

вычислительной техники и сетевого оборудования, программного обеспечения.

### **Список информационных источников**

1.Схиладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие/ Схиладзе А.Г., Бочкарев С.В., Лыков А.Н., - Пермь: КГТА,2010 – 505 с.

2.Левин А.И. Журнал: Технологические системы/ А.И. Левин, Е.В. Судов – Киев: Информационные технологии, 2004. – 50 с.

3.НИЦ CASE – технологии: | Электронный ресурс | - режим доступа <http://www.cals.ru/> (дата обращения: 20.04.2015).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ**

*Чеховских В.И.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Калиниченко Н. П., к. т. н., доцент кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

Поверхностные слои деталей, узлов, агрегатов машин, сооружений и конструкций в процессе изготовления, обработки и длительной эксплуатации подвергаются различным видам неблагоприятных факторов. В процессе продолжительной эксплуатации объектов длительного использования именно поверхностные слои подвергаются преждевременному износу и, безусловно, являются наиболее вероятным местом появления дефектов.

К достоинствам капиллярных методов в их классических реализациях следует отнести: простоту, высокую чувствительность, не слишком высокие требования к квалификации обслуживающего персонала.

Наряду с достоинствами капиллярным методам неразрушающих испытаний присущ ряд существенных недостатков: большая трудоемкость, низкая производительность, выявление только дефектов выходящих на поверхность, ограничение применимости к классу изделий из пористых материалов, затрудненность автоматизации технологических операций, идентификация дефектов и интерпретация результатов испытаний существенно зависит от субъективного фактора.

Особенно это относится к проблеме распознавания образов следов дефектов, их идентификации и оценки пригодности объекта контроля к дальнейшей эксплуатации.

Можно сформулировать ряд задач исследований, связанных с совершенствованием регистрации, метрологического обеспечения обработки результатов капиллярной дефектоскопии:

1. Обоснование выбора фоторегистратора для фиксации результатов капиллярной дефектоскопии, исходя из класса чувствительности капиллярной дефектоскопии;

2. Оценка реальных метрологических характеристик фоторегистраторов применительно к измерению размеров оптических неоднородностей.

Отнесение той или иной реализации метода капиллярной дефектоскопии к заданному классу чувствительности определяется шириной трещины  $\Delta$  в мкм, которая надёжно выявляется с помощью применяемого метода. Принято считать<sup>1</sup>, что соотношение ширины следа трещины  $\Delta_{сл}$  и ширины раскрытия трещины  $n_k$  может быть близко к 10:1. Запишем связь  $\Delta_{сл}$  и  $\Delta$  в общем виде

$$\Delta_{сл} = n_k \Delta. \quad (1)$$

Для обоснованности выбора регистратора размеры изображения индикаторного следа дефекта  $m_{int}$  в пикс на рис. 1 представлены в виде проекции следов идеализированных дефектов для различной ориентации относительно фотоматрицы.

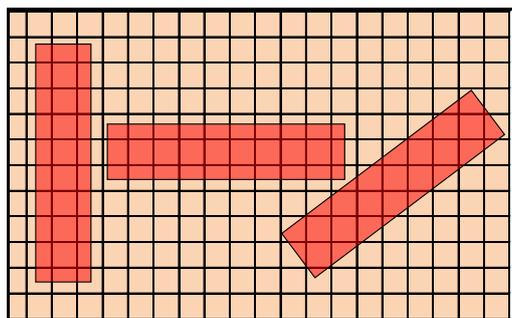


Рис. 1. Изображения следов дефектов различной ориентации

Из анализа рисунка 1 логично сделать допущение, что размер изображения индикаторного следа дефекта  $m_{int}$  с учётом произвольности ориентации протяжённых дефектов относительно границ фотоматрицы должен быть не менее 5 пикс

$$m_{int} \geq 5 \text{ пикс} . \quad (2)$$

<sup>1</sup>ГОСТ 18442-80

С учётом определения коэффициента  $k$  и формул (1) и (2) получим формализованную запись для обоснованного требования к коэффициенту линейного преобразования  $k$

$$k = \frac{m_{int}}{\Delta_{сл}} = \frac{m_{int}}{n_k \Delta} \geq \frac{5}{n_k \Delta}. \quad (3)$$

Отметим, что значение коэффициента  $n_k$  определяется экспериментально. Значение коэффициента линейного преобразования  $k$  легко оценивается по изображениям эталонов линейных размеров линеек, мир и т.п. Обозначим  $k_{мм}$  количество пикселей в изображении отрезка длиной 1 мм. С учётом этого и утверждений относительно  $n_k$  выражение (3) может быть записано следующим образом

$$k_{мм} 0,01 \Delta \geq 5, \quad (4)$$

здесь размерность коэффициента 0,01 мкм/мм.

Для иллюстрации на рис. 2 приведено изображение оптической миры № 16, размер – 40 % от исходного изображения. Ширина белых и чёрных полос равна 0,6 мм. Изображение получено фотокамерой NIKONCOOLPIXL820, размер изображения 4608×3456. Оценка ширины полосы миры производилась с помощью программы Diada. Было получено значение  $k_{мм}=80$  pix/мм. Минимальное значение ширины раскрытия трещины определяется из неравенства (4)  $\Delta_{min}=500/80 \approx 6,25$  мкм. Это означает, что использованная в эксперименте фотокамера может быть использована при анализе результатов капиллярной дефектоскопии по второму классу чувствительности.



Рис. 2. Изображение оптической миры № 16

Проведённый анализ позволяет сделать вывод о применимости ограничений (3), (4) для выбора фоторегистраторов для фиксации и обработки результатов капиллярной дефектоскопии.

Ранее сказано, что измерение линейных размеров изображений оптических неоднородностей невозможно без предварительной оценки коэффициента линейного преобразования  $k_{мм}$ . Для повышения точности оценки  $k_{мм}$  можно воспользоваться контрольным отрезком длиной  $L > 1$  мм.

Пусть изображение контрольного отрезка имеет длину  $l_{pix}$ , тогда значение  $k_{mm}$  оценивается с помощью простейшей формулы

$$k_{mm}=l/L. \quad (5)$$

Значение  $k_{mm}$  может быть определено по любому эталонному контрольному отрезку. В качестве эталонного отрезка используются оптические миры. Такие оптические миры представляют собой набор чередующихся чёрных и белых полос одинаковой ширины  $d$ . Значение ширины полосы задаётся в описании миры. Можно порекомендовать использование для оценки  $k_{mm}$  вместо выражения (5) формулу

$$k_{mm}=l/(nd), \quad (6)$$

здесь  $n$  – общее число белых и чёрных полос в контрольном расстоянии.

Для подтверждения замечания, указанного выше, была проведена серия экспериментов по оценке влияния условий фотографирования на значение коэффициента  $k_{mm}$ . Использовалась мира с шириной единичной полосы  $d=0,6$  мм. Изменяли размер изображения миры  $M \times N$ , где  $M, N$  в пикселях. В целях достижения максимального значения коэффициента при заданном размере изображения варьировали расстояние от фотоаппарата до объекта контроля. В таблицу 1 сведены результаты экспериментов по оценке значения коэффициента  $k_{mm}$ .

Таблица 1. Значение коэффициента линейного преобразования  $k_{mm}$

$M \times N, \text{ pix}^2$	$k_{mm}, \text{ pix/мм}$
1600×1200	49
1600×1200	51
2272×1704	64
2272×1704	69,44
3264×2448	64,67
4608×3456	80,75
4608×3456	91,75
4608×3456	93,75
4608×3456	92,75

Данные, приведённые в таблице, позволяют сделать заключение о существенном влиянии расстояния от фоторегистратора до объекта контроля. Оптимальный выбор указанного расстояния позволит увеличить коэффициент линейного преобразования  $k_{mm}$  до 93,3  $\text{pix/мм}$ , что на 16–17 % больше значения, указанного ранее, а это для исследуемой задачи весьма существенно.

### Список информационных источников

1.ГОСТ 18442 – 80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. Москва, Государственный комитет СССР по стандартам 1980. - 23 с.

2. Калиниченко Н. П. , Гаврила А. Ф. Определение разрешающей способности видеозндоскопа EVEREST XLG3m [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. - 2012 - №. 4 (5). - С. 72-82. - Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/424> .

3. Филинов М.В. Повышение точности количественных оценок поверхностных дефектов и структур металлов по их цифровым изображениям в оптическом неразрушающем контроле :автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Москва, 2007.- 359 с.

4. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8т./ Под общ.ред. В.В. Клюева. –2е изд., перераб. и испр. Т.4: В 3кн. Кн. 3: М.В. Филинов. Капиллярный контроль. – М.: Машиностроение, 2006. – 736 с.: ил.

## **ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В КОМПЛЕКСАХ ЦИФРОВОЙ РАДИОГРАФИИ С ФУНКЦИЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ**

*Чинь Ван Бак*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Осипов С.П., к.т.н., доцент кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

Задачи измерения толщины разнообразных объектов контроля (ОК) характерны для многих отраслей науки, техники, промышленности и строительства. В настоящее время для оценки толщины успешно используют оптические, визуально-измерительные, электромеханические, ультразвуковые, радиационные и другие методы неразрушающих испытаний, у каждого из которых имеются свои области применения и свои ограничения. Методы, основанные на анализе ослабления рентгеновского излучения объектом, являются непревзойдёнными при испытаниях ряда ОК по чувствительности и производительности. Вопросы, связанные с разработкой и совершенствованием рентгеновских трансмиссионных измерителей толщины, широко обсуждались и продолжают обсуждаться в научной литературе [1–4]. В последние десятилетия происходит бурное развитие цифровой радиографии. Цифровые радиографические комплексы применяются не только для визуализации, то есть получения теневых изображений ОК, но и для измерительных задач, в частности, оценки распределения толщины по объекту контроля. Точное измерение профилей крупногабаритных ОК с помощью высокоэнергетических комплексов цифровой радиографии (ВЦР) остаётся одной из самых актуальных проблем, стоящих перед неразрушающими методами испытаний. С этой глобальной