

**Паутова Анна Сергеевна**  
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»  
Аспирант  
*Pautova Anna Sergeevna*  
*FGBOU VPO «Samara State Technical University*  
*Postgraduate student*  
E-Mail: [pautova.anna1985@mail.ru](mailto:pautova.anna1985@mail.ru)

05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы»

## **Информационно-измерительная система определения объема чистой нефти транспортируемой по магистральным трубопроводам**

Information – measuring system determining the volume of net oil transported through trunk pipelines with impurities

**Аннотация:** Рассматривается информационно-измерительная система объемного расхода чистой нефти с возможностью оперативного определения объема твердых примесей, присутствующих в составе транспортируемой нефти.

**Abstract:** The information and measuring system that allows to accurately determine the flow net of oil and at the same time the presence and amount of impurities within it.

**Ключевые слова:** Информационно-измерительная система; электроакустические преобразователи; акустический сигнал; матрица пьезоэлементов; диаграмма направленности; сканирование сечения.

**Keywords:** Information-measuring system; transducers; probe signal; the matrix of piezoelectric elements; the radiation pattern; the scanning section.

\*\*\*

В настоящее время для определения объема транспортируемой нефти широкое распространение получили ультразвуковые методы, основанные на эффекте Доплера, обладающие простотой и надежностью. Однако они не могут учитывать наличие частиц, находящихся в составе нефти.

Определение объема чистой нефти осуществляется лабораторным способом при помощи проб, в которых выявляется наличие примесей.

Существующие *информационно-измерительные системы (ИИС)*, основанные на использовании одной пары преобразователей, измерение в которых производится на основе данных о разности прохождения акустических колебаний по и против направления потока нефти в трубопроводе, не позволяют получить высокую точность, т.к. мгновенное значение скорости определяется в одной точке, а не по всей эпюре распределения скоростей от края до центра нефтепровода.

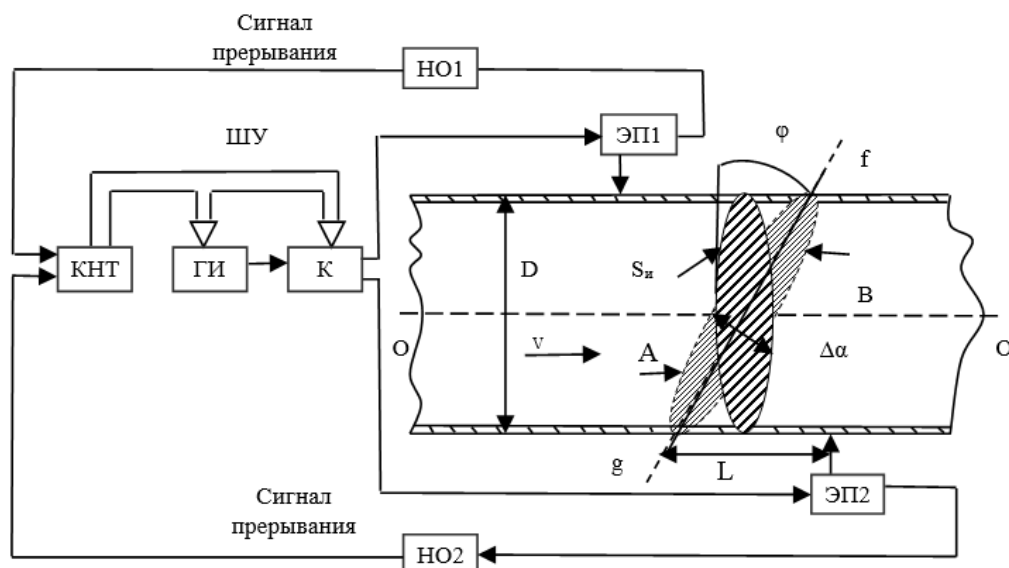
Этот недостаток устранен в ИИС с несколькими парами преобразователей, механически перемещаемых по поверхности трубопровода. Данная ИИС позволяют определять мгновенное значение скорости в разных точках эпюры распределения скоростей. Однако они обладают конструктивной сложностью и не позволяют оперативно определять наличие частиц, находящихся в составе нефти.

Выше перечисленные недостатки устранены в разработанной ИИС с использованием

матричных акустических преобразователей. Данная ИИС предполагает три основных режима работы.

- Режим измерения времени прохождения *акустического сигнала (АС)* фиксированного отрезка нефтепровода по направлению движения нефтяного потока.
- Режим измерения времени прохождения АС того же отрезка нефтепровода против направления движения нефтяного потока. Эти режимы в ИИС выполняются последовательно друг за другом через заданные интервалы времени.
- Режим оперативного определения количества примесей, находящихся в составе контролируемого объема транспортируемой нефти. Этот режим может выполняться после завершения 1-го и 2-го режимов работы, либо осуществляться одновременно с ними.

Структурная схема ИИС расхода чистой нефти приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Структурная схема информационно-измерительные системы

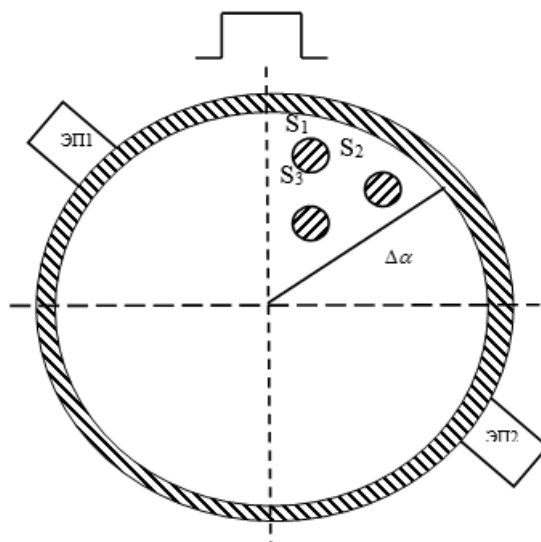
ИИС состоит из контроллера КНТ со встроенным таймером  $T$ , матричных электроакустических преобразователей ЭП1 и ЭП2, управляемого многоканального коммутатора К, генератора импульсов ГИ, нуля - органа НО1 и НО2.

ЭП1 и ЭП2 располагаются вдоль оси нефтепровода с заданным смещением на противоположных его сторонах таким образом, чтобы каждый элемент матрицы одного преобразователя взаимодействовал только с одноименным элементом другого преобразователя при прохождении АС [3]. ЭП1 и ЭП2 в процессе работы чередуют функцию передатчика и приемника АС.

Преобразователь представляет собой матричную ленту, на которой находятся элементарные пьезоэлементы, расположенные под различными углами относительно оси поверхности трубопровода для того, чтобы не происходило пересечение лучей. Процесс электронного сканирования заключается в следующем.

Ультразвуковые сигналы, направленные элементами матричного излучателя ЭП1 в поток нефти по линии "АВ", сканируют площадь сечения трубопровода  $S_{\text{и}}$  по виртуальной поверхности от точки  $f$  до точки  $g$  и принимается элементами матричного ЭП2. Диаграмма

направленности излучения одного пьезоэлемента матрицы (рис. 2) имеет ширину, равная площади  $1/n_i$  части площади сечения трубопровода  $S_{ii}$  между преобразователями ЭП1 и ЭП2. Вектор скорости  $V_i$  потока нефти направлен под углом  $\varphi$  к направлению АС.



**Рис. 2.** Схема направленности излучения

Принцип действия ИИС заключается в следующем.

На первом этапе контроллер КНТ по шине управления запускает генератор ГИ и переводит коммутатор К в положение 1. В этом положении коммутатор К подключает ГИ к одноименному элементу матрицы, переводя ЭП1 на передачу АС. Одновременно КНТ запускает встроенный в него таймер Т, который начинает отсчет времени.

При поступлении АС на ЭП2, срабатывает нуль-орган НО2, который вырабатывает сигнал прерывание. Таймер Т заканчивает отсчет времени и данное значение запоминается в памяти КНТ.

На втором этапе контроллер КНТ по шине управления запускает генератор ГИ и переводит коммутатор К в положение 2. В этом положении коммутатор К подключает ГИ к одноименному элементу матрицы, переводя ЭП2 на передачу АС. Одновременно с этим КНТ запускает встроенный в него таймер Т, который начинает отсчет времени.

При поступлении АС на ЭП1, срабатывает нуль-орган НО1, который вырабатывает сигнал прерывание. Одновременно отключается ГИ и таймер Т, отсчет времени с Т запоминается в памяти КНТ, где происходит вычисление скорости потока нефти по разности времени прохождения сигналов по и против потока.

Для определения мгновенной скорости потока в другой точке эпюры скоростей, коммутатор К переключается на другую пару элементов матричных преобразователей ЭП1 и ЭП2 и процесс измерения времени прохождения АС по и против потока нефти повторяется, а вычисленное значение скорости запоминается в КНТ. На основании полученных значений мгновенных скоростей вычисляется среднее значение скорости нефтяного потока.

Объемный расход нефти определяется как:

$$G_v = S \cdot (v_{np} - v_{no}) = S \cdot L \cdot (t_{no} - t_{np}) / t_{no} \cdot t_{np} \quad (1)$$

где  $t_{no}$ -  $t_{np}$  – время прохождения акустических сигналов сечения трубопровода по и против потока,  $S$  – площадь поперечного сечения трубопровода,  $V_{no}$  -  $V_{np}$  – скорости по и против направления потока нефти,  $L$  – длина участка трубопровода

Как показали исследования для определения средней скорости потока достаточно трех-пяти измерений мгновенных скоростей в разных точках эпюры скоростей. Так как скорость потока нефти в сечении трубопровода зависит от вязкости нефти и состояния стенок, то среднее значение скорости потока может отличаться от измеренной максимальной на 13-14 процентов.

Используя экспериментальную эпюру скоростей для данного диаметра сечения нефтепровода, чистоты его стенок и вязкости нефти, определяется количество контролируемых точек равно отстающих друг от друга, обеспечивающих их минимальную методическую погрешность, которая для 5-ти точек не превышает десятых долей процента.

Третий режим работы ИИС, связан с определением количества примесей в транспортируемой нефти. Поочередно с элементов матрицы ЭП1 посылаются АС в поток нефти, отсутствие АС на приемной стороне ЭП2, будет характеризовать наличие твердой частицы, попавшей в зону действия АС. Далее по числу не принятых сигналов определяется количество частиц в составе нефти.

Подсчитав количество частиц, проходящих через сечение за заданный промежуток времени, возможно определить объем примесей, который вычисляется в КНТ по линейным размерам частиц. Линейный размер частиц находится в зависимости от расстояния на котором расположены элементы матрицы. Определения количества примесей в исследуемом объеме нефти, основаны как на одновременном использовании всех пар матричных элементов, либо части элементов, так и попеременном использовании элементов.

Таким образом, предлагаемая ИИС отличается тем, что в ней используются неподвижные преобразователи с ленточной матрицей пьезоэлементов с помощью которых обеспечивается электронное сканирование всей площади сечения трубопровода за счет выбора угла наклона элементов матрицы. Кроме того, описанная ИИС позволяет путем реализации трех режимов работы определять общий объем нефти, количество частиц, находящихся в указанном объеме и вычислять объем чистой нефти.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов.- М.: Высш. Школа, 1982. – 496 с.
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества вещества : Справочник №1 - 4е изд. – изд.перераб. и доп. – Спб.: Политехника, 2002. – 416 с.
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества вещества : Справочник №2 - 5 - е изд.перераб. и доп. – Спб.: Политехника, 2004. – 412 с.

**Рецензент:** Куликовский Константин Лонгинович – доктор технических наук, академик международной метрологической и экологической академии, профессор, ФГБОУ «Самарский государственный технический университет».