

*Г. В. Бакакин<sup>1</sup>, С. В. Двойнишников<sup>1\*</sup>, В. В. Рахманов<sup>1</sup>, В. А. Павлов<sup>1</sup>*

## **Оптическая диагностика многолуночных планшетов с реагирующей смесью при производстве**

<sup>1</sup>Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\* e-mail: dv.s@mail.ru

**Аннотация.** Разработана оптическая система технического зрения для диагностики качества содержимого многолуночных планшетов. Диагностика выполняется в реальном времени, и результат отображается оператору менее чем через 3 секунды после помещения планшета в зону контроля системы. Разработанная система технического зрения позволяет существенно снизить время визуального контроля планшетов в процессе их производства.

**Ключевые слова:** техническое зрение, многолуночные планшеты, оптический поиск дефектов

*G. V. Bakakin<sup>1</sup>, S. V. Dvoynishnikov<sup>1\*</sup>, V. V. Rakhmanov<sup>1</sup>, V. A. Pavlov<sup>1</sup>*

## **Optical Diagnostics of Multiwell Reaction-Mix Plates during Production**

<sup>1</sup> Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: dv.s@mail.ru

**Abstract.** An optical vision system has been developed for diagnosing the quality of the contents of multiwell plates. Diagnostics are performed in real time and the result is displayed to the operator in less than 3 seconds after the tablet is placed in the system control zone. The developed vision system allows to significantly reduce the time of visual control of tablets during their production.

**Keywords:** technical vision, multiwell plates, optical defect detection

### ***Введение***

Автоматизация контроля качества выпускаемой продукции является актуальной задачей в свете роста объема выпускаемой продукции и снижения количества брака [1]. В случае выпуска медицинских препаратов требования к качеству продукции существенно выше, поскольку напрямую влияют на здоровье людей.

Сфера применения систем технического зрения на основе оптической диагностики на производстве постоянно расширяется. Широкое внедрение получили оптические системы технического зрения, нацеленные на считывание меток или маркировок на продукции [2–3]. Кроме того, техническое зрение активно применяют в задачах сортировки и отбраковки продукции [4–5]. Также в промышленности применяют системы технического зрения для контроля геометрических параметров объектов [6–8], сканирования трехмерных сцен в робототехнике [9–12].

В рамках данной работы была разработана оптическая система технического зрения для диагностики качества содержимого многолуночных планшетов.

### **Описание метода**

Принцип работы системы технического зрения для диагностики качества содержимого многолуночных планшетов заключается в следующем (рис. 1). Многолуночный планшет 3 с содержащимся в лунках веществом освещается источником излучения 2. Падающее излучение рассеивается поверхностью реагирующей смеси, и рассеянный свет регистрируется приемником излучения 1. Полученное изображение обрабатывается специализированным алгоритмом для нахождения лунок планшета на изображении и для анализа содержимого лунок.

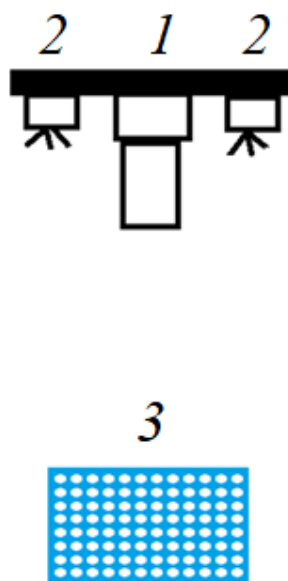


Рис. 1. Оптическая схема системы диагностики: 1 – фотоприемник; 2 – излучатель; 3 – исследуемый планшет

Алгоритм поиска местонахождения лунок основан на кросс-корреляционном анализе изображения «эталонного» планшета, на котором оператор вручную указал расположение лунок и текущего изображения. В результате находят координаты всех лунок на изображении планшета.

Для каждой лунки оценивается средняя интенсивность и среднеквадратичное отклонение интенсивности, зарегистрированные на изображении. По полученным значениям на основе результатов калибровки системы принимается решение о качестве каждой из лунок.

### **Алгоритм обработки изображений**

Обработка изображений выполняется следующим образом. Алгоритм предусматривает разделение на несколько этапов (рис. 2):

- 1) выравнивание яркости изображения;
- 2) определение положения лунок;

- 3) вычисление характеристических параметров изображения лунок;
- 4) определение статуса лунки (годен или дефект).

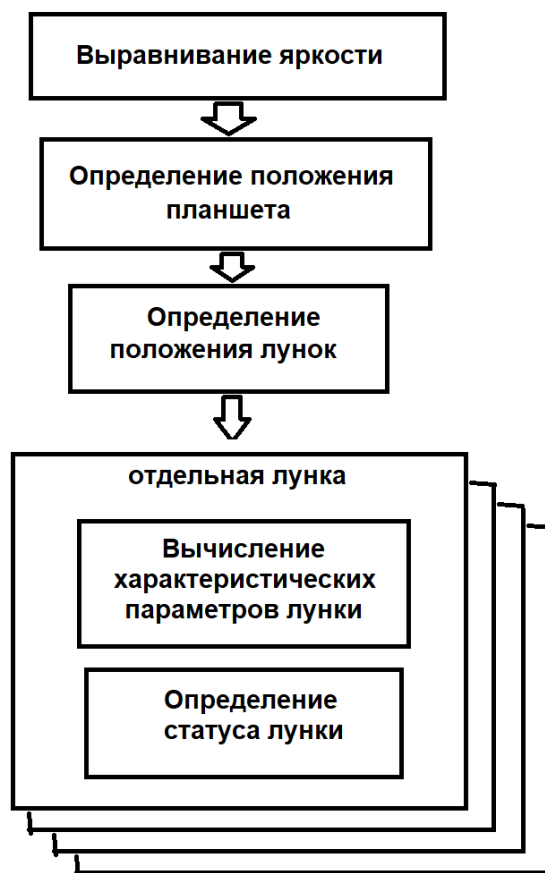


Рис. 2. Блок-схема алгоритма обработки изображений

Для устранения систематической погрешности, вызванной неравномерностью освещения планшета, реализован алгоритм выравнивания яркости изображения на основе вычитания интенсивности изображения подсвеченной матовой плоской поверхности. В результате зарегистрированная яркость изображения лунок имеет равномерный характер и не зависит от положения лунки на изображении.

Выравнивание яркости выполняется с помощью арифметического преобразования:

$$I^*(x, y) = I(x, y) - I_0(x, y) + \text{MIN}(I_0(x, y)), \quad (1)$$

где  $I(x, y)$  – исходное распределение интенсивности на изображении планшета;  $I_0(x, y)$  – распределение интенсивности на изображении калибровочной поверхности, имеющей равномерные светорассеивающие свойства и цвет, близкий

к цвету содержимого лунок планшета;  $I^*(x, y)$  – распределение интенсивности с выровненной яркостью.

Определение положения лунок выполняется на основе адаптированного кросс-корреляционного алгоритма, выполняющего поиск матрицы линейного перемещения и поворота зарегистрированного изображения планшета относительно реперного, измеренного в процессе настройки системы. Программный комплекс «знает» положения лунок на реперном планшете и после применения матрицы перемещения и поворота так же получает информацию о расположении лунок на текущем изображении планшета.

Для каждой лунки вычисляется средняя интенсивность и среднеквадратичное отклонения по изображению лунки. Они являются характеристическими параметрами, на основе которых принимается решение о состоянии каждой лунки. Для этого используются результаты калибровки, в которых для каждой пары значений средней интенсивности и среднеквадратичного отклонения задано состояние диагностируемой лунки.

### ***Практическая реализация***

Предложенный подход реализован в диагностической системе многолуночных планшетов (рис. 3), применяемой для диагностики планшетов с реагирующей смесью на финальном этапе их производства непосредственно перед упаковкой.

В качестве осветителей были применены монохромные некогерентные светодиоды, обеспечивающие освещение монохромным светом. Фотоприемник снабжен узкополосным оптическим фильтром для исключения влияния внешнего освещения. В результате система «видит» только свет, который излучают монохромные осветители.

Использован фотоприемник марки DMM 25GP031, обеспечивающий передачу на компьютер изображений с разрешением 5 мегапикселей по каналу Ethernet.

Обработка изображений выполняется на персональном компьютере в реальном времени. Результаты выводятся оператору на монитор в виде изображения планшета с подсвеченными различным цветом лунками (красные – дефекты, зеленые – годные), как показано на рис. 4.

Дополнительно реализована предварительная проверка средней яркости изображения для контроля наличия анализируемого планшета в зоне контроля. В случае, если планшет не обнаружен, программа не выполняет поиск пространственного положения лунок и не ищет годные и дефектные лунки.



Рис. 3. Внешний вид системы диагностики

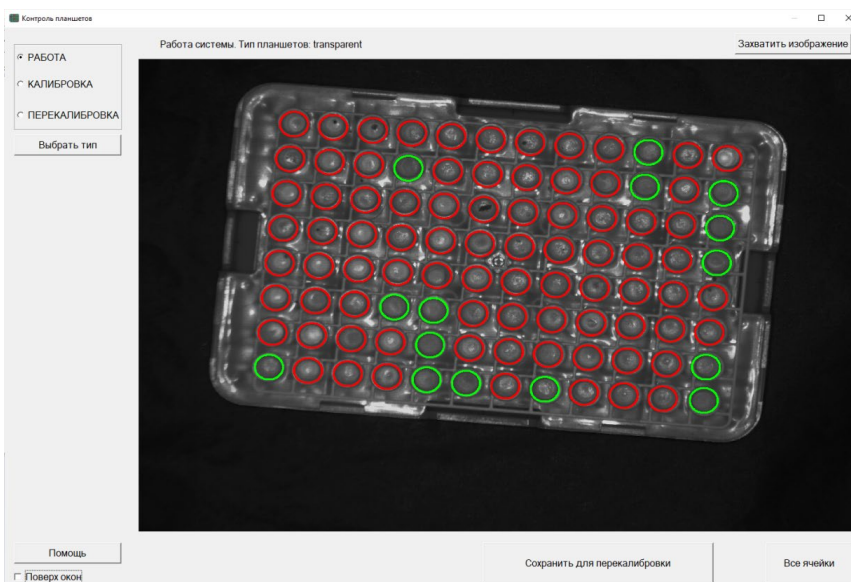


Рис. 4. Скриншот программного обеспечения

### *Заключение*

Разработана оптическая система технического зрения для диагностики качества содержимого многолуночных планшетов. Размеры планшетов 125×85 мм, каждый планшет содержит 96 лунок диаметров 7 мм. Диагностика выполняется в реальном времени и отображается оператору менее чем через 3 секунды после помещения планшета в зону контроля системы.

Разработанная система технического зрения позволяет существенно снизить время визуального контроля планшетов в процессе из производства и исключить человеческий фактор, приводящий к наличию дефектов в многолуночных планшетах с реагирующей смесью для проведения медицинских исследований.

### *Благодарности*

Работа выполнена в рамках государственного задания ИТ СО РАН.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меледин В.Г. Оптоэлектронные информационные системы для науки и промышленности // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – Т.5, №1. – С. 3–12.
2. Музыка М.Ю., Благовещенская М.М., Благовещенский И.Г., Аднодворцев А.М., Благовещенский В.Г., Бунеев А.В. Оценка возможности использования системы технического зрения для контроля маркировки готовой молочной продукции // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – №4. – С. 187–205.
3. Благовещенский И.Г. Использование системы компьютерного зрения для контроля в режиме онлайн качества сырья и готовой продукции пищевой промышленности // Пищевая промышленность. – 2015. – №6. – С.9–13.
4. Аль-Офари А. А. X. X. Сортировка фруктов на основе технического зрения // Современное научное знание: теория, методология, практика: Сборник научных трудов по матери-

алам XIII Международной научно-практической конференции, Смоленск, 27 апреля 2020 года. – Смоленск: МНИЦ «НаукоСфера», 2020. – С. 55–59.

5. Костин С.В., Шамраев А.А., Якимайнен Д.С. Автоматическая классификация и сортировка бытовых отходов // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 5-2. – С. 204–208.

6. Двойнишников С. В., Меледин В. Г., Кабардин И. К., Рахманов В. В., Зуев В. О. Метод фазовой триангуляции со статистической фильтрацией для измерений в условиях случайных аддитивных помех и ограниченного динамического диапазона фотоприемника // Измерительная техника. – 2022. – № 6. – С. 36–40.

7. В.О. Зуев, С.В. Двойнишников, В.В. Рахманов, О.Ю. Садбаков. Измерение геометрических параметров наледи методом фазовой триангуляции в ограниченном объеме с преломлением оптических сигналов // ИнтерЭкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т.8, №1. – С.105–111. DOI: 10.33764/2618-981X-2022-8-1-105-111.

8. Dvoynishnikov S.V., Kabardin I.K., Meledin V.G. (2020) Advanced Phase Triangulation Methods for 3D Shape Measurements in Scientific and Industrial Applications. In: Sergiyenko O., Flores-Fuentes W., Mercorelli P. (eds) Machine Vision and Navigation. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-22587-2\_21.

9. Колючкин В.Я., Нгуен К.М., Чан Т.Х. Алгоритмы обработки информации в системах технического зрения промышленных роботов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 9. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pribor/optica/920.html>.

10. Генкин В.Л., Ерош И.Л., Москалев Э.С. Системы распознавания автоматизированных производств. Москва, Машиностроение, 1988. – 242 с.

11. Мошкин В.И., Петров А.А., Титов В.С., Якушенков Ю.Г. Техническое зрение роботов. Москва, Машиностроение, 1990. – 272 с.

12. Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Балашов О.Е., Баранцев А.А., Фельдман А.Б. Технология анализа изображений для систем технического зрения летательных аппаратов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – №2 (175). – С.148–158.

© Г. В. Бакакин, С. В. Двойнишников, В. В. Рахманов, В. А. Павлов, 2023