

# АКУСТИЧЕСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ И КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

*Е.А. Рыбаков, Д.П. Стариков, Е.И. Громаков  
(г. Томск, Томский политехнический университет)  
E-mail: EvgRybakov@gmail.com*

## ACOUSTIC CAMERA FOR EXPRESS-DIAGNOSTICS OF PUMPING UNITS AND COMPRESSOR STATIONS

*E.A. Rybakov, D.P. Starikov, E.I. Gromakov  
(Tomsk, Tomsk Polytechnic University)*

**Abstract:** This article contains information about a fundamentally new method of the main pumps and compressors investigating. The method is based on fixation of the sound waves coming from the unit and the subsequent analysis and fault localization. The main idea is to measure phase difference input at the sensor and fault finding in the early stages.

### Введение

Перекачивающие агрегаты работают в среднем 350–360 дней в году (из 365 дней), т. е. практически без остановки. Бесперебойная работа оборудования нефтегазотранспорта является важнейшим требованием, предъявляемым к системе автоматического управления (САУ). Это обеспечивается за счет своевременной диагностики и ремонта исполнительного оборудования.

При несвоевременной диагностике неисправности, производство может потерпеть значительные экологические, производственные или экономические убытки. Типовым решением диагностики и сигнализации неисправного состояния объектов нефтегазовой области является применение датчиков вибрации, осевого сдвига и т. д. При этом необходимо использование большого количества таких сенсоров.

Однако, для раннего обнаружения неисправности чаще всего типовых решений недостаточно. Так же если неисправность и была обнаружена заранее, с помощью типовых решений, то для ее устранения из-за неопределенности локализации данной неисправности, может потребоваться значительное время, а время – ключевой фактор.

Отсюда вытекает цель: создание программно-аппаратного комплекса для ранней диагностики и точной локализации неисправности в сложной геометрии нефтегазоперекачивающего оборудования, а именно акустическая камера (АК).

Модель установки имеет следующий вид (рис. 1).

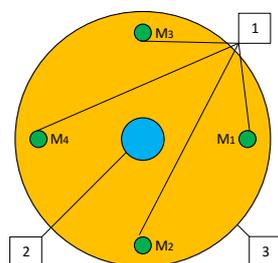


Рис. 1 – Модель АК

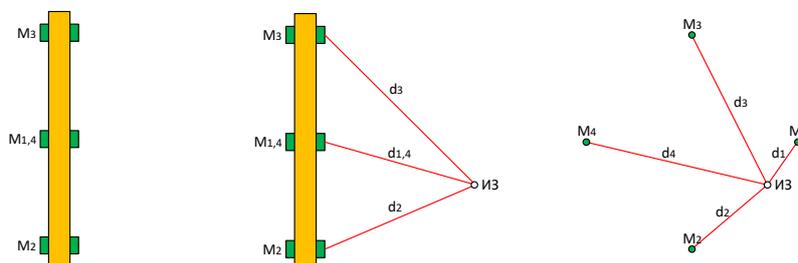


Рис. 2 – Принцип работы

Где: 1 – высокочувствительные микрофоны; 2 – цифровая камера высокого разрешения; 3 – корпус.

Модель АК – это камера, по контуру которой расположены сенсоры (микрофоны). Известно, что звук до каждого из микрофонов дойдет за разное время, что обусловлено разными расстояниями от источника звука до каждого из микрофонов. Предположим камера направлена на геометрически сложный, массивный объект, например, магистральный насос (см. рис. 2) где,  $d_{1-4}$  расстояния до источника звука (ИЗ).

Необходимо рассмотреть проекцию на плоскость камеры каждого из расстояний  $d_{1-4}$ . Каждый из четырех микрофонов фиксирует одновременно поступающие звуки и если происходит резкое изменение частоты, не соответствующее технологическому процессу (стук, и т. п.), то камера фиксирует это и рассчитывает точное расположение в плоскости некорректного звука [1].

Расчет производится с использованием уравнений окружности, где единственная неизвестная переменная это  $z$  – время от возникновения события до фиксации этого события ближайшим сенсором.

В результате работы программы формируются уравнения (1), где  $\alpha$  – расстояние между центром координат и микрофонами,  $\Delta z_i$  – разности фаз [2].

$$\begin{aligned} z^2 &= (x - \alpha)^2 + y^2 \\ (z + \Delta z_1)^2 &= x^2 + (y + \alpha)^2 \\ (z + \Delta z_1 + \Delta z_2)^2 &= x^2 + (y - \alpha)^2 \\ (z + \Delta z_1 + \Delta z_2 + \Delta z_3)^2 &= (x + \alpha)^2 + y^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Из системы уравнений (1) возможно выразить  $z$ , после чего построить из каждого центра, окружность, где общая точка пересечения есть – локализация интересующего нас шума. После чего программа автоматически создает градиент распространения конкретного шума и масштабирует результат, под формат окна камеры.

### Программное и аппаратное обеспечение

Система строится на двух программируемых контроллерах at Mega, разной разрядности. Первый контроллер (менее мощный) обрабатывает сигналы с аналоговых датчиков (микрофонов), преобразует в цифровой вид (через АЦП) и отправляет данные на второй контроллер (более быстродействующий), где производятся все необходимые калькуляции и решение уравнений. Микрофоны калибруются встроенными потенциометрами [3].

Последним этапом данные отправляются на ПК, через последовательный интерфейс UART, где в специально созданном программном обеспечении интерпретируются и строятся выходные видеокadres.

### Заключение

Основные достоинства системы можно опционально разделить на два типа:

1. Технологические:
  - Предупреждение аварийных ситуаций;
  - Диагностика неисправностей на ранних стадиях;
  - Использование совместно с КИП;
  - Локализация неисправностей;
  - Мобильность в использовании.
2. Экономические:
  - Увеличение срока службы МНА;
  - Уменьшение затрат на ремонт оборудования;
  - Уменьшение количества ЗИП;
  - Гибкость системы (простота интеграции).

Особенно выделяются такие достоинства как точная локализация неисправностей и уменьшение затрат на оборудование.

Очевидно, что для полученного прототипа присущи и недостатки:

- Невысокая точность локализации:
  - Устраняется за счет увеличения расстояния между микрофонами в плоскости устройства и увеличения их числа (8, 16, 32);
- Невысокий диапазон частот:
  - Устраняется путем увеличения качества микрофонов.

Точность созданного прототипа составляет 1 мм, на расстоянии 1,5 м. Данный показатель легко увеличивается, за счет увеличения расстояния между камерами.

Акустическая камера может быть успешно внедрена для диагностики и сигнализации МНА, электроприводов, компрессоров. Перспективность данного решения очевидна в силу экономических и технологических факторов.

АК – выполнена в двух исполнениях: встраиваемая в SCADA или же портативная, т. е. подключающаяся к ноутбуку. Программное обеспечение позволяет оператору открыть тренды, на которых изображены графики изменения частот с определенной частотой дискретизации и выделить интересующие моменты времени, в которые, возможно была неисправность, в свою очередь, ПО само локализует неисправность и построит градиент вероятности.

### **Список литературы**

1. S. Nandi, S. Detection of Rotor Slot and Other Eccentricity-Related Harmonics in a Three-Phase Induction Motor with Different Rotor Cages // IEEE Power Engineering Review, vol. 21, no. 9/ Ahmed, H. Toliyat. – 2001. – P. 62–66.
2. X. Huang Real-time algorithm for acoustic imaging with a microphone array // The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 125, no. 5. – 2009. – P. 150–155.
3. Michael Margolis: Arduino Cookbook (O'Reilly Media, Inc., 2011)

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ КАПИТАЛОМ ОРГАНИЗАЦИИ**

*М.К. Семенова*

*(г. Томск, Томский политехнический университет)*

*E-mail: Masha\_Semenova@sibmail.com*

## **INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE MANAGEMENT OF INTELLECTUAL CAPITAL OF ORGANIZATION**

*M.K. Semenova*

*(s. Tomsk, Tomsk Polytechnik University)*

The report examines how organization can use information technologies for management of intellectual capital.

Капитал – это совокупность материальных, интеллектуальных и финансовых средств, используемых для получения дополнительных благ [1]. Интеллектуальный капитал – относительно новый вид капитала, который так же может быть отнесён в отдельную категорию факторов производства. Особенностью интеллектуального капитала является, в первую очередь, невозможность измерения его стоимости методами прямой оценки. Так же он имеет два основных свойства, относящихся к любому виду капитала: интеллектуальный капитал оказывает влияние на стоимость продукции или услуги, что ведет к способности приносить прибыль организации, и интеллектуальный капитал служит для укрепления позиций предприятия на рынке и получения конкурентных преимуществ.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что управление интеллектуальным капиталом является одной из важнейших задач в управлении производством. В связи с переходом от индустриального к постиндустриальному или информационному обществу возрастает роль знаний и информации, что делает управление интеллектуальным капиталом организации приоритетной задачей для компании.

В связи с этим в современных организациях формируется новая функция управления, цель которой состоит в аккумуляровании интеллектуального капитала, выявлении и распро-