

**Паутова Анна Сергеевна**

Pautova Anna Sergeevna

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

FGBOU VPO «Samara State Technical University»

Аспирант / Postgraduate student

E-Mail: [pautova.anna1985@mail.ru](mailto:pautova.anna1985@mail.ru)

05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы»

## **Информационно-измерительная система объемного расхода нефти с учетом содержания твердых примесей**

Information and measuring system of a volume consumption of oil taking into account the content of firm impurity

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

**The Abstract:** The information and measuring system of a volume consumption of oil with possibility of expeditious scoping of the firm impurity which are present at composition of transported oil is considered.

**Ключевые слова:** Информационно-измерительная система, объемный расход, примесь, пьезоэлемент, скорость потока.

**Keywords:** Information-measuring system, volume flow, impurity, piezoelectric element, the flow rate.

\*\*\*

В настоящее время для определения объема транспортируемой нефти широкое распространение получили ультразвуковые методы, основанные на эффекте Доплера, обладающие простотой и надежностью [2]. Однако они не могут учитывать наличие твердых частиц (горных пород, парафина, воды, растворенные в ней соли и газы), находящихся в нефти [4].

Определение наличия и количества твердых примесей в нефти осуществляется лабораторным способом при помощи проб.

Существуют *информационно-измерительные системы (ИИС)*, основанные на использовании одной пары преобразователей. Измерение расхода в них производится на основе данных о разности времени прохождения *акустических сигналов (АС)* по и против направления потока нефти в трубопроводе. Однако они не позволяют получить высокую точность при измерении, т.к. мгновенное значение скорости определяется в одной точке, а не по всей эпюре распределения скоростей от стенок до оси нефтепровода.

Этот недостаток устранен в ИИС с несколькими парами преобразователей, механически перемещаемыми по поверхности трубопровода.

Данные ИИС позволяют определять мгновенное значение скорости в разных точках эпюры распределения скоростей [1]. Однако обе ИИС обладают конструктивной сложностью и не позволяют определить наличие и количество твердых примесей, находящихся в составе нефти.

Вышеперечисленные недостатки устранены в разработанной автором ИИС с использованием акустических преобразователей на матричной основе.

На рис. 1 представлена структурная схема информационно-измерительной системы определения объема твердых примесей.

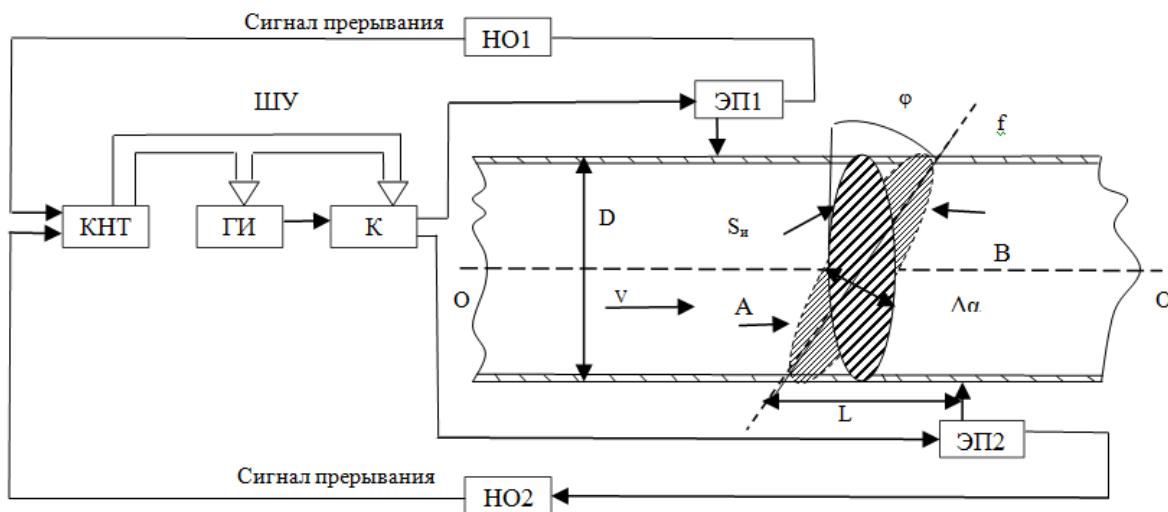


Рис. 1. Структурная схема ИИС

ИИС состоит из контроллера КНТ, матричных электроакустических преобразователей ЭП1 и ЭП2, управляемого многоканального коммутатора К, генератора импульсов ГИ, нуль-органов НО1 и НО2.

ЭП1 и ЭП2 располагаются на расстоянии  $L=1.2 \cdot D$ , вдоль оси нефтепровода на противоположных его сторонах таким образом, чтобы каждый элемент матрицы одного преобразователя взаимодействовал только с одноименным элементом другого преобразователя. ЭП1 и ЭП2 в процессе работы чередуют функции передатчика и приемника АС.

Преобразователь представляет собой матричную ленту (рис. 2), на которой находятся элементарные пьезоэлементы, расположенные под различными углами относительно друг друга так, чтобы не происходило пересечение лучей.

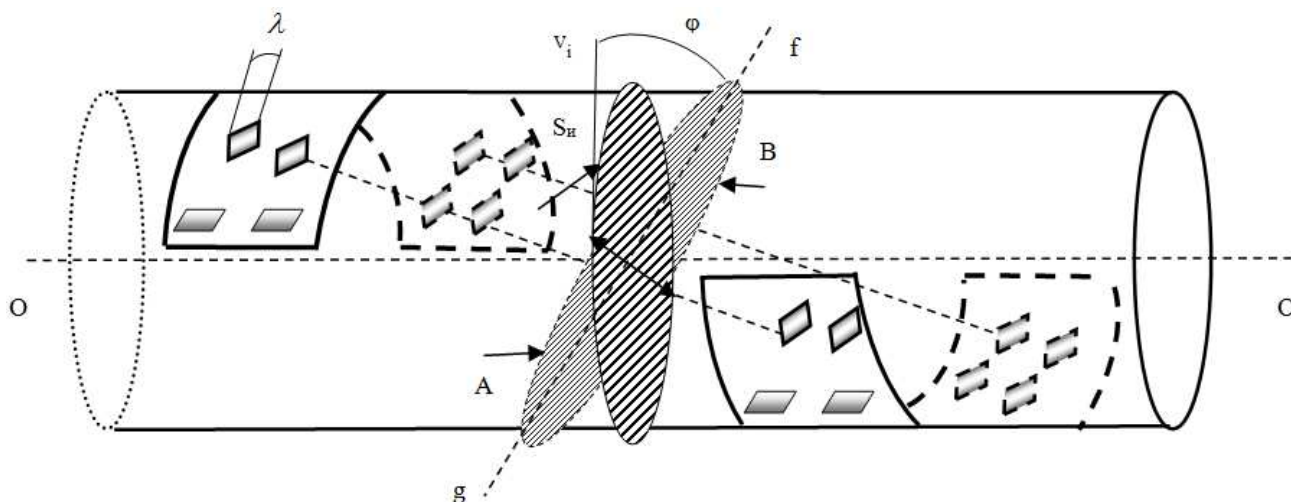


Рис. 2. Схема расположения матрицы пьезоэлементов

Принцип действия ИИС заключается в следующем.

На первом этапе КНТ по шине управления запускает ГИ и с помощью К подключается к одноименному элементу матрицы, переводя ЭП1 на передачу АС. Одновременно КНТ запускает встроенный в него таймер, который начинает отсчет времени.

При поступлении АС на ЭП2, срабатывает НО2, который вырабатывает сигнал прерывания. Таймер заканчивает отсчет времени и данное значение запоминается в памяти КНТ.

На втором этапе КНТ по шине управления запускает ГИ и с помощью К подключается к одноименному элементу матрицы, переводя ЭП2 на передачу АС. Одновременно с этим КНТ запускает встроенный в него таймер, который начинает отсчет времени.

При поступлении АС на ЭП1, срабатывает НО1, который вырабатывает сигнал прерывания. Одновременно отключается ГИ и таймер, 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 мгновенных скоростей потока в разных точках эпюры скоростей, К переключается на другую пару элементов матричных преобразователей ЭП1 и ЭП2 и процесс измерения времени прохождения АС по и против потока нефти повторяется, а вычисленные значения скорости запоминаются в КНТ. На основании полученных значений мгновенных скоростей вычисляется среднее значение скорости нефтяного потока.

График распределения скоростей по поперечному сечению потока представляет собой параболоид вращения, а сечение - параболу (рис. 3).

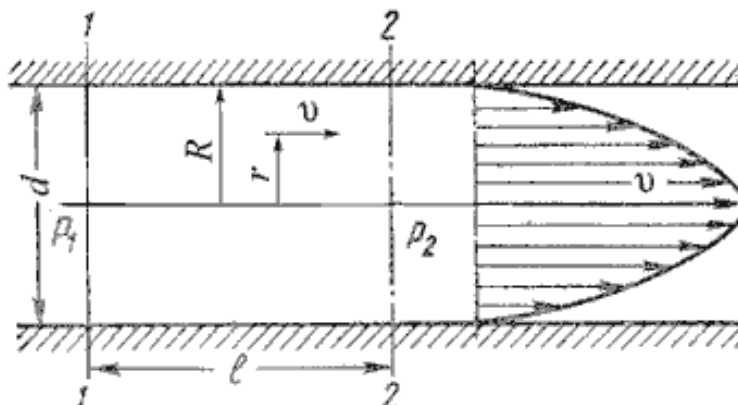


Рис. 3. Эюра распределения скоростей потока жидкости в трубопроводе

Как показывают исследования, максимальная скорость течения жидкости достигается в центре трубопровода, а у стенок трубы ее скорость минимальна.

Объемный расход нефти  $G_v$  определяется из выражения:

$$G_v = S \cdot (v_{пр.} - v_{по.}) = S \cdot L(t_{по.} - t_{пр.}) / t_{по.} \cdot t_{пр.} \quad (1)$$

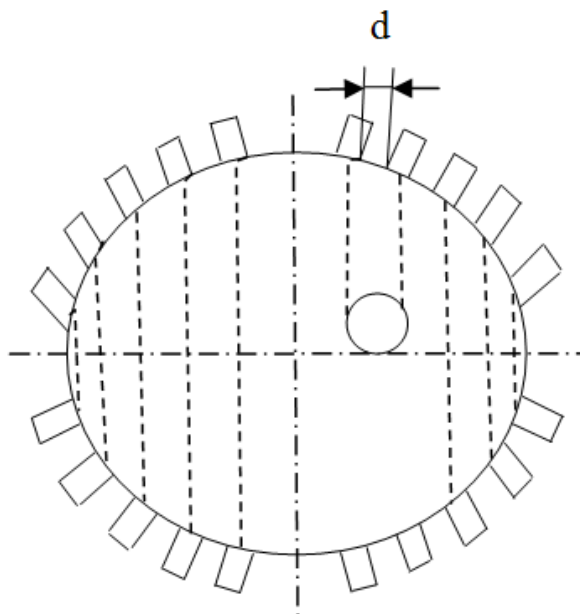
где  $t_{по.}$ ,  $t_{пр.}$  – время прохождения акустическим сигналом сечения трубопровода по и против скорости потока соответственно,  $S$  – площадь поперечного сечения трубопровода,  $v_{по.}$ ,  $v_{пр.}$  – скорости по и против направления потока нефти,  $L$  – длина участка трубопровода.

Алгоритм определения наличия и объема твердых частиц заключается в следующем.

Акустические сигналы посылаются элементами матричного излучателя ЭП1 (рис. 1) в поток нефти по линии "АВ", сканируя площадь сечения трубопровода  $S_{и}$  по виртуальной

поверхности от точки  $f$  до точки  $g$ . Вектор скорости  $V_i$  потока нефти направлен под углом  $\varphi$  к направлению траектории прохождения АС. Каждый элемент матрицы представляет собой элементарную ячейку, равную  $1/n_i$  части площади  $S_{\text{и}}$  трубопровода.

Диаметр частицы  $d$  определяется в КНТ по числу непринятых сигналов, поглощенных примесями, а также в зависимости от расстояния между пьезоэлементами (рис.4).



**Рис. 4.** Схема определения линейного размера частиц

Количество ячеек пьезоэлементов выбирается в зависимости от площади сечения трубопровода  $S_{\text{и}}$ . Площадь ячейки  $S_{\text{яч.}}$  не должна превышать средний размер частицы. В случае если размер частицы больше площади ячейки, то она принимается за несколько частиц.

Подсчитав количество частиц, проходящих через сечение трубопровода за промежуток времени, равный сумме времени прохождения АС по и против потока нефти, определяется объем примесей.

Общий объем частиц  $V_{\text{общ.}}$  находится из выражения:

$$V_{\text{общ.}} = \frac{\pi}{6} \cdot \sum_{i=0}^N d_i^3 \quad (2)$$

В структуре ультразвуковой ИИС [3] измерения объема примесей в составе нефти была предложена модель твердой частицы, за основу которой был выбран куб. Данная модель не позволяет определить точный объем частиц, т.к. выбранная форма отличается от форм, выявленных при лабораторных исследованиях. Лабораторные исследования показали, что в основном форма твердых частиц приближаются к сферической.

Разработанная ИИС позволяет определять объем твердых частиц за основу выбирается сферическая форма, приближенна к реальной.

Объем чистой нефти находится из выражения:

$$V_{\text{ч.н.}} = \frac{S \cdot L \cdot (t_{\text{ч.н.}}^2 - t_{\text{п.н.}}^2)}{t_{\text{ч.н.}} \cdot t_{\text{п.н.}}} - \frac{\pi}{6} \cdot \sum_{i=0}^N d_i^3 \quad (3)$$

Таким образом, разработанная ИИС с ленточной матрицей пьезоэлементов позволяет

сканировать всю площадь сечения трубопровода за счет использования всех пар элементов либо их части.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества вещества: Справочник №1 – 4-е изд. перераб. и доп. – Спб.: Политехника, 2002. – 416 с.
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества вещества: Справочник №2 – 5-е изд. перераб. и доп. – Спб.: Политехника, 2004. – 412 с.
3. Куликовский К.Л., Якунина В.В. Ультразвуковая информационно-измерительная система объемного расхода чистой нефти // Изв. Выс. уч. зав. Поволжский регион. Техн. науки. №4(20), 2011. – С. 141–150.
4. Шатхутдинов А.Ш. и др. Автоматизированный учет нефти и нефтепродуктов при добыче, транспорте и переработке. – М.: Недра, 2002. – 417 с.

**Рецензент:** Куликовский Константин Лонгинович – доктор технических наук, академик международной метрологической и экологической академий, профессор ФГБОУ ВПО “Самарский государственный технический университет”.