

- программное средство для решения задачи расчета теплового баланса методической печи;
- справочная система программы;
- установочный файл.

Разработанное программное средство отвечает всем задачам, определенным в начале проектирования, обеспечивает заданную функциональность.

### **Список использованных источников**

1. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей. Том 1 / В.А. Кривандин, Ю.П. Филимонов ; под ред. В.А. Кривандина. М.: Металлургия, 1986. 479 с.
2. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Б.Ф. Зобнин, М.Д. Казяев, Б.И. Китаев [и др.]. М.: Металлургия, 1982. 359 с.
3. *Балена Ф.* Современная практика программирования на Microsoft Visual Basic и Visual C# : пер. с англ. / Ф. Балена, Дж. Димауро. М.: Русская редакция, 2006. 640 с.

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ИЗМЕРЕНИЯ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РЕЛЬС**

**© В.Б. Трофимов, Д.Ю. Полянский, 2012**

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк*

Решению проблемы распознавания образов посвящено достаточно много теоретических работ, к числу которых относятся труды Я.З. Цыпкина, Ю.И. Журавлева, В.А. Сойфера и многих других ученых. Однако, с точки зрения практической реализации в системах автоматизации контроля качества, известные методы и алгоритмы распознавания требуют переосмысления, дальнейшего развития и разработки новых подходов.

*Постановка задачи распознавания* поверхностных дефектов рельсов в автоматизированной системе измерения и неразрушающего контроля (на примере ОАО «ЕВРАЗ объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»).

*Исходные данные и условия задачи.*

1. Множество характерных фрагментов оцифрованных изображений поверхности дефектных и бездефектных участков рельсов.

2. Библиотека редко и часто встречаемых дефектов (волосовина, раскатанный пузырь, раскатанная трещина, плена, рванина, риски).

3. Описание действующей автоматизированной системы измерения и неразрушающего контроля линии по производству рельс ОАО «ЕВРАЗ объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат», систем-аналогов: системы со стационарно смонтированными видеокамерами (компания Thyssen Krupp Stahl AG), системы контроля качества полосы проката (компания «ДАТА-ЦЕНТР»), автоматизированной системы контроля качества поверхности полосы «DeFinds» (компания «Малленом»), системы визуального контроля поверхности проката (компания KNORR TECHNIK и компания JOANNEUM RESEARCH) и интеллектуальной системы распознавания дефектов проката [1; 2].

4. ГОСТ 21014-88 «Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности», атласы дефектов, технологические инструкции производства рельсов и их приемки.

5. Описание определяющих факторов, обуславливающих возникновение поверхностных дефектов.

6. Методы и алгоритмы выделения информативных признаков и классификации Я.З. Цыпкина, Ю.И. Журавлева, В.А. Сойфера, М.М. Бонгарда, А.Л. Горелика, Дж.Ф. Люггера, К. Фу, Р. Дуда, П. Харта.

7. Практический опыт специалистов-экспертов, квалифицированно решающих задачу распознавания дефектов неподвижного рельса.

8. Методика построения продукционной модели представления знаний:

«IF (условие), THEN (действие)».

9. Программный продукт разработки экспертных систем (ЭС), поддерживающих работу в сети Internet-Exsys CORVID.

10. Характеристики типовых факторов, искажающих изображение фрагментов рельса (масляные пятна, сдвиг, поворот, вибрация).

11. Критерий качества распознавания – отношение количества правильно опознанных дефектов к общему их числу в партии:

$$Q = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100\% \Rightarrow \max,$$

где  $Q_1$  – количество правильно опознанных дефектов;  $Q_2$  – общее число дефектов в партии.

12. Ограничения: диагностические решения должны приниматься с упреждением на время, достаточное для отметки дефектных участков рельса; скорость передвижения рельса по рольгангу должна быть не более 3 м/с.

*Требуется* разработать алгоритм распознавания поверхностных дефектов рельсов, перемещаемых рольгангом с ограниченной скоростью, учитывающий заданные ограничения и обеспечивающий максимум правильно опознанных дефектов.

Для решения поставленной задачи предложены схема расположения видеокамер (рис. 1а), обеспечивающая «двух-» и «трехглазие», алгоритм распознавания поверхностных дефектов рельсов (рис. 2). Блок 10 включает следующие основные операции: преобразование полученного цветного изображения в изображение с нулевым контрастом, нормирование и бинаризацию изображения (рис. 1б), элиминирование помех, искажающих изображение фрагментов рельса, оценивание информативного признака и автоматическую нейросетевую классификацию. Если класс поверхностного дефекта не установлен с заданной точностью в автоматическом режиме работы системы, то выполняется запуск специализированной экспертной системы распознавания поверхностных дефектов (блок 16), использующей продукционную модель представления знаний контролеров.

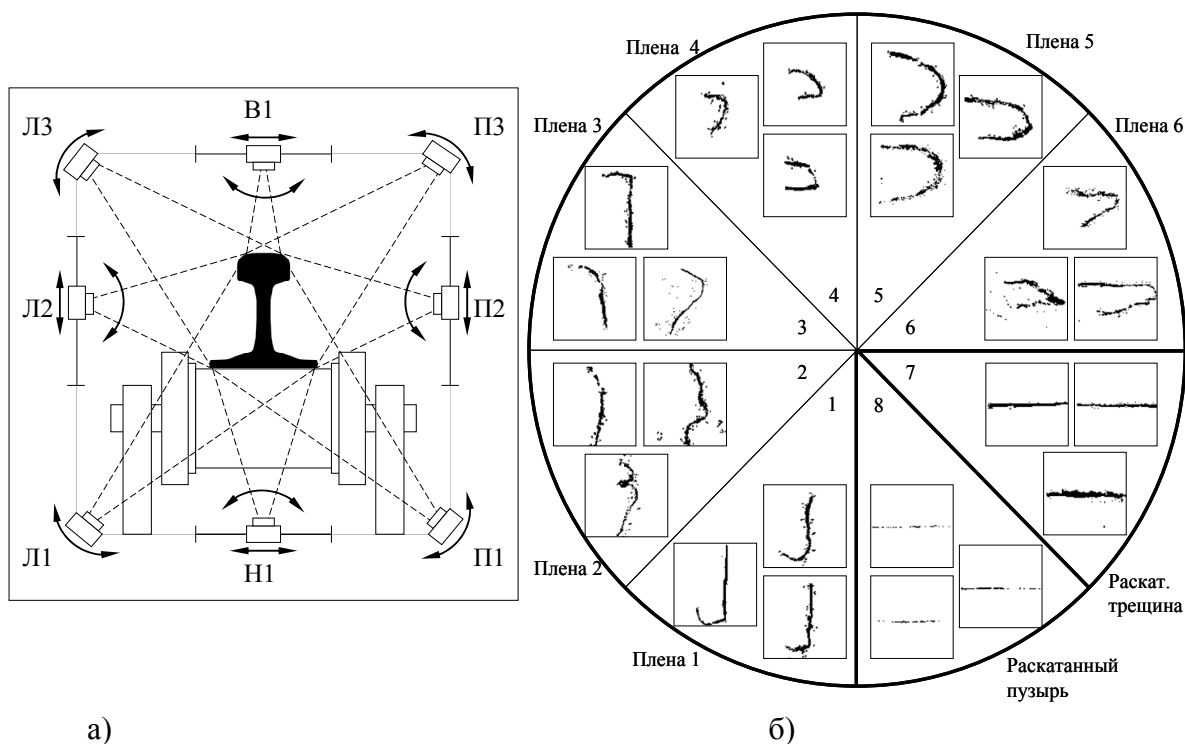


Рис. 1. Схема расположения видеокамер и поверхностных дефектов  
*В1* и *Н1*, *Л1* – *Л3* и *П1* – *П3* – верхняя и нижняя, левые и правые видеокамеры

Для исследования предложенного алгоритма (рис. 2) методом моделирования была сформирована обучающая выборка типовых (часто встречаемых) дефектов рельсов (рис. 1б), обучена искусственная нейронная сеть (многослойный персептрон), используемая в блоке 10 алгоритма распознавания. При обучении сети наибольшую эффективность показал алгоритм обратного распространения ошибки. Создана экспертная система на основе сочетания продукционного и балльного методов. Создание ЭС включало выполнение следующих этапов: описание проблемной ситуации, извлечение знаний, структурирование и формализацию знаний, программную реализацию, моделирование, лабораторные (рис. 3) и натурные (рис. 4) испытания ЭС. В качестве основных методов извлечения знаний были использованы диалоги, интервью с экспертами (высококвалифицированными контролерами), а также анализ ГОСТов, атласов дефектов. Учитывая особенности производства рельсов, высокую занятость операторов-контролеров, также был использован метод «Дельфи», предполагающий итеративное анкетирование экспертов.

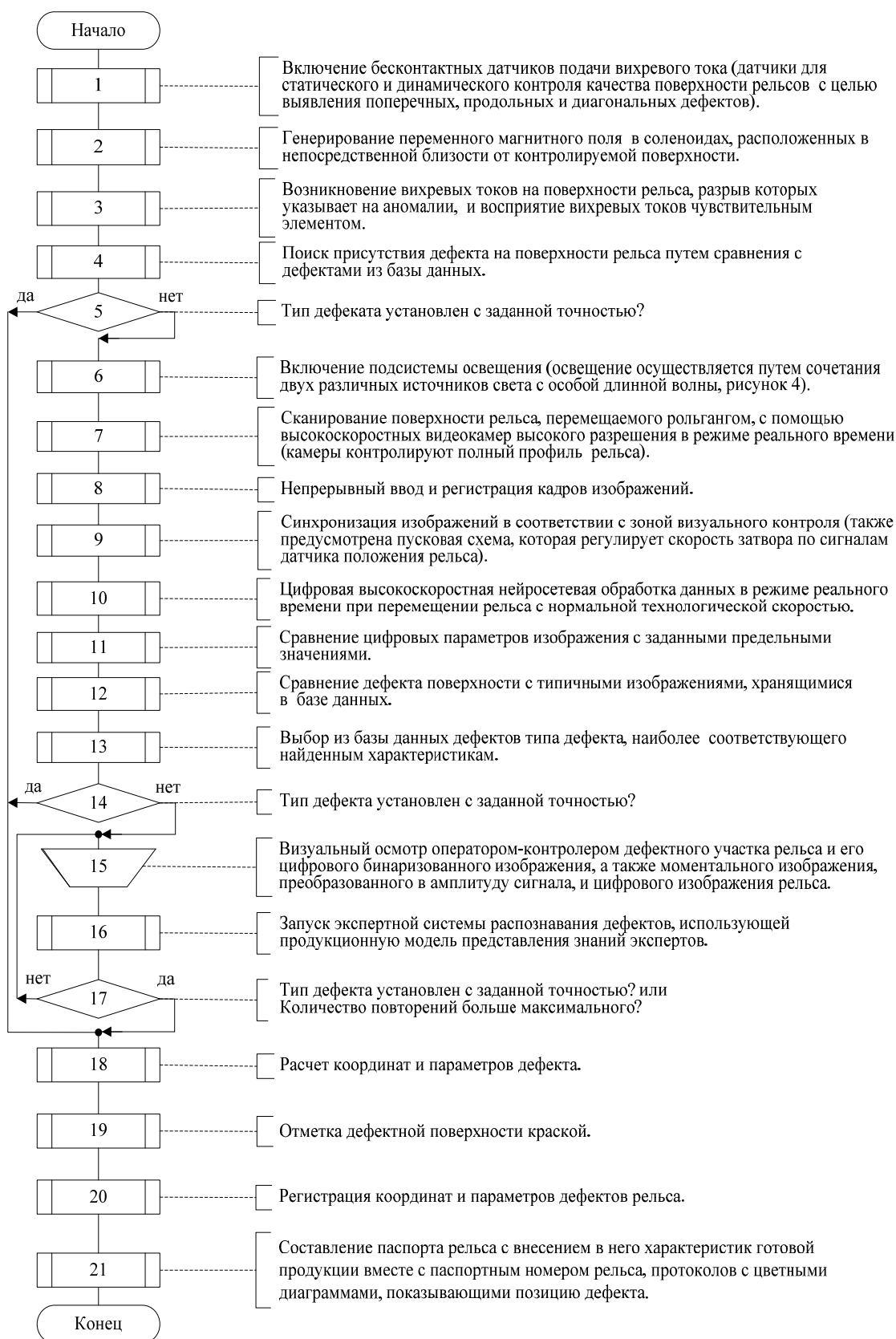


Рис. 2. Алгоритм распознавания поверхностных дефектов рельсов в потоке производства



Рис. 3. Лабораторная установка для настройки и исследования алгоритмов распознавания дефектов проката

В результате структурирования знаний получена таблица, увязывающая типы дефектов с их характерным графическим изображением, морфологическими свойствами, описанием микрошлифа, местом расположения и характером их расположения, протяженностью, глубиной и генетическими признаками. Для формализации знаний была использована продукционная модель. Создание и моделирование ЭС осуществлялось с использованием натуральных объектов (рельсов) и их цифровых отображений в программном продукте Exsys CORVID.

Для каждой ситуации оператор-контролер (рис. 4), визуально осматривая дефектный участок реального рельса, его цветное цифровое изображение, а также изображение, очищенное от фона и помех путем бинаризации, отвечая на вопросы экспертной подсистемы, работающей в диалоговом режиме, получает суммарную балльную оценку возникновения конкретного типа дефекта.



Рис. 4. Автоматизированное рабочее место оператора-контролера  
ОАО «ЕВРАЗ объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»

Эффективность распознавания поверхностных дефектов рельс на контрольной выборке в автоматическом режиме составила 90 % за счет использования искусственной нейронной сети. После включения операции вращения изображения дефекта эффективность распознавания увеличилась до 95 %, а при подключении ЭС – до 97 %. Для распознавания классов оставшихся 3 % поверхностных дефектов привлекается специалист рельсовой лаборатории.

#### Список использованных источников

1. Интеллектуальная система распознавания поверхностных дефектов проката / С.М. Кулаков, В.Б. Трофимов, Н.Ф. Бондарь, С.В. Чабан // Информационные технологии. 2008. № 5. С. 53–59.
2. Патент 2426069 Российской Федерации, МПК G01B 11/30, B21C 51/00. Способ неразрушающего контроля качества поверхности рельсов / В.Б. Трофимов, С.М. Кулаков – № 2010112763/28; заявл. 01.04.2010; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 22–15 с.