

# ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

---

## КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШКАЛ АНАЛОГОВЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**А. Г. Кириллов, В. Н. Сакевич**

Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

Аналоговые измерительные электрические приборы находят достаточно широкое применение в различных отраслях производства, несмотря на широкое распространение цифровых электрических приборов. Основными преимуществами аналоговых стрелочных приборов является высокая скорость оценки измеряемого параметра и диапазона измерения, неподверженность влиянию электромагнитных полей и колебаний температуры. Преимущественно предприятиями приборостроения выпускаются такие аналоговые приборы, как вольтметры, амперметры и манометры. Процесс изготовления аналоговых приборов, состоящий из большого количества мелких деталей, на порядок сложнее, чем цифровых, и должен обеспечить низкую погрешность измерения. Достижение требуемого класса точности стрелочного аналогового прибора является сложной и комплексной производственной задачей, эффективность решения которой во многом определяет конкурентоспособность предприятия.

Изготовление и поверка шкал аналоговых электроизмерительных приборов является завершающим этапом изготовления, на котором принимается решение о годности прибора для его дальнейшей эксплуатации. Высокие затраты при единичном производстве шкал приборов с нелинейным механизмом приводят к необходимости внедрения средств автоматизации их изготовления. С целью повышения производительности, улучшения качества и снижения стоимости изготовления шкал предложен программно-аппаратный комплекс, а также алгоритм его функционирования.

В связи с тем, что аналоговые приборы имеют нелинейный механизм, для каждого экземпляра прибора изготавливается индивидуальная шкала, что снижает производительность за счет значительной доли ручного труда, низкой производительности труда и высоких требований к квалификации оператора. Электромагнитный измерительный механизм преобразует электрический сигнал в показания индикаторной части, которая состоит из стрелочного указателя и шкалы с нанесенными на ней информационными знаками и метками. Немаловажной частью измерительного механизма является успокоитель, который демпфирует колебания стрелочного указателя при изменении уровня сигнала.

Аппаратная часть комплекса (рис. 1) состоит из калибратора универсального Н4-101 ОАО «МНИПИ», лазерного гравера Speedy-100R Trotec и регистрирующего видеоблока, подключенных к персональному компьютеру посредством USB-интерфейсов [1, 2]. Калибратор универсальный в программном режиме воспроизводит уровни сигнала в зависимости от вида изготавливаемого прибора. Лазерный гравер печатает шкалу, сформированную программой, нанося на установленную заготовку шкалы метки и информационные знаки.

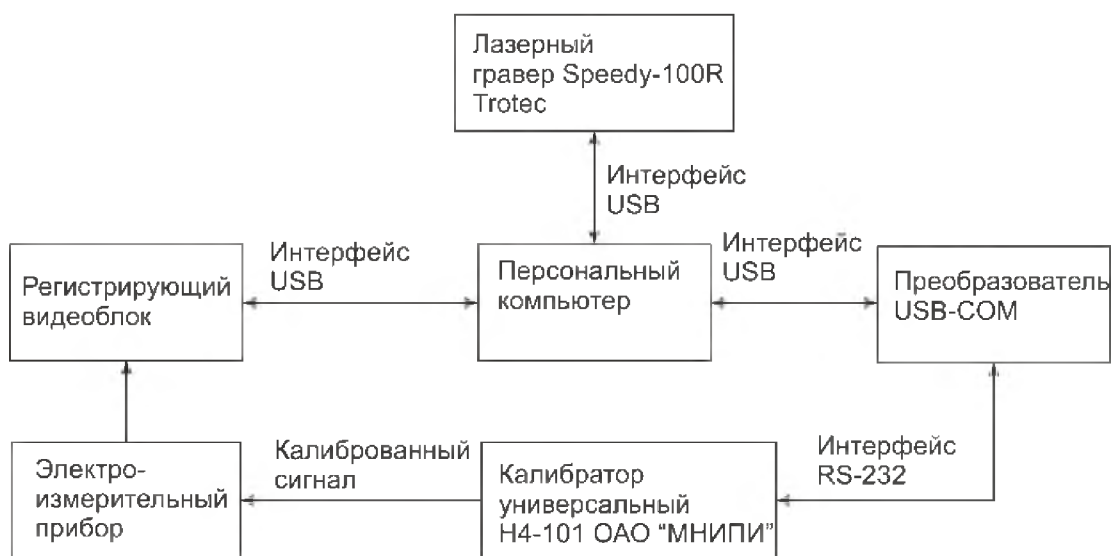


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса

Пример кадра видеоизображения шкалы показан на рис. 2.



Рис. 2. Пример кадра видеоизображения шкалы

Наиболее трудоемкой задачей при разработке комплекса являлось проектирование программного обеспечения для определения углов поворота стрелки и последующей прорисовки шкалы.

Необходимо минимизировать погрешности, влияющие на формирование рисунка шкалы, к которым относятся погрешности изготовления прибора, погрешности установки прибора в регистрирующем видеоблоке и погрешности программного определения углов поворота стрелки.

Погрешности изготовления прибора сказываются на положении центра  $C$  вращения стрелки. Необходимо также учитывать угловую погрешность  $\alpha$  установки прибора в регистрирующем блоке. Поэтому было принято решение использовать в качестве базы оси двух винтов  $A_1$  и  $A_2$ , на которых крепится шкала. В дальнейшем эти же оси используются для базирования заготовки шкалы в лазерном гравере. Для крепления шкалы используются винты с накатанной головкой, поиск положения осей которых затруднителен из-за выступающих над поверхностью шкалы частей. Наилучший результат показало использование в качестве базисующих элементов технологических меток (кругов)  $B_1$  и  $B_2$ , нанесенных на технологическую шкалу методом лазерной гравировки на заданном расстоянии от осей винтов  $B_1$  и  $B_2$ .

Таким образом, задача свелась к реализации нескольких этапов: определение положения реперных точек  $B_1$  и  $B_2$ ; определение положения концевых точек  $x_{Si}$ ,  $y_{Si}$  и углов  $\gamma_i$  стрелки; корректировка значений  $x_{Si}$ ,  $y_{Si}$ ,  $\gamma_i$  путем преобразования системы координат. Для данного вида изображения угловые положения стрелки играют второстепенную роль по сравнению с положениями конца стрелки в связи с тем, что критерием годности прибора является совпадение конца стрелки с нанесенными на шкалу метками.

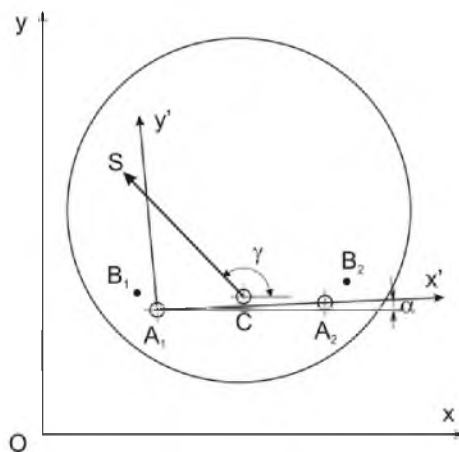


Рис. 3. Расчетная схема учета погрешностей

Основными требованиями к алгоритму определения положения стрелки являются устойчивость к изменению условий освещенности, стабильность обработки всей выборки изображений, быстроедействие, точность распознавания. Универсальных алгоритмов обработки изображений не существует, поэтому был разработан и апробирован ряд алгоритмов и их модификаций для каждого шага, в результате чего оставлен один рабочий вариант. Алгоритм обработки изображений шкалы представляет собой ряд последовательных шагов, на ряде из которых проводится оптимизация входных параметров для получения наилучшего результата. Критерии оптимизации индивидуальны для каждого этапа.

На первом этапе проводится обрезка изображения шкалы по окружности, ограничивающей прибор. Для этого проводится преобразование изображения в полутоновое, уменьшение разрешения, определение границ методом Канни, поиск окружности преобразованием Хафа, увеличение разрешения и обрезка изображения.

На втором этапе определяется положение концевой точки и угла стрелки. Обрезка изображения по маске выполняется для удаления видимой части механизма прибора. Затем осуществляется глобальная бинаризация изображения методом Оцу. Выполняется морфологическая операция открытия для удаления ненужных областей. Выполняется определение угла наклона стрелки и координаты экстремальных точек изображения стрелки. Уточняется положение концевой точки стрелки, для чего от стрелки отсекается небольшая часть, для которой определяются координаты центра масс.

На третьем этапе определяется положение реперных точек, для чего выполняется обрезка изображения по маске и поиск центров окружностей  $B_1$  и  $B_2$  по алгоритму Хафа.

На четвертом этапе выполняется корректировка значений  $x_{Si}$ ,  $y_{Si}$  путем преобразования системы координат и углов  $\gamma_i$  так, чтобы положения концевой точки стрелки совпали со значениями, полученными на втором этапе.

В заключение формируется изображение для печати готовой шкалы методом лазерной гравировки.

Использование разработанного комплекса позволило повысить производительность по сравнению с используемым способом более, чем на порядок и сократить число технологических переходов. Класс точности приборов благодаря используемому алгоритму определения угла поворота стрелки, а также применению способа лазерной гравировки улучшен с 2,5 до 1,5.

### *Библиографический список*

1. Пат. 13628 Республика Беларусь, МПК G 01 R 35/00. Способ автоматической поверки стрелочного измерительного прибора с матричной системой отображения информации и устройство для его осуществления / Алексеев А. Н., Зиновенко В. С., Колпаков В. И., Мозжаров С. Е., Сакевич В. Н. ; заявитель ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов». – Афіцыйны бюл. // Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 6 (71). – С. 26.
2. Пат. 19362 Республика Беларусь, МПК G 01 R 35/00. Способ изготовления циферблата стрелочного измерительного прибора и устройство для его осуществления / Алексеев А. Н., Зиновенко В. С., Колпаков В. И., Сакевич В. Н. ; заявитель ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов». – Афіцыйны бюл. // Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 3 (98). – С. 33.

## **КОРРЕКЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ АСУ ТП НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ**

**З. М. Хасанов, А. А. Вишневский, В. Х. Ясовеев**

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г. Уфа, Россия

### **ВВЕДЕНИЕ**

Важное место занимает создание самонастраивающихся систем автоматического управления (САУ) добычи и переработки углеводородов, в состав которой входят один или несколько взаимосвязанных друг с другом волоконно-оптических датчиков объемного расхода, давления и температуры (ВОДД) [1]. Характерная особенность в работе взаимосвязанных указанных датчиков – это быстроизменяющиеся переменные условия, поэтому каждый датчик должен гибко приспосабливаться к происходящим изменениям.

### **1. Автоматизированная система управления технологическим процессом добычи**

Опыт проектирования высокоточных, быстродействующих и помехозащищенных расходомеров с ВОДД позволил синтезировать структуру новой, усовершенствованной АСУ ТП. Существенным преимуществом этой АСУ является то, что здесь задача управления расходом массы газожидкостной смеси (ГЖС) решается совместно с задачами получения в результате термодинамического процесса максимальной полезной работы, теплоты или их опосредованных характеристик (коэффициента полезного действия, производительности и т.д.). То есть задачи управления расходом массы ГЖС и задачи управления термодинамическими процессами рассматриваются как единое целое, а не как отдельные независимые части. В результате чего повышается эффективность нефтегазодобычи и появляется возможность оптимизировать основные режимы работы. Другими