

2. Калиниченко Н. П. , Гаврила А. Ф. Определение разрешающей способности видеозондоскопа 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

проблемой связан ряд задач, среди которых особый интерес представляют вопросы формирования и обработка радиографической информации.

В качестве источников рентгеновского излучения в современных комплексах ВЦР используют бетатроны и линейные ускорители. Для формирования первичных цифровых радиографических изображений ОК сканируют узким пучком рентгеновского излучения, ограниченного щелевым коллиматором. Излучение регистрируется радиометрическими детекторами. В комплексах ВЦР наиболее распространены детекторы на основе сцинтилляторов. Энергия, оставленная в сцинтилляторах фотонами, трансформируется в свет, далее полупроводниковыми детекторами в электрический ток, а затем аналогово-цифровыми преобразователями (АЦП) сигнал J превращают в цифровой сигнал J_d .

Совокупность аналоговых сигналов, сформированную в процессе сканирования, является виртуальным радиографическим изображением \mathbf{J} , представляющим собой матрицу размерностью $M \times N$. Здесь M – число детекторов в линейке, а N – число шагов сканирования. В процессе оцифровки \mathbf{J} превращается в цифровое радиографическое изображение \mathbf{J}_d

$$J_{dnm} = [J_{nm} C(2^k - 1) / J_{0m}], \quad (1)$$

здесь $[x]$ – целая часть x ; k – разрядность АЦП; J_{0m} – аналоговый сигнал с m -го детектора без ОК; $C, C < 1$ – коэффициент учёта флуктуаций.

На стадии калибровки для $m=1..M$ определяются уровни собственных шумов детекторов f_m и уровни цифровых сигналов без ОК J_{d0m} . В результате преобразований изображение \mathbf{J}_d трансформируется в изображение \mathbf{Y} , элементы которого представляют собой лучевые толщины ОК по линиям, связывающим источник и центры соответствующих детекторов. Формула, описывающая преобразования, имеет вид

$$Y_{mn} = \ln \frac{J_{d0m} - f_m}{J_{dnm} - f_m}, \quad m=1..M, \quad n=1..N. \quad (2)$$

Для унификации испытуемых материалов ОК на практике измеряют толщину в г/см^2 . В соответствии с задачей, поставленной во введении, это означает, что \mathbf{Y} должно быть трансформировано в изображение $\mathbf{R} = \{(\rho H)_{mn}, m=1..M, n=1..N\}$. Для этого необходимо построить уравнение измерителя толщины, то есть описать зависимость $\rho H(Y)$.

Уравнение связи ρH с измеренным значением лучевой толщины Y опишем выражением

$$F(\rho H) = Y, \quad (3)$$

здесь F – функция от ρH . Необходимым требованием к функции F является существование обратной функции F^{-1} на всём диапазоне определения F . Из (3) следует, что искомое уравнение имеет вид

$$\rho H = F^{-1}(Y). \quad (4)$$

Обратную функцию F^{-1} можно построить по результатам испытаний ступенчатого тестового объекта, изготовленного из материала, идентичного материалу ОК. В процессе тестовых испытаний формируется таблица $\mathbf{T} = \{(\rho H_i, Y_i), i=1 \dots i_0\}$, здесь i_0 – количество уровней фактора ρH . Таблица \mathbf{T} используется непосредственно либо для подбора аппроксимации G к F^{-1} . В качестве аппроксимации G можно использовать, например, полиномы или дробно-рациональные функции.

Для оценки качества приближения G к F^{-1} целесообразно использовать максимальное поточечное расхождение измеренных и истинных значений ρH на всём диапазоне изменения

$$\Delta_{\rho H} = \max_{\rho H_{\min} \leq \rho H \leq \rho H_{\max}} |G(Y) - \rho H|. \quad (5)$$

Оценка качества приближения G к F^{-1} невозможна без анализа расчётных или экспериментальных зависимостей $Y(\rho H)$.

Выражение для вычисления Y лучевой толщины ОК с массовой толщиной ρH для источника рентгеновского излучения с максимальной энергией в спектре E_0 имеет вид

$$Y = F(\rho H) \approx \ln \frac{\int_0^{E_0} \bar{E}_{ab}(E) f(E, E_0) \varepsilon(E) dE}{\int_0^{E_0} \bar{E}_{ab}(E) f(E, E_0) e^{-m(E)\rho H} \varepsilon(E) dE}, \quad (6)$$

где $\bar{E}_{ab}(E)$ – среднее значение энергии, оставленной фотоном в сцинтилляторе [5]; $m(E)$ – массовый коэффициент ослабления излучения с энергией E материалом ОК [5]; $f(E, E_0)$ – энергетический спектр источника излучения; $\varepsilon(E)$ – эффективность регистрации.

Для обоснования возможности применения полиномов и дробно-рациональных функций в качестве аппроксимации G был проведен цикл расчётов лучевых толщин Y для объектов из углерода, алюминия и стали для $0 < \rho H \leq 80$ г/см². Максимальная энергия E_0 принимала значения из диапазона от 2 до 9 МэВ. Радиометрический детектор из CdWO_4 толщиной 45 мм. Разрядность АЦП $k=16$. Энергетический спектр $f(E, E_0)$ источника высокоэнергетического рентгеновского излучения описывался формулой Шиффа. Анализа (6) и расчётных данных подтвердил гладкость функции F и существование функции F^{-1} .

Уравнение измерителя (4) с учётом полиномиальной аппроксимации функции $G(Y)$ примет вид

$$\rho H = \sum_{i=0}^3 a_i Y^i. \quad (7)$$

Коэффициенты $a_j, j=0 \dots 3$ находятся методом наименьших квадратов.

Анализ результатов показал, что погрешность оценки толщины по формуле (7), обусловленная неточностью приближения, не превосходит для углерода $0,04 \text{ г/см}^2$, для алюминия $0,06 \text{ г/см}^2$ и для железа $0,05 \text{ г/см}^2$.

В уравнении измерителя толщины можно использовать дробно-рациональную функцию, зависящую от четырёх параметров a_2, b_2, c_2, d_2 ,

$$\rho H = \frac{(a_2 Y + b_2) Y^2}{Y + c_2 Y + d_2}. \quad (8)$$

Анализ результатов показал, что систематическая погрешность оценки толщины по формуле (8), обусловленная неточностью приближения, не превосходит для углерода $0,05 \text{ г/см}^2$, для алюминия $0,05 \text{ г/см}^2$ и для стали $0,06 \text{ г/см}^2$. Уровни погрешностей сравнимы с уровнями погрешностей для полиномиальной аппроксимации.

Экспериментальная оценка применимости (7), (8) для оценки толщины проводилась на комплексе цифровой радиографии на основе малогабаритного импульсного бетатрона МИБ-4/9. Характеристики детектора указаны в описании расчётного примера. Ширина щели коллиматора 5 мм. Толщина коллиматора 300 мм. Расстояние от источника излучения до тестового объекта около 3000 мм. Зависимости $Y(\rho H)$ оценивались для максимальных энергий рентгеновского излучения $E_0=4,5; 7,5$ и 9 МэВ . Исследовались объекты из стали плотностью $\rho=7,85 \text{ г/см}^3$. Из анализа экспериментальных результатов можно сделать вывод о занижении значений лучевых толщин стальных фрагментов в эксперименте. Для объяснения указанного вывода можно выдвинута и с помощью вычислительных экспериментов подтверждена следующая гипотеза: причиной занижения является недостаточная коллимация источника рентгеновского излучения.

Анализ результатов экспериментов показал, что погрешность оценки толщины $\Delta_{\rho H}$ не превосходит для изделий из стали $0,04-0,05 \text{ г/см}^2$ для полиномиальной и дробно-рациональной аппроксимаций.

Приведённые в работе результаты теоретических и экспериментальных исследований позволяют сделать заключение о возможности измерения толщин ОК высокоэнергетическим рентгеновским трансмиссионным методом с систематической погрешностью $0,04-0,06 \text{ г/см}^2$ в диапазоне изменения массовой толщины от 15 до 80 г/см^2 .

Список информационных источников

1. Артемьев Б.В., Шубочкин А.Е. Рентгеновская толщинометрия // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 2. – С. 24–31.

2. Артемьев Б.В., Маслов А.И., Потапов В.Н., Ведерников М.Б. Использование рентгеновских толщиномеров в производстве проката цветных металлов // Дефектоскопия. – 2003. – № 6. – С. 55–62.

3. Будаи Б.Т., Касаткин Н.В. Измерение параметров листового горячего проката // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 87. – № 1. – С. 225–228.

4. Осипов С.П., Чинь В.Б. Разработка широкодиапазонного трансмиссионного рентгеновского метода измерения толщины // VII Международная студенческая электронная научная конференция "Студенческий научный форум 2015". – www.scienceforum.ru/2015/pdf/11072.pdf

4. <http://www.ippe.ru/podr/abbn/libr/groupkon.php> – 127 групповая библиотека данных о взаимодействии гамма- квантов с веществом.

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Шадрина О.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Янушевская М.Н, ст. преподаватель
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Проблемы мотивации персонала и вопросы построения системы мотивации всегда актуальны. От четко разработанных систем мотивации персонала зависит не только трудовая, социальная и творческая активность сотрудников, но и социально-экономические результаты предприятия.

При проектировании систем мотивации специалисты выделяют существующие проблемы. Рассмотрим некоторые из них.

1. Нет механизма мотивирования.

Авторы Кромов С.А. и Кожанов Н.Т. в своей статье «Проблема мотивации персонала и пути её решения» [2] выделяют два вида мотивирования сотрудников:

- первый тип – «торговая сделка»;

- второй тип – основан на воспитательном характере, когда нужно ослабить неэффективные мотивы, и усилить эффективные. Этот метод является более эффективным.

Эти типы мотивации сегодня наиболее распространены в практике руководителей российских компаний.

Механизм же мотивирования персонала каждая организация должна выстраивать самостоятельно.

2. Неэффективное использование методов стимулирования.