

# МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ ПРИ ПОМОЩИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Гетьман И.А., Зори А.А.

Донбасская государственная машиностроительная академия,  
Донецкий национальный технический университет

**Abstract.** *Getman I., Zori A. Model of an estimation of quality of ceramic items with a photoelectric informational - measuring system. The problems of quality control of ceramic tiles on a segment of sorting of ceramic firm are determined. For automation of measuring and controlling procedures the photoelectric informational - measuring system of quality control is offered. The model of generating and processing of the images by manufacturing medium of ceramic firm is designed.*

**Анализ и постановка задач исследования.** При оценке качества изделия важное значение имеют критерии оценки, т.е. условия, которым должны удовлетворять значения показателей качества [1]. Для оценки качества керамических изделий, производимых на современном оборудовании с использованием высоких технологий, должны использоваться три группы критериев. Критерии пригодности определяются следующим образом:

$$A: \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^g (\alpha_{ij} \in \{\alpha^D_{ij}\}), \quad (1)$$

где  $\alpha_{ij}$  — показатель  $i$ -го свойства  $j$ -го объекта,  $\{\alpha^D_{ij}\}$  — множество допустимых значений показателя  $\alpha_{ij}$ . Изделия, для которых выполняются условия (1), обладают одинаковым качеством. Критерии оптимальности определяются следующим образом:

$$B: \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^g (\alpha_{ij} \in \{\alpha^D_{ij}\}) \cap \bigcap_{r \in \{r_0\}} (\alpha_{rj} = \alpha^{opt}_{rj}), \quad (2)$$

где  $\alpha^{opt}_{rj}$  — оптимальное значение показателя  $r$ -го свойства  $j$ -го объекта,  $\{r_0\}$  — множество номеров оптимизируемых свойств. Изделия, удовлетворяющие условиям (2), могут быть названы оптимальными по  $r$  свойствам. Критерии конкурентоспособности определяется следующим образом:

$$C: \bigcap_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^g (\alpha_{ij} \in \{\alpha_{ij}^D\}) \cap \bigcap_{g \in \{g_0\}} (\alpha_{gj} \geq \alpha_{gj}^{кон}), \quad (3)$$

где  $\alpha_{gj}^{кон}$  — показатель  $g$ -го свойства  $t$ -го объекта, конкурирующего с  $j$ -м объектом по потребительским свойствам и рыночной позиции. Изделия, удовлетворяющие условиям (3), превосходят по своему качеству и потребительским свойствам присутствующие на рынке изделия и обеспечивают качественную конкурентоспособность производимой продукции. Безусловная экономическая эффективность производства будет обеспечена только лишь с учетом себестоимости производимой продукции. Условия (2) и (3) являются частными случаями условия (1), однако они необходимы для технико-экономического роста предприятия и используются при оптимизации технологического процесса, для совершенствования технологий и оборудования и при разработке инновационных проектов.

На керамическом предприятии дифференциальные показатели качества, обеспечивающие выполнение условия (1), определяются как субъективными методами (органолептическим, экспертным и социологическим [1]), так и объективными (измерительным, регистрационным, расчетным). Особую роль играют измерительные методы с использованием анализаторов химического состава, стенов и участков по измерению физических показателей. С помощью технических средств механизации и автоматизации измерений, а также ручную (при оценке эстетических показателей) определяются следующие параметры [2,3]: геометрические параметры изделий; степень водопоглощения, термостойкость, плотность, прочность и упругость; эстетические свойства, зависящие от качества поверхности (оптические характеристики слоев глазури или ангоба, покрывающих изделие, в том числе равномерность покрытия и отсутствие пятен (выцветов, наплывов, пузырей и т.д.), загрязнения слоев недопустимыми включениями; шероховатость или рельеф наружной поверхности, в том числе трещины, сколы, царапины и т.д.; качественные характеристики нанесенных изображений и окрасок (соответствие их эталонам по геометрическим параметрам, цветовой гамме, степени размытости и др.)). Часть потребительских свойств существенно зависит от физико-химических свойств керамики: химического состава шихты; пористости подвергнутой спеканию керамики; макро-, микроструктуры и соотношения фазовых состояний; теплоемкости и теплопроводности.

## Обоснование метода контроля и разработка математической модели.

С целью автоматизировать наиболее трудоемкий и существенно влияющий на экономические показатели керамического предприятия этап контроля качества — оценку геометрических параметров черепка облицовочной плитки и внешнего вида глазурированной поверхности, — предложен фотоэлектрический метод контроля с использованием видеокамер на основе приборов с зарядовой связью и микропроцессорных средств обработки измерительного сигнала и распознавания изображений.

На рисунке 1 представлена классификация характеристик керамической плитки, которые доступны оценке на основе анализа изображения плиток на конвейере в процессе их транспортировки через участок сортировки к участкам финишной обработки, упаковки и складирования. Керамические изделия, обладающие различными значениями указанных на рисунке 1 характеристик, путем отражения излучения цехового освещения и специальных излучателей формируют световой фронт, принимаемый оптико-электронной подсистемой (ОЭП). Для определения эффективных методов и алгоритмов распознавания геометрии плиток и возможных дефектов при помощи предложенной информационно-измерительной системы контроля качества (ИИСКК) рассмотрим особенности производственной среды, генерирующей измерительные задачи для ИИСКК. В процессе производства возникает  $K$  типов поверхности, определяемых используемыми технологиями и оборудованием. Так как множество получаемых геометрии и внешнего вида поверхностей сохраняется достаточно длительное время, определяемое технико-экономическими условиями производства, то ИИСКК может быть настроена на соответствующий набор  $K$  в реальном масштабе времени.

В ходе функционирования ИИСКК световой сигнал, воспринимаемый ОЭП, преобразуется в изображение по известной зависимости [4]:

$$U(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} S(x - \zeta, y - \varsigma) h(\zeta, \varsigma) d\zeta d\varsigma, \quad (4)$$

где  $U(x, y)$  — видеосигнал,  $h(\zeta, \varsigma)$  — импульсная переходная функция линейной подсистемы, а выражение (4) представляет собой свертку оптического сигнала с переходной функцией. Вместе с тем, контролируемая поверхность заданного типа (номенклатуры) может излучать множество  $\Xi$  световых фронтов с различными характеристиками, порождающими соответствующие изображе-

ния на выходе ОЭП (без учета вносимых искажений и помех). Классификация облицовочных плиток на  $m$  сортов генерирует разбиение множества  $\Xi$  на подмножества  $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m$ , которые удовлетворяют следующим условиям:

$$\Xi = \bigcup_{i=1}^m \Omega_i; \Omega_i \cap \Omega_j = \emptyset \text{ при } i \neq j. \quad (5)$$

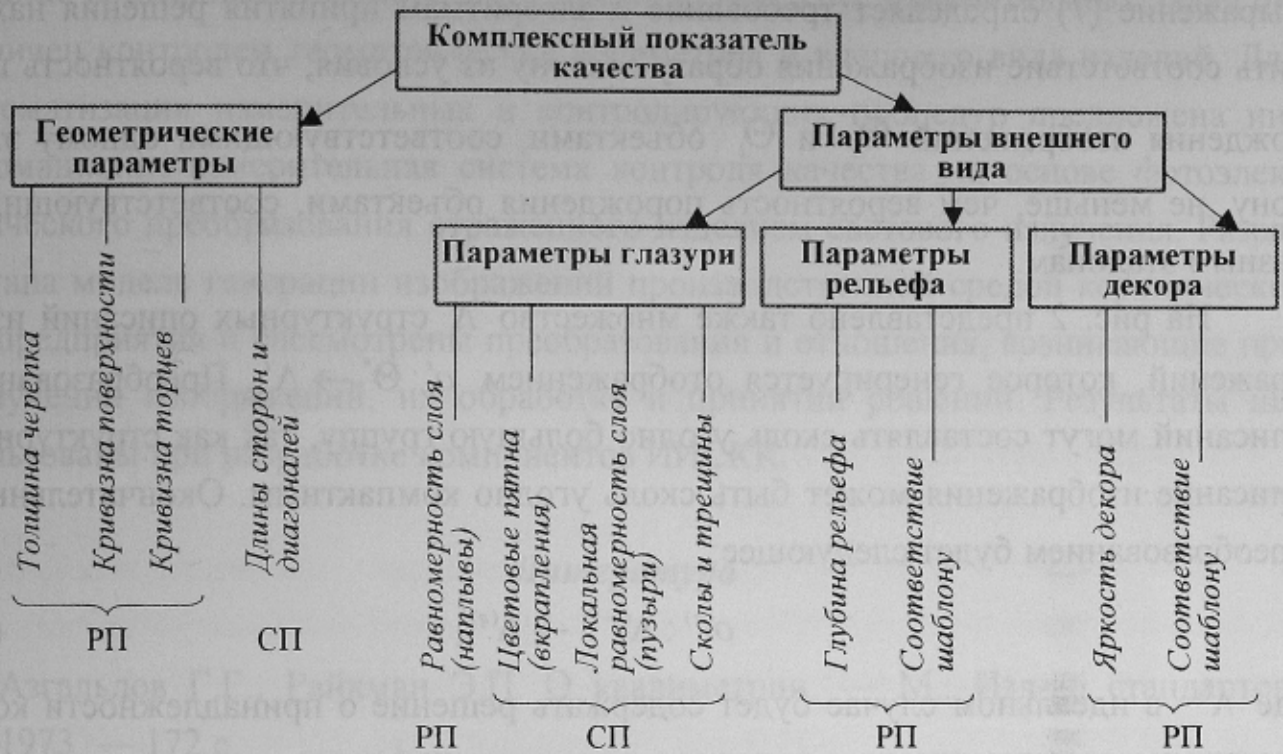


Рисунок 1 - Схема определения качества керамического изделия по визуально оцениваемым показателям качества, организованным в виде и иерархического дерева. РП - распределенные параметры, СП - сосредоточенные параметры

Отображение  $\phi: \Xi \rightarrow \Psi$  описывает отображение множества  $\Xi$  световых фронтов на множество  $\Psi$  объектов контроля (плиток с различными дефектами и их комбинациями). При этом  $\Omega^{\Psi}_1, \Omega^{\Psi}_2, \dots, \Omega^{\Psi}_m$  — разбиение множества объектов на  $m$  сортов, и в каждом таком подмножестве содержится различное количество эталонов соответствующего сорта, зависящее от технических условий контроля. На рисунке 2 приведена модель генерации множества  $\Theta$  идеальных изображений на выходе ОЭП из множества объектов контроля. С учетом искажений и помех, вносимых в процессе этого порождения, модель представляет и схему порождения множества  $\Theta^*$  реальных изображений. Для разбиения:

$$\Theta^* = \bigcup_{i=1}^m \Omega_i^{\ominus}; \quad \Omega_i^{\ominus} \cap \Omega_j^{\ominus} = \emptyset \text{ при } i \neq j, \quad (6)$$

существует отношение толерантности [5]. Для решения практических задач используют отношение толерантности, которое выполняется только при условии:

$$P\{t'(\mathcal{G}(\Theta_k^*)) = t'(\mathcal{G}(\Theta_l^*))\} \geq P\{t'(\mathcal{G}(\Theta_k^*)) \neq t'(\mathcal{G}(\Theta_l^*))\}. \quad (7)$$

Выражение (7) определяет требование к алгоритмам принятия решения находить соответствие изображения образцу-эталону из условия, что вероятность порождения изображений  $\Theta_k^*$  и  $\Theta_l^*$  объектами, соответствующими одному эталону, не меньше, чем вероятность порождения объектами, соответствующими разным эталонам.

На рис. 2 представлено также множество  $\Lambda$  структурных описаний изображений, которое генерируется отображением  $o' : \Theta^* \rightarrow \Lambda'$ . Преобразования описаний могут составлять сколь угодно большую группу, так как структурное описание изображения может быть сколь угодно компактным. Окончательным преобразованием будет следующее:

$$o^{(q)} : \Lambda^{(q-1)} \rightarrow \Lambda^{(q)}, \quad (8)$$

где  $\Lambda^{(q)}$  в идеальном случае будет содержать решение о принадлежности контролируемого керамического изделия к одному из  $m$  сортов.

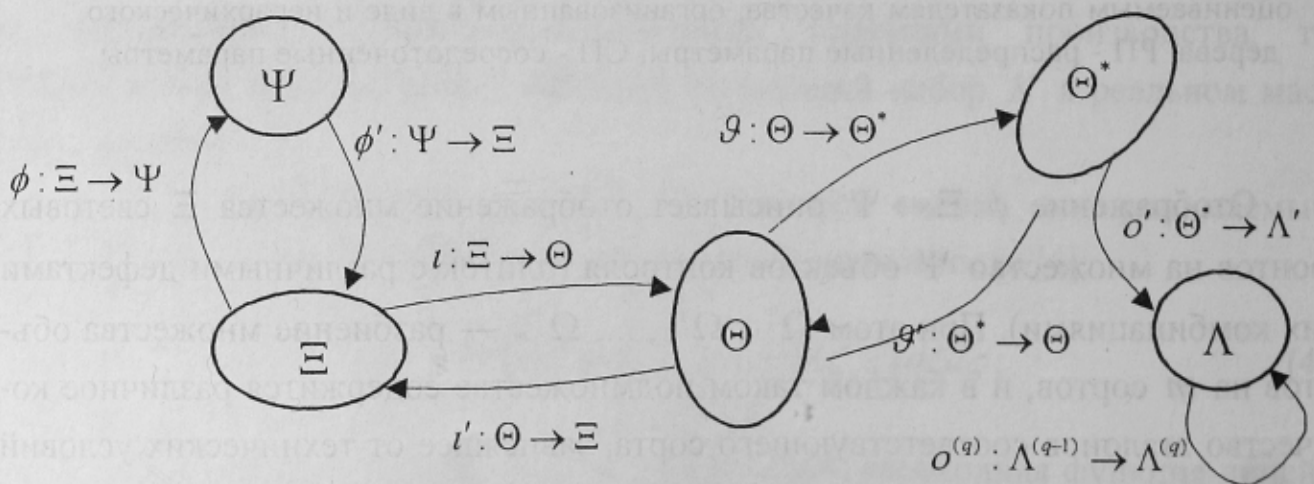


Рисунок 2 - Модель генерации и распознавания изображений для множества  $\Psi$  контролируемых и сортируемых керамических изделий

Разработанные математические модели использованы при разработке алгоритмического обеспечения ИИСКК, при идентификации измерительного канала ИИСКК, в ходе определения точности и достоверности результатов измерений и контроля.

**Выводы.** Определены задачи контроля качества керамических плиток на участке сортировки керамического предприятия. Круг измерительных задач ограничен контролем геометрических параметров и внешнего вида изделий. Для автоматизации измерительных и контролирующих процедур предложена информационно-измерительная система контроля качества на основе фотоэлектрического преобразования отраженного изделием светового излучения. Разработана модель генерации изображений производственной средой керамического предприятия и рассмотрены преобразования и отношения, возникающие при получении изображений, их обработке и принятии решений. Результаты использованы при разработке компонентов ИИСКК.

### *Литература*

1. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. — М.: Изд-во стандартов, 1973. — 172 с.
2. Булавин И.А. Машины и автоматические линии для производства тонкой керамики. — М.: Машиностроение, 1979. — 325 с.
3. Стрелов К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. — М.: Металлургия, 1985. — 480 с.
4. Генкин В.Л., Ерош И.Л., Москалев Э.С. Системы распознавания автоматизированных производств. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. — 246.
5. Васильев В.И. Распознающие системы. Справочник. — К.: Наукова думка, 1983. — 422 с.

Сдано в редакцию: 14.03.2003г.

Рекомендовано к печати: д.т.н., проф. Чичикало Н.И.