

А. М. АЛЕЕВ, А. А. ГОРБАЧЁВ, В. В. КОРОТАЕВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ПОСТРОЕНИЯ БАЗОВОГО БЛОКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРОГИБОМЕРА

Рассмотрены три возможные схемы построения базового блока двухканального оптико-электронного прогибомера: две с призмными системами и одной видеокамерой, а также схема с двумя противоположно направленными видеокамерами. Исследована чувствительность схем к поворотам базового блока.

**Ключевые слова:** прогиб, прогибомер оптико-электронный, двухканальная оптико-электронная система.

**Введение.** Оптико-электронный прогибомер предназначен для контроля продольной деформации (прогиба) таких протяженных сооружений и конструкций, как плавучие доки, мосты, плотины. Прогибомер представляет собой двухканальную оптико-электронную систему (рис. 1, а), основными элементами которой являются базовый блок (ББ), регистрирующий вертикальные смещения двух диаметрально расположенных контрольных элементов (КЭ). На рис. 1, б представлено возможное расположение прогибомера на плавучем доке.

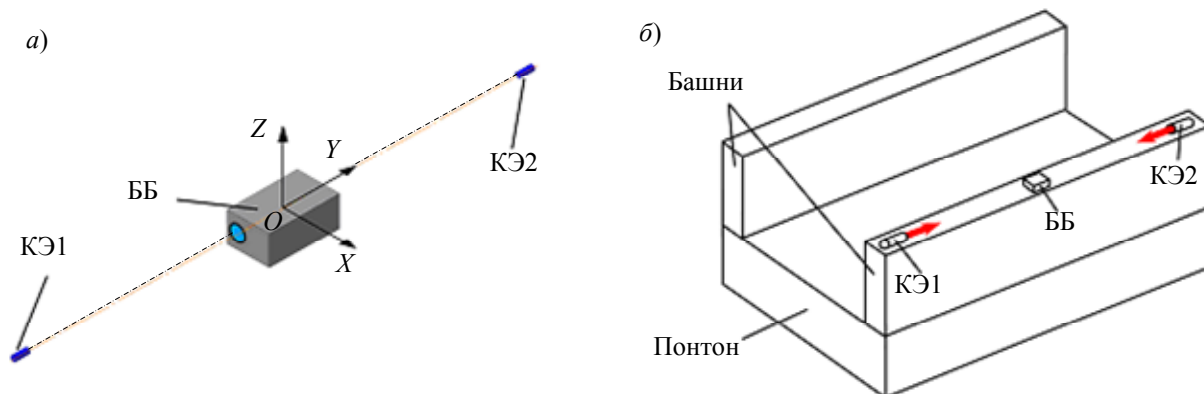


Рис. 1

Одним из важных параметров базового блока является его чувствительность к поворотам, которую следует учитывать при настройке базового блока во время монтажа прогибомера. Кроме того, этот параметр позволяет оценить влияние поворотов блока в процессе эксплуатации (например, в результате тепловых воздействий) на погрешность определения прогиба. В настоящей работе описаны три возможные схемы построения базового блока и по результатам экспериментального исследования оценена их чувствительность к поворотам ББ.

**Исследование схем построения базового блока.** Схема построения базового блока может быть реализована в нескольких вариантах, различающихся количеством используемых видеокамер и наличием или отсутствием системы отклонения лучей [1, 2].

Система отклонения лучей (СОЛ), входящая в состав базового блока, может быть построена с использованием зеркальных и призмённых систем. Плоские зеркала и зеркальные системы обычно применяются в тех случаях, когда велики поперечные габаритные размеры хода лучей в месте расположения отражающих элементов, требуются малая масса оптической системы, отсутствие хроматизма и малые светопотери в широкой области спектра. Когда необходима наименьшая расстраиваемость отражательных элементов, расположенных в узком сечении световых лучей, целесообразно применять призмы и призмённые системы [3].

На кафедре оптико-электронных приборов и систем НИУ ИТМО были проведены экспериментальные исследования трех вариантов построения базового блока:

- 1) одна видеокамера, содержащая матричный приемник оптического излучения (ПОИ) и объектив (Об), с СОЛ в виде светоделительной призмы (рис. 2, а);
- 2) одна видеокамера с СОЛ в виде призмы AP-90 и пентапризмы с крышкой (рис. 2, б);
- 3) две противоположно направленные видеокамеры (рис. 2, в).

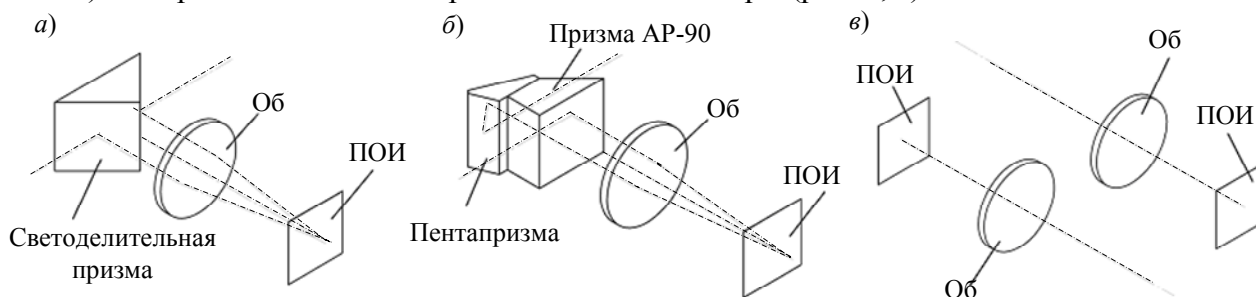


Рис. 2

При проведении эксперимента в качестве ПОИ были задействованы видеокамеры ВЕС-545 (ООО „ЭВС“, Санкт-Петербург) с объективами с фокусным расстоянием  $f'=12,5$  мм. В качестве контрольных элементов использованы инфракрасные излучающие диоды Kingbright L-53SF6C ( $\lambda_{\max} = 860$  нм). Расстояние от ББ до КЭ в каждом канале — 2,8 м.

Эксперимент проводился по следующей методике. При последовательном повороте базового блока относительно осей  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  (рис. 1, а) для каждого из трех вариантов построения ББ захватывались кадры с изображениями КЭ. Обработка полученных кадров включала поиск энергетических центров изображений КЭ и определение величины их смещения в каждом из каналов в зависимости от угла поворота ББ. Результаты исследования представлены в таблице.

Схема построения	Чувствительность, мкм/град, при повороте относительно оси		
	$OX$	$OY$	$OZ$
Рис. 2, а	862	58	8
Рис. 2, б	877	50	8
Рис. 2, в	927	25	31

Чувствительность всех исследуемых схем сходным образом изменяется в зависимости от оси поворота базового блока. Незначительное отличие наблюдается в схеме с двумя видеокамерами, чувствительность которой при повороте относительно оси  $OY$  ниже, чем при повороте относительно оси  $OZ$ . Значения чувствительности к поворотам для исследуемых схем несущественно различаются, что позволяет сделать вывод об эффективности использования в прогибомере схемы с двумя противоположно направленными камерами. Данная схема проще и экономичнее в изготовлении, а также обладает возможностью независимой настройки измерительных каналов, что позволяет размещать контрольные элементы на различном расстоянии от базового блока.

Наибольшей чувствительностью каждая из трех рассматриваемых схем обладает при поворотах базового блока относительно оси  $OX$ . Данное обстоятельство обуславливает по-

вышенные требования к стабилизации положения ББ в процессе эксплуатации, особенно для исключения поворота блока относительно оси  $OX$ , так как смещение изображений КЭ в этом случае вносит существенную погрешность в измеренную величину прогиба.

**Заключение.** Исследование трех возможных схем базового блока оптико-электронного прогибомера (двух с одной видеокамерой и призменными системами, одну с двумя противоположно направленными видеокамерами) показало их сходную чувствительность к поворотам блока. Таким образом, явным преимуществом обладает более экономичная схема с двумя камерами, особенно в случае различной дистанции от базового блока до контрольных элементов.

Работа осуществлялась при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям РФ в рамках аналитической ведомственной целевой программы „Развитие научного потенциала высшей школы (2009—2010 годы)“ и федеральной целевой программы „Научные и научно-педагогические кадры инновационной России“ на 2009—2013 гг.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбачев А. А., Коняхин И. А., Тимофеев А. Н. Построение инвариантных оптических схем оптико-электронных систем с сопряженным матричным полем анализа // Изв. вузов. Приборостроение. 2007. Т. 50, № 10. С. 54—58.
2. Горбачев А. А., Коняхин И. А., Мусяков В. Л., Тимофеев А. Н. Исследование особенностей построения инвариантных оптико-электронных систем с единым матричным полем анализа // Оптик. журн. 2007. Т. 74, № 12. С. 24—29.
3. Погарев Г. В. Юстировка оптических приборов. Л.: Машиностроение, 1982. 237 с.

#### *Сведения об авторах*

- Алексей Муратович Алеев** — Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем; инженер 2-й категории;  
E-mail: lexmaister@yandex.ru
- Алексей Александрович Горбачёв** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;  
E-mail: gorbachev@grv.ifmo.ru
- Валерий Викторович Коротяев** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;  
E-mail: korotaev@grv.ifmo.ru

Рекомендована факультетом ОИСТ

Поступила в редакцию  
25.11.11 г.