажения возникают из-за того, что линза в камере расположена не параллельно плоскости матрицы [1].

Наиболее распространенным способом компенсации дисторсии камеры является предварительная калибровка с использованием специального калибровочного объекта, помещаемого в поле зрения камеры [2]. В качестве калибровочного объекта может выступать как периодическая структура, так и случайная текстура с определенными статистическими свойствами. Также находят свое применение и методы, не требующие специального калибровочного объекта, но использующие несколько зарегистрированных изображений одной и той же сцены. Такие методы опираются на априорную информацию о геометрии сцены и решают задачу калибровки с учетом ограничений эпиполярной геометрии [3]. Однако в литературных источниках не приводятся результаты исследований по анализу влияния дисторсии на точность измерения расстояний по стереоизображению, а также не разработаны методики учета и компенсации влияния этого параметра на точность измерений.

Для анализа оптических искажений объективов фотокамер было разработано программное приложение, позволяющее наглядно показать характер искажений и определить коэффициенты полинома, компенсирующего оптические искажения. Были проведены экспериментальные исследования оптических искажений следующих объективов и фотокамер:

- Canon EOS 1100D (с объективом EFS 18-55);
- Nikon D3200 (с объективами AF-SDX NIKKOR 18-55; AF-S NIKKOR 18-105; TAMRON AF 70-300);
- Canon PowerShot A550;
- Fujifilm FinePix Real 3D W3.

Выбор в качестве объекта исследования серийно выпускаемой 3D-фотокамеры Fujifilm FinePix Real 3D обусловлен тем, что она используется в качестве компактного решения аппаратной части дальномера на основе корреляционного анализа цифровых изображений [4]. На рисунках приведены результаты измерения оптических искажений объективов фотокамер Canon EOS 1100D и Fujifilm FinePix Real 3D. В горизонтальной плоскости по осям  $OX$  и  $OY$  приведены координаты точки на фотоприемной матрице, а по вертикальной оси приведена величина оптических искажений в пикселях для данной точки по оси  $OX$ .

Экспериментальные исследования показали, что оптические искажения исследуемых объективов Canon и Nikon можно успешно аппроксимировать известными формулами [1-3]. Скорректированные точки для радиальных искажений можно получить с помощью следующих выражений:

$$x_{corrected} = x(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6),$$

$$y_{corrected} = y(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6),$$

где  $(x, y)$  – координаты точки исходного изображения,  $r$  – удаленность точки от оптического центра линзы.