

E-mail: [shcheri@mail.ru](mailto:shcheri@mail.ru)

Кривошеев Григорий Викторович

Северо-Кавказский

филиал Московского технического университета связи и информатики

E-mail: [decanat@vt.sfedu.ru](mailto:decanat@vt.sfedu.ru), [shcheri@mail.ru](mailto:shcheri@mail.ru)

Shcherban Igor Vasilievich

Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education  
«Southern Federal University»

E-mail: [kaf\\_sau@mail.ru](mailto:kaf_sau@mail.ru)

10, Melchikova street, Rostov-on-Don, 344090

Phone: +7(8632)696991

Shcherban Oksana Georgievna

North-Caucasus branch of Moscow Technical University of Telecommunications and  
Information Technology

E-mail: [shcheri@mail.ru](mailto:shcheri@mail.ru)

Krivosheev Grigoriy Viktorovich

North-Caucasus branch of Moscow Technical University of Telecommunications and  
Information Technology

E-mail: [shcheri@mail.ru](mailto:shcheri@mail.ru)

УДК 612.3

**А.Б. Клевцова**

### **АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕЧИ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТРУБОПРОВОДА**

*Предложен алгоритм определения течи, основанный на геометрических построениях*

*Алгоритм; акустический сигнал; течь; экология.*

**A.B. Klevtsova**

### **ALGORITHM FOR LEAK DEFINITION IN SYSTEM OF THE ECOLOGICAL CONTROL OF THE PIPELINE**

*The algorithm for leak definition is offered. The algorithm is based on geometrical constructions*

*Algorithm; acoustic signal; leak; ecology*

Основным критерием фиксации появления течи является изменение СКЗ акустического давления. Если максимальный уровень шума  $A_{шmax}$ , то критерием появления течи является превышение уровня полезного сигнала над шумом  $A_c > A_{шmax}$ . Уровень сигнала и шума определяются в заданном диапазоне частот.

Рассмотрим случай, когда труба и система датчиков расположены в одной плоскости. На рис. 1 представлено модельное представление объекта.

Расстояние между датчиками одинаково для всех датчиков и равно  $h$ . Минимальное расстояние от трубы до линии расположения датчиков (перпендикуляр от трубы до линии расположения датчиков) равно  $L$ . В приведенной ниже методи-

ке участвуют данные, полученные с трех датчиков: один датчик, зафиксировавший максимальный уровень сигнала и два датчика, расположенные слева и справа от него.

Пусть в точке  $X0$  на трубе имеется течь и амплитуда акустического давления в точке  $X0$  равна  $A_{X0}$ .

Рассмотрим случай, когда точка  $X0$  расположена ближе к  $d3$ , чем к датчику  $d1$ , как показано на рис. 1. Тогда датчик  $d2$  показывает максимальную амплитуду  $A2$ , а показание датчика  $d1$  меньше показания датчика  $d3$ , т.е.  $A1 < A3$ .

Необходимо определить расстояние от датчика  $d2$  до точки  $C$ . Это расстояние назовем  $\Delta X$ , которое даст нам возможность определить место течи, т.к. местонахождение датчиков от условного нулевого значения известно.

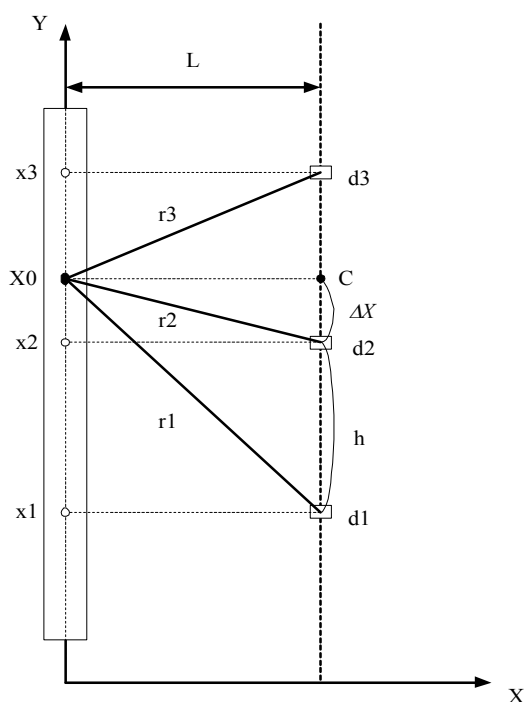


Рис. 1. Модельное представление объекта (место течи ближе к датчику  $d3$ , чем к датчику  $d1$ )

При проведении расчетов используются показания, снятые с датчиков  $d2, d3$ . Амплитуды акустического сигнала, зафиксированные датчиками  $d2, d3$  будут равны, соответственно:

$$\begin{cases} d2 \rightarrow A2 = \frac{A_{X0}}{r2^2} \\ d3 \rightarrow A3 = \frac{A_{X0}}{r3^2} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $r2$  и  $r3$  – расстояния от местоположения течи до датчиков  $d2$  и  $d3$ .

Исходя из (1) можно записать

$$\frac{A2}{A3} = \frac{r3^2}{r2^2}.$$

С другой стороны, рассматривая треугольники  $X0Cd2$  и  $X0Cd3$  можно найти  $r2^2$  и  $r3^2$ :

- для треугольника  $X0Cd2$ :

$$r2^2 = \Delta X^2 + L^2; \quad (3)$$

- для треугольника  $X0Cd3$ :

$$r3^2 = (h - \Delta X)^2 + L^2. \quad (4)$$

Подставив в (2) выражения (3) и (4) для  $r2^2$  и  $r3^2$ , соответственно, получим следующее выражение:

$$\begin{aligned} \frac{A2}{A3} &= \frac{(h - \Delta X)^2 + L^2}{\Delta X^2 + L^2} = \frac{h^2 - 2 * h * \Delta X + \Delta X^2 + L^2}{\Delta X^2 + L^2} = \\ &= \frac{h^2 - 2 * h * \Delta X}{\Delta X^2 + L^2} + \frac{\Delta X^2 + L^2}{\Delta X^2 + L^2} = 1 + h * \left( \frac{h - 2 * \Delta X}{L^2 + \Delta X^2} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Преобразуем выражение (5) к следующему виду:

$$\frac{A2}{A3} - 1 = \left( \frac{1 - 2 * \frac{\Delta X}{h}}{\left(\frac{L}{h}\right)^2 + \left(\frac{\Delta X}{h}\right)^2} \right). \quad (6)$$

Обозначим  $\frac{A2}{A3} - 1 = a23$ ;  $\frac{\Delta X}{h} = b$ ;  $\frac{L}{h} = d$ .

Тогда выражение (6) преобразуется к виду:

$$a23 = \frac{1 - 2 * b}{d^2 + b^2}. \quad (7)$$

Сведем выражение (7) к квадратному уравнению и решим его относительно  $b$ :

$$a23 * (d^2 + b^2) = 1 - 2 * b$$

или

$$a23 * b^2 + 2 * b + (a23 * d^2 - 1) = 0$$

$$b = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 4 * a23 * (a23 * d^2 - 1)}}{2 * a23} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 - a23 * (a23 * d^2 - 1)}}{a23}. \quad (8)$$

При этом  $0 \leq b < 0.5$ , т.к. в противном случае максимум был бы на  $d3$ .

Получив значение  $b$ , можно определить величину  $\Delta X$ , которая будет равна:

$$\Delta X = b * h. \quad (9)$$

Тогда координата места течи будет определяться следующим выражением:

$$X_{течи} = X2 + \Delta X, \quad (10)$$

где  $X2$  – координата датчика, показывающего максимальный по уровню сигнал.

Далее рассмотрим случай, когда точка  $X0$  расположена ближе к  $d1$ , как показано на рис. 2. Тогда датчик  $d2$  показывает максимальную амплитуду  $A2$ , а показание датчика  $d3$  меньше показания датчика  $d1$ , т.е.  $A3 < A1$ . На рис. 2 представлено модельное представление объекта для данного случая.

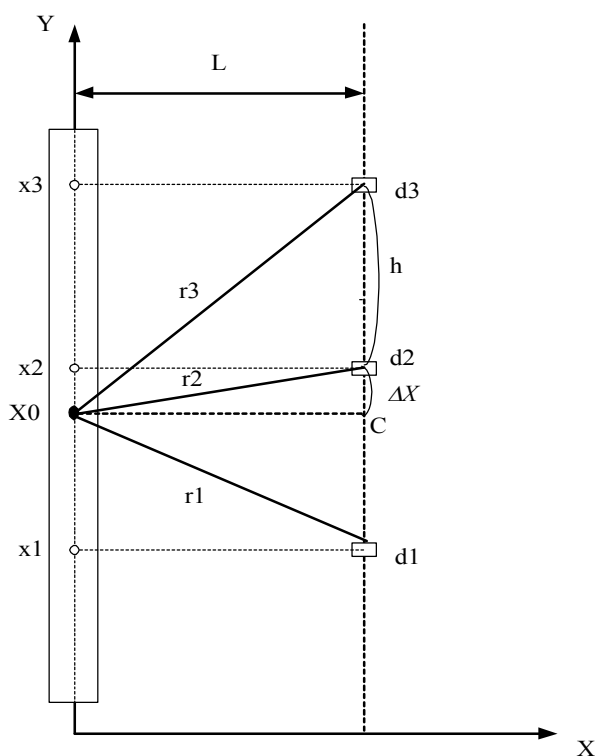


Рис. 2. Модельное представление объекта (место течи ближе к датчику  $d1$ , чем к датчику  $d3$ )

В этом случае используются показания, снятые с датчиков  $d2, d1$ , которые будут равны, соответственно:

$$\begin{cases} d2 \rightarrow A2 = \frac{Ax_0}{r2^2} \\ d1 \rightarrow A1 = \frac{Ax_0}{r1^2} \end{cases} \quad (11)$$

Исходя из (11) можно записать:

$$\frac{A2}{A1} = \frac{r1^2}{r2^2} \quad (12)$$

С другой стороны, рассматривая треугольники  $X0Cd2$  и  $X0Cd1$ , можно найти  $r1^2$  и  $r2^2$ :

- для треугольника  $X0Cd2$ :  $r2^2 = \Delta X^2 + L^2$ ; (13)

- для треугольника  $X0Cd1$ :  $r1^2 = (h - \Delta X)^2 + L^2$ . (14)

Подставив в (12) выражения (13) и (14) для  $r2^2$  и  $r1^2$  соответственно получим следующее выражение:

$$\frac{A2}{A1} = \frac{(h - \Delta X)^2 + L^2}{\Delta X^2 + L^2}$$

Проведя преобразования, получим следующее выражение для  $b$ :

$$b = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 4 * a12 * (a12 * d^2 - 1)}}{2 * a12} = \frac{-1 \pm \sqrt{|1 - a12 * (a12 * d^2 - 1)|}}{a12} .$$

Тогда координата места течи будет определяться следующим выражением

$$X_{течи} = X2 - \Delta X ,$$

где  $\Delta X = b * h$ ,  $X2$  – координата датчика, показывающего максимальный по уровню сигнал.

Клевцова Алла Борисовна

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru).

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81

Тел. +7(8634)32-80-25

Klevtsova Alla Borisovna

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru)

81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia

Phone: +7(8634) 328025

УДК 681.51

**А.О. Кожанов**

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

*В статье описано применение методов нелинейной динамики для построения системы скрытой передачи информации в каналах связи с хаотической несущей. Генератором динамического хаоса выступает странный аттрактор Анищенко-Астахова (ХГ). Для передачи информации используется параметрическое модулирование на один из параметров аттрактора.*

*Странный аттрактор Анищенко-Астахова; нелинейная динамика; асимптотический наблюдатель состояния; хаотические генераторы.*

**A.O. Kozhanov**

### **APPLYING METHODS OF NONLINEAR DYNAMICS TO HIDE THE INFORMATION TRANSFERING**

*This article describes the application of nonlinear dynamics methods to build the secure information transferring system in the communication channels with chaotic carrier. The Anisichenko-Astahov's strange attractor is used as dynamic chaos generator. Parametric modulation of the one of attractors parameters is used for information transfer*

*Anisichenko-Astahov's strange attractor; Nonlinear dynamics; asymptotic state observer; Chaotic generators*