

- Андрей Владимирович Краснящих** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;
E-mail: crus@mail.ru
- Олег Юрьевич Лашманов** — аспирант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;
E-mail: o.lashmanov@gmail.com

Рекомендована кафедрой
оптико-электронных приборов
и систем

Поступила в редакцию
07.02.13 г.

УДК 681.78

А. А. ГОРБАЧЁВ, В. В. КОРОТАЕВ, Е. Н. ПАНТЮШИНА

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА
КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПОРШНЯ В КЛАПАНЕ**

Рассматривается принцип построения оптико-электронной системы, предназначенной для контроля поперечных перемещений поршня в клапане. Представлены результаты испытаний поршня в лабораторных условиях.

Ключевые слова: оптико-электронная система, бесконтактное измерение, анализ изображений, контроль перемещений.

При функционировании подвижных элементов оборудования, например поршня в клапане, золотника в вентиле, поршней цилиндров в двигателе внутреннего сгорания и т. д., часто возникает необходимость проверки их работоспособности. Обычно подвижные элементы располагаются в труднодоступных местах и проконтролировать их работу контактным способом во время движения не представляется возможным. Использование в таких ситуациях оптико-электронных приборов и систем позволяет наблюдать за протекающими процессами в реальном времени, автоматизировать процесс снятия данных, реализовать оперативное и точное измерение линейных перемещений объекта бесконтактным способом и повысить, таким образом, достоверность получаемых результатов.

Бесконтактное измерение поперечных смещений можно реализовать с помощью законов геометрической и физической оптики. Однако использование законов физической оптики нецелесообразно, поскольку при подобных измерениях не требуется высокая (до единиц и десятков длин волн) точность. Кроме того, фиксация смещений интерференционной картины при перемещениях элементов объекта с ускорением, превышающим $0,1 \text{ м/с}^2$, требует использования дорогой высокоскоростной видеокамеры. Для динамической системы относительная погрешность может составлять 1 % от величины перемещений клапана (диапазон перемещений составляет единицы-десятки миллиметров), поэтому для создания таких оптико-электронных систем целесообразно использовать законы геометрической оптики [1].

На кафедре оптико-электронных приборов и систем НИУ ИТМО была разработана оптико-электронная система (ОЭС), принцип работы которой основан на анализе совокупности изображений. Конструктивная схема ОЭС, предназначенной для измерения поперечных линейных смещений поршня в клапане, представлена на рис. 1. Контроль положения поршня 4

в клапане 3 осуществляется в видеоблоке 1 с помощью метки 2, жестко закрепленной на поршне.

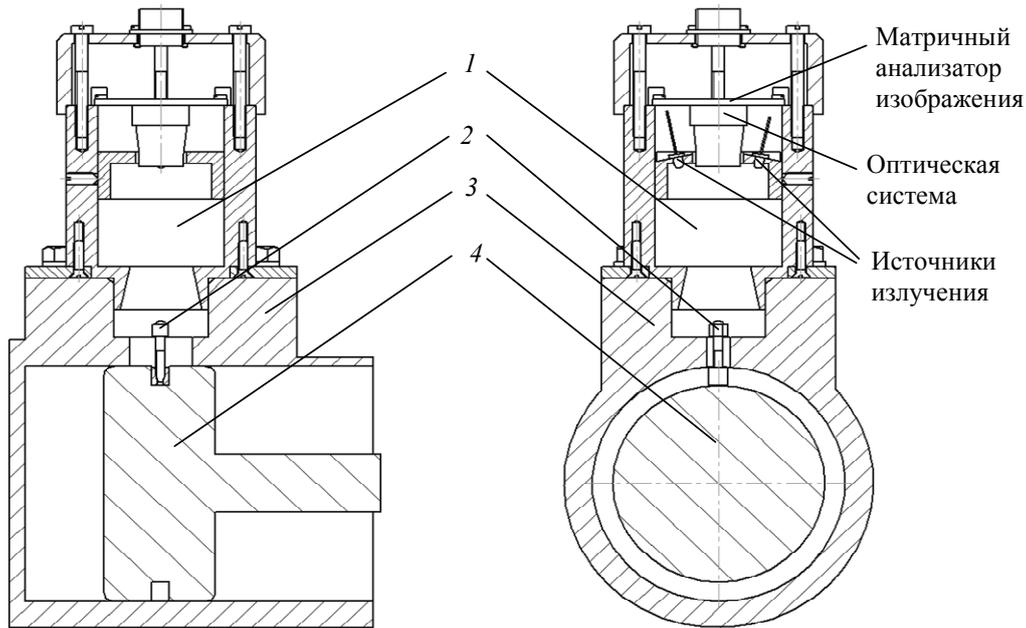


Рис. 1

Возможны два вида меток: активная и пассивная.

Активная метка представляет собой источник излучения — полупроводниковый лазер или диод. Напряжение питания можно подводить как от аккумуляторных батарей, так и по проводам. Ограниченные габаритные размеры метки и использование аккумуляторных батарей приводит к усложнению конструкции крепления самой метки. К тому же время работы источника при питании от аккумуляторных батарей мало по сравнению с общим циклом измерений. С другой стороны, использование проводов усложняет монтирование метки на поршень клапана. Кроме того, в процессе измерений провода могут переломиться, что не позволит зафиксировать положение метки с поршнем.

Перечисленные недостатки активной метки обуславливают целесообразность использования для системы контроля положения поршня в клапане пассивной метки, представляющей собой сферический отражатель [2]. Источники излучения (полупроводниковые излучающие диоды) в этом случае находятся в видеоблоке. Отраженное от метки излучение источника через оптическую систему видеоблока попадает на приемник оптического излучения (ПОИ).

Принцип работы системы заключается в следующем. Контрольная метка 2 (см. рис. 1) освещается источником излучения. Изображение источника формируется на приемнике оптического излучения видеоблока 1 системы, включающего в себя, кроме источников излучения, оптическую систему и матричный анализатор изображения. Кадр с изображением источника передается в блок обработки, в качестве которого могут использоваться схемы с применением микроконтроллеров или программируемых логических интегральных схем, а также персональный компьютер. По двум соседним кадрам программа вычисляет смещение, скорость и ускорение поршня 4, который перемещается внутри клапана 3, и передает информацию на видеоконтрольное устройство. Блок питания вырабатывает необходимое напряжение для работы системы.

При выборе матричного анализатора изображения предпочтение было отдано ПОИ на КМОП-структуре [3], поскольку в таких КМОП-матрицах схемы управления могут реализовывать произвольную координатную выборку сигналов, что значительно расширяет возможности фильтрации и обработки (в том числе, параллельной) сигналов изображения. Помимо схемы управления, фоточувствительные КМОП-приемники содержат матрицу активных фо-

точувствительных элементов (активных пикселей), аналоговые усилители считывания, аналого-цифровой преобразователь и ряд других цифровых блоков. Задачи выделения произвольной области на фоточувствительной поверхности ПОИ, на которой формируется изображение метки, и слежения за ним решаются путем считывания сигналов только с элементов выделяемой области. А поскольку обычно произвольная область занимает небольшую часть кадра, скорость считывания, по сравнению с ФПЗС, в которых необходимо считывать весь кадр, может быть значительно увеличена.

Были проведены экспериментальные исследования разработанной ОЭС на клапане управления потоком рабочей среды. Результаты анализа поведения поршня в клапане — смещение l , скорость v и ускорение a — приведены на рис. 2, a — $в$. Смещение поршня происходило под давлением 2,5 МПа.

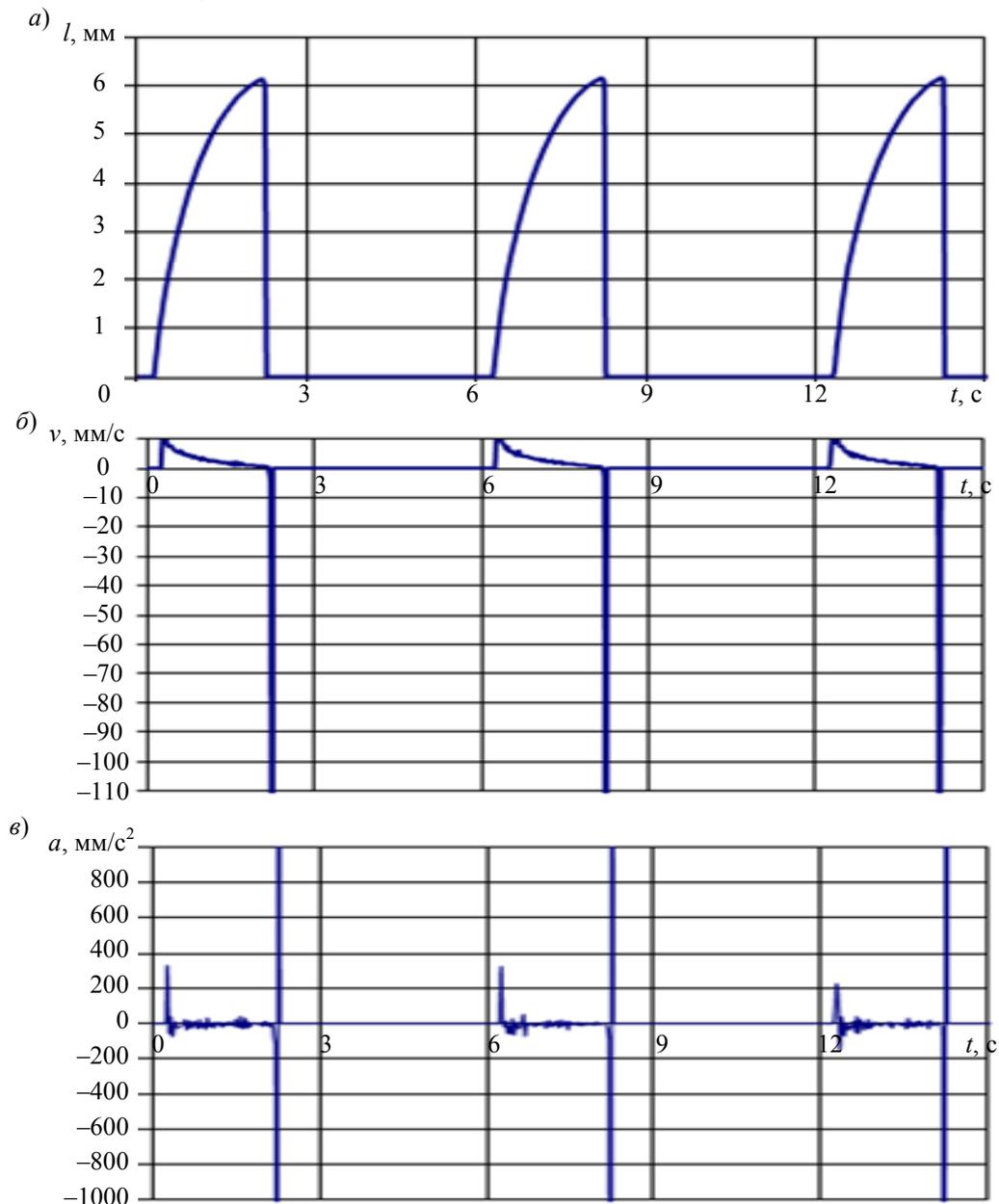


Рис. 2

График смещения поршня в клапане (рис. 2, a) показывает относительно медленное перемещение поршня при подаче воздуха и его быстрое смещение при его откачке. Тарельчатые пружины (на рис. 1 не показаны), находящиеся внутри клапана, препятствуют перемещению поршня, когда подается давление, и способствуют его ускоренному перемещению при

откачке воздуха. Анализ графиков скорости и ускорения поршня (рис. 2, б, в соответственно) показывает, что эти динамические параметры при подаче воздуха в десятки раз меньше, чем при его откачке. Такие изменения динамических параметров поршня приводят к удлинению его штока, что в результате, после значительного количества циклов, приводит к разрыву штока и выходу клапана из строя.

Таким образом, при эксплуатации клапанов следует учитывать режим их функционирования, а также количество циклов работы поршня, составляющее в среднем 5000.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В. А., Усов В. С.* Оптические приборы и методы контроля прямолинейности в инженерной геодезии. М.: Недра, 1973. 152 с.
2. *Горбачёв А. А., Кулешова Е. Н.* Исследование влияния формы сферического отражателя на точность измерения перемещений поршня в цилиндре клапана // Науч.-техн. вестник СПбГУ ИТМО. 2010. № 6 (70). С. 12—16.
3. *Стемковский А., Шилин В.* КМОП-фотодиодные СБИС. Перспективная элементная база однокристалльных систем приема и обработки информации // Электроника: НТБ. 2003. № 2. С. 14.

Сведения об авторах

Алексей Александрович Горбачёв

— канд. техн. наук; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;
E-mail: gorbachev@grv.ifmo.ru

Валерий Викторович Коротаяев

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем; заведующий кафедрой; E-mail: korotayev@grv.ifmo.ru

Екатерина Николаевна Пантюшина

— аспирант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;
E-mail: enkuleshova@mail.ru

Рекомендована кафедрой
оптико-электронных приборов и систем

Поступила в редакцию
07.02.13 г.