

А.В. ГРИГОРЬЕВ,  
И.И. КОЧЕГАРОВ,  
И.Ю. НАУМОВА

**О характеристических признаках  
следа вибрационного размытия  
изображения круглой метки**

УДК 004.932.2

ФГБОУ ВПО  
«Пензенский  
государственный  
университет»,  
г. Пенза

*Представлен анализ структурных параметров следа вибрационного размытия изображения светоотражающей или флюоресцирующей метки круглой формы с целью осуществления косвенного бесконтактного измерения модуля и компонент вектора амплитуды виброперемещения объекта. Приведено обоснование целесообразности измерения полудлины и полуширины следа, сравнения этих параметров с параметрами изображения метки при отсутствии вибраций. Приведено обоснование оценочных методик, связывающих параметры следа вибрационного размытия изображения метки с параметрами вектора амплитуды виброперемещения объекта.*

Разработанные нами способы [1] и [2] решения задачи бесконтактного измерения величин и направлений виброперемещений исследуемого объекта в заданных контрольных точках эффективны при измерении вибраций любых объектов, в частности, при измерении вибраций зданий и сооружений, машин и механизмов. Наиболее значимый эффект от внедрения данных способов ожидается в области измерения вибраций узлов и модулей радиоэлектронной аппаратуры.

Оба эти способа характеризуются четырьмя основными этапами:

1) нанесением на исследуемый объект при отсутствии вибраций светоотражающих или флюоресцирующих меток круглой формы;

2) регистрацией изображений меток при отсутствии вибраций и определением геометрических параметров этих изображений;

3) регистрацией следов размытия изображений меток при наличии вибраций и определением геометрических параметров этих следов;

4) сравнительным анализом геометрических параметров изображений меток при отсутствии вибраций и следов размытия этих изображений при наличии вибраций с целью определения модулей и направлений векторов амплитуды виброперемещения контрольных точек исследуемого объекта.

Измерение координат центра тяжести изображения области связанных элементов осуществляется способом, предложенным в [3]. След вибрационного размытия метки должен быть представлен в виде бинарного изображения. Преобразование исходного полутонного следа вибрационного размытия метки в бинарное изображение традиционным уровнево-пороговым методом приводит к недопустимо большим погрешностям преобразования. Это связано с тем, что след вибрационного размытия имеет размытые границы. Поэтому бинаризация следа вибрационного размытия метки осуществляется структурно-разностным методом. Этот метод запатентован в [4] и развит в [5-8]. Принципы формирования и маркировки сегментов и кластеров в бинарном изображении изложены в работах [9-10].

Вибрационное перемещение круглой метки приводит к формированию следа размытия изображения этой метки: (рис. 1).

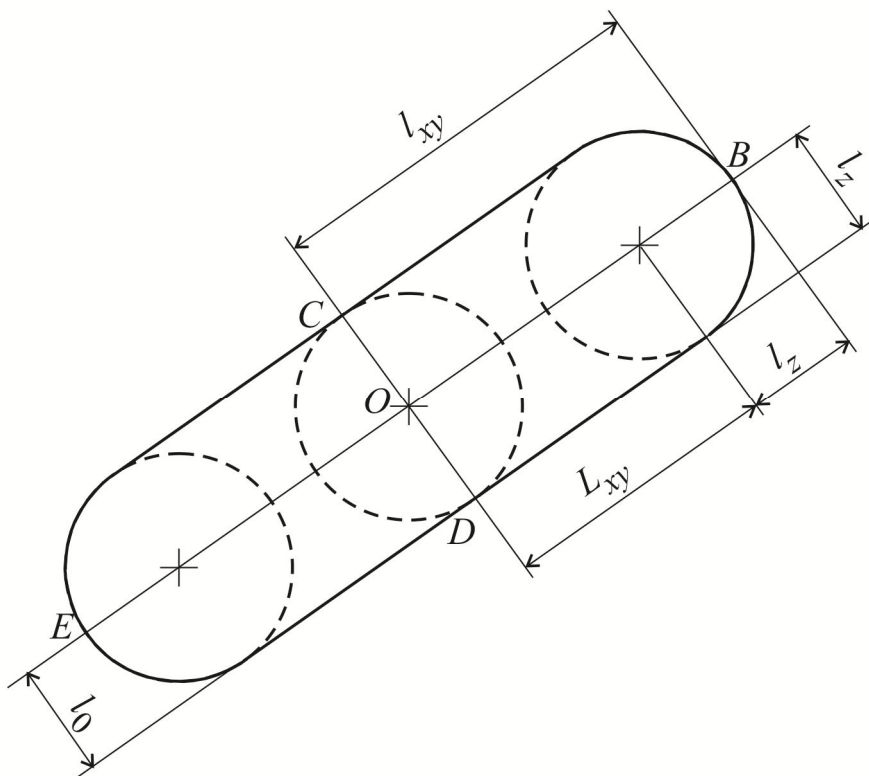


Рис. 1. След размытия изображения метки при её вибрационном перемещении

На рис. 1 сплошной линией показана граница следа вибрационного размытия изображения метки, а пунктирными линиями показаны границы изображения метки в среднем и крайних положениях вибрационного перемещения этой метки.

След вибрационного размытия метки имеет две оси симметрии: большую  $EB$  и малую  $CD$ . Длины отрезков  $EB$  и  $CD$  представляют собой длину и ширину следа вибрационного размытия изображения метки, соответственно. Координаты точки  $O$  пересечения осей симметрии следа вибрационного размытия круглой метки и координаты центра тяжести изображения метки при отсутствии вибраций совпадают. Длина отрезка  $OB$   $l_{xy}$  является *полудлиной* следа вибрационного размытия метки. Длина отрезка  $OD$   $l_z$  является *полушириной* следа вибрационного размытия метки.

Как видно из рис. 1:

$$L_{xy} = l_{xy} - l_z \quad (1),$$

где  $L_{xy}$  — амплитуда перемещения центра тяжести изображения метки.

$$A_{xy} = p_{xy} \cdot L_{xy} \quad (2),$$

где  $A_{xy}$  — проекция вектора амплитуды виброперемещения центра тяжести метки на плоскость изображения;  $\rho_{xy}$  — коэффициент пропорциональности.

Другими словами, величина проекции вектора амплитуды виброперемещения центра тяжести метки на плоскость изображения прямо пропорциональна амплитуде перемещения центра тяжести изображения этой метки.

Вибрационное перемещение метки параллельно плоскости изображения приводит к формированию вытянутого следа размытия: полудлина этого следа  $l_{xy}$  превышает его полуширину  $l_z$ :

$$l_{xy} > l_z \quad (3).$$

При этом полуширина следа вибрационного размытия изображения круглой метки  $l_z$  равна радиусу изображения этой метки при отсутствии вибраций  $l_0$ :

$$l_z = l_0 \quad (4).$$

Перемещение круглой метки перпендикулярно плоскости изображения приводит к модуляции диаметра изображения этой метки. Когда метка приближается к объективу видеокамеры, диаметр изображения этой метки увеличивается, а когда метка удаляется от объектива, диаметр изображения этой метки уменьшается. Из этого следует, что диаметр следа размытия изображения метки при её вибрационном перемещении перпендикулярно плоскости изображения будет превышать диаметр изображения метки при отсутствии вибраций (рис. 2).

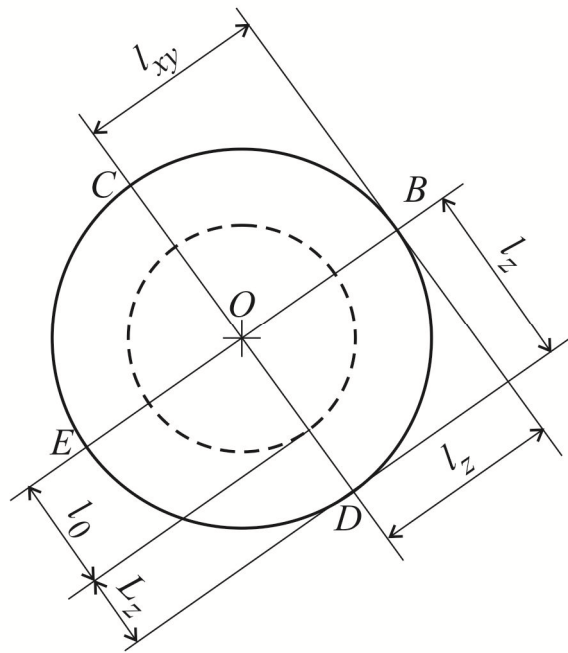


Рис. 2. След размытия изображения метки при её перпендикулярном плоскости изображения виброперемещении

На рис. 2 сплошной линией показана граница следа вибрационного размытия метки, а пунктирной линией — граница изображения метки при отсутствии вибраций.

Приращение радиуса изображения метки вследствие вибраций прямо пропорционально величине проекции вектора амплитуды виброперемещения центра тяжести метки на направление, перпендикулярное плоскости изображения, то есть:

$$A_z = p_z \cdot L_z \quad (5),$$

где  $A_z$  — величина проекции вектора амплитуды виброперемещения центра тяжести метки на направление, перпендикулярное плоскости изображения;  $L_z$  — приращение радиуса изображения метки;  $p_z$  — коэффициент пропорциональности.

$$L_z = l_z - l_0 \quad (6),$$

где  $l_z$  — радиус следа размытия изображения метки при её строго перпендикулярном плоскости изображения виброперемещении;  $l_0$  — радиус изображения метки при отсутствии вибраций.

Как видим (рис. 2), след размытия изображения метки при её вибрационном перемещении перпендикулярно плоскости изображения не обладает признаком вытянутости: его полудлина  $l_{xy}$  равна его полуширине  $l_z$ :

$$l_{xy} = l_z \quad (7).$$

При этом полуширина следа вибрационного размытия изображения круглой метки  $l_z$  превышает радиус изображения этой метки при отсутствии вибраций  $l_0$ :

$$l_z > l_0 \quad (8).$$

Вибрационное перемещение круглой метки под некоторым, не равным нулю и не прямым, углом к плоскости изображения приводит к формированию следа размытия изображения этой метки следующей формы: (рис. 3).

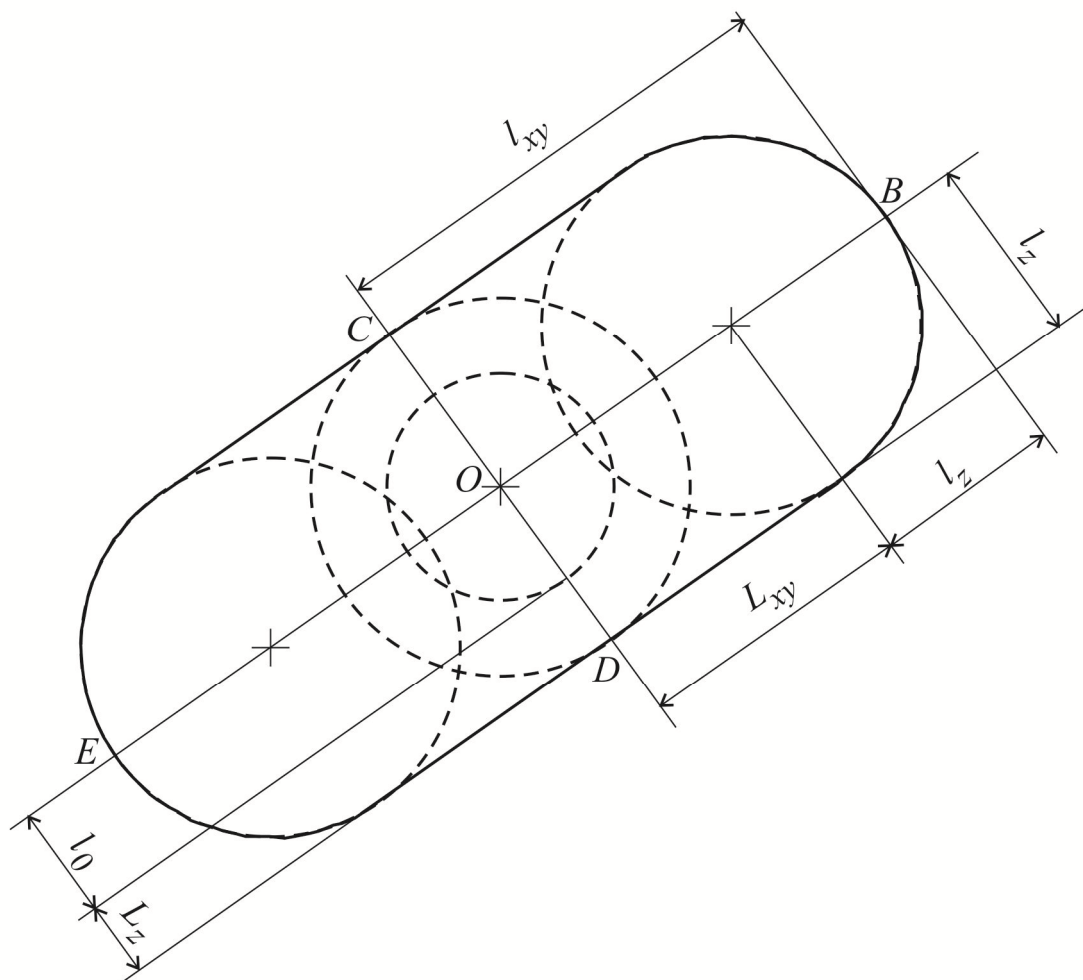


Рис. 3. След размытия изображения метки при её вибрационном перемещении под произвольным углом к плоскости изображения

На рис. 3 сплошной линией показана граница следа вибрационного размывания изображения метки, а пунктирными линиями показаны границы изображения метки в среднем и крайних положениях вибрационного перемещения этой метки и граница изображения метки при отсутствии вибраций.

Анализ модели по рис. 3 показывает, что если вектор амплитуды виброперемещения круглой метки направлен под некоторым, не равным нулю и не прямым, углом к плоскости изображения, то условия (4) и (7) не выполняются, а условия (3) и (8) выполняются. Условие (4) выполняется в первой из рассмотренных предельных ситуаций: при параллельном плоскости изображения виброперемещении. Условие (7) выполняется во второй из рассмотренных предельных ситуаций: при перпендикулярном плоскости изображения виброперемещении. Из этого следует, что в любых ситуациях выполняется условие:

$$l_0 \leq l_z \leq l_{xy} \quad (9).$$

Отсюда, принимая во внимание (1) и (6):

$$L_{xy} \geq 0 \quad (10),$$

$$L_z \geq 0 \quad (11).$$

### Литература

1. Патент 2535237 РФ, МПК G01H9/00. Способ измерения вибраций / Држевецкий А.Л., Юрков Н.К., Григорьев А.В., Затылкин А.В., Кочегаров И.И., Кузнецов С.В., Држевецкий Ю.А., Деркач В.А. -№ 2013128327/28; заявл. 20.06.2013.
2. Патент 2535522 РФ, МПК G01H9/00. Способ измерения вибраций / Држевецкий А.Л., Юрков Н.К., Григорьев А.В., Затылкин А.В., Кочегаров И.И., Кузнецов С.В., Држевецкий Ю.А., Деркач В.А. -№ 2013128329/28; заявл. 20.06.2013.
3. Патент 2032218 РФ, МПК G06K9/00. Устройство для селекции изображений объектов / Држевецкий А.Л., Контисhev В.Н., Григорьев А.В., Царев А.Г. - № 4891118/24; заявл. 17.12.1990; опубл. 27.03.1995.
4. А.с. 1837335 СССР G 06 K 9/00. Устройство для селекции изображений. / А.Л. Држевецкий, В.Н. Контисhev, А.В. Григорьев, А.Г. Царёв. // Выдано 19.08.1993г. / БИ, 1993, №32.
5. Григорьев А.В. Информационно-измерительная система для контроля микроструктуры и фазового состава тонкоплёночных материалов. // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Пенза, 1999.
6. Григорьев А.В., Држевецкий А.Л., Баннов В.Я., Трусов В.А., Кособоков А.С. Об ограничениях уровнево-пороговой сегментации полутоновых растровых

изображений // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2014. Т. 2. С. 18-21.

7. Григорьев А.В., Држевецкий А.Л., Баннов В.Я., Трусов В.А., Кособоков А.С. Принцип негативно-контурной классификации растровых элементов полутоновых изображений // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2014. Т. 2. С. 21-24.

8. Григорьев А.В., Држевецкий А.Л., Баннов В.Я., Трусов В.А., Кособоков А.С. Горизонтально-положительный анализ внутренних элементов плоского сегмента полутонового растрового изображения // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2014. Т. 2. С. 24-27.

9. Патент 2522870 РФ, МПК G01H9/00. Способ допускового контроля печатных плат / Држевецкий А.Л., Юрков Н.К., Григорьев А.В., Затылкин А.В., Кочегаров И.И., Крюкова Е.С. -№ 2013131692/08; заявл. 09.07.2013; опубл. 20.07.2014 Бюл. №20.

10. Садыков, С.С. Формирование безразмерных коэффициентов формы замкнутого дискретного контура// Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2014. №29. С.91-98.

11. Патент 2519005 РФ, МПК G01H9/00. Способ допускового контроля печатных плат / Држевецкий А.Л., Юрков Н.К., Григорьев А.В., Затылкин А.В., Кочегаров И.И., Крюкова Е.С. -№ 2013131961/08; заявл. 09.07.2013; опубл. 10.06.2014 Бюл. №16.

12. Еремеев С. В., Андрианов Д. Е., Комков В. А. Алгоритмы формирования графовой модели городской территории в ГИС//Геоинформатика. 2013. № 4. С. 19-24.

ГРИГОРЬЕВ АЛЕКСЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ,

ТЕЛ. (8-8412) 368-212;

E-MAIL: KIPRA@PNZGU.RU;

КОЧЕГАРОВ ИГОРЬ ИВАНОВИЧ,

ТЕЛ. (8-8412) 368-212;

E-MAIL: KIPRA@PNZGU.RU;

НАУМОВА ИРИНА ЮРЬЕВНА,

ТЕЛ. (8-8412) 368-212;

E-MAIL: KIPRA@PNZGU.RU.