

УДК 004.73(042.3)

## ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ДЖЕРЕЛ АКУСТИЧНИХ ШУМІВ У ПРОЦЕСІ КОНТРОЛЮ СТАНУ ТРУБОПРОВОДІВ

О. В. Пономаренко, канд. техн. наук,

Національний авіаційний університет

int2080@ukr.net

*Досліджено виявлення джерел акустичних шумів, які виникають при закінченні рідини або газу з розриву трубопроводу, що знаходиться під тиском. Вибрано методи формування ознак сигналів, необхідних для віднесення відповідних об'єктів до свого класу. Розроблено і обґрунтовано алгоритм розпізнавання акустичного шуму на фоні перешкод шляхом декореляції ознак об'єктів. Запропоновано пристрій розпізнавання на основі векторного корелятора і схеми комбінування і селекції за максимумом кореляційного інтеграла.*

**Ключові слова:** акустичний шум, система розпізнавання, ознаки, класи об'єктів, декореляція, відношення правдоподібності.

*The problem of discovery of sources of acoustic noises, arising up at expiration of liquid or gas from the break in a pipe being under pressure is set. The methods of forming of signs of signals necessary for attributing of the proper objects to the class are chosen. The algorithm of recognition of acoustic noise on background hindrances by the decorrelation signs of objects is developed and grounded. The device of recognition on the basis of the vector correlating and device of combining and selection on the maximum of correlation integral is offered.*

**Keywords:** acoustic noise, system of recognition, signs, classes of objects, decorrelation, likelihood ratio.

### Вступ

У разі виявлення свищів і розривів у трубопроводах з рідким середовищем, що транспортується, у процесі їх експлуатації без порушень режиму передачі застосовуються акустичні системи автоматизованого контролю [1].

На ділянках магістральних трубопроводів, що характеризуються підвищеним ризиком аварії або посиленими вимогами до безпеки експлуатації, постійно контролюються герметичність і загальний стан трубопроводу. При цьому необхідно виключити помилкові спрацювання системи від зовнішніх джерел акустичних шумів різ-

ної природи. Це завдання вирішується шляхом розпізнавання характеристик акустичних шумів.

**Мета роботи** — отримати оптимальне рішення, розробити математичну модель вхідних дій, на основі якої запропонувати алгоритм розпізнавання і побудувати структурні схеми пристроїв.

### Постановка задачі

На рис. 1 зображено схему можливого розміщення датчиків системи моніторингу трубопроводів, які знаходяться під землею або під водою.

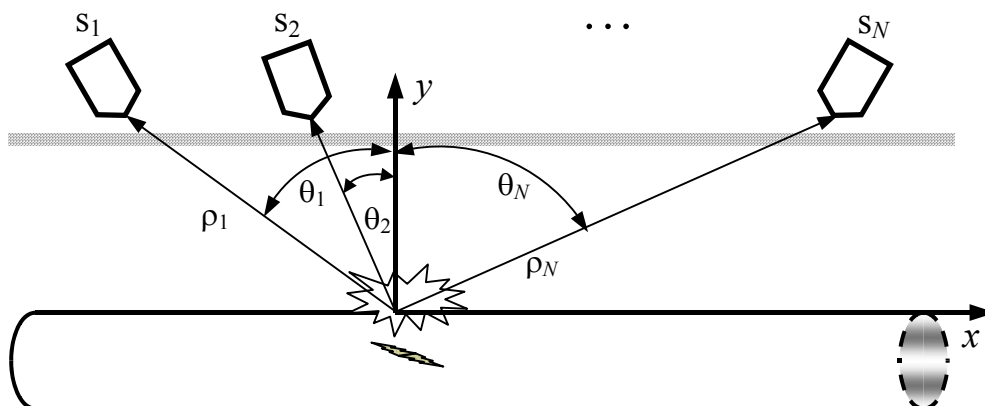


Рис. 1. Схема системи виявлення акустичних шумів

Розробка системи розпізнавання пов'язана з вирішенням певної послідовності завдань.

Першим завданням є детальне вивчення об'єктів, які підлягають розпізнаванню. Міра де-

тальності цього вивчення залежить від потрібної ефективності роботи системи розпізнавання (вірогідності ухвалення правильних і помилкових рішень). Результатами вивчення об'єктів роз-

пізнання мають бути обґрунтований вибір принципу класифікації і визначення кількості об'єктів. Другим завданням є складання деякого словника ознак, які використовуються для апріорного опису класів об'єктів, які підлягають розпізнанню. Ознаки об'єктів можуть бути логічними і описуватися детермінованими якісними виразами або кількісними величинами, які потрапляють у конкретний інтервал значень. Якщо ознаки є тільки випадковими і розподілені за деяким (у загальному випадку — невідомим) числом класів або за усіма класами об'єктів з певним законом розподілу, треба використовувати статистичні методи. Ознаки об'єктів, які підлягають розпізнанню, слід трактувати як імовірнісні також тоді, коли результати вимірювань їх числових значень отримані з такими помилками, що за цими результатами неможливо віднести об'єкт до того або іншого класу з прийнятною якістю.

На практиці найчастіше трапляється ситуація, коли ознаки об'єктів різних класів частково перекриваються. Отже, треба використовувати статистичний підхід [3]. Процедура вибору ознак для розпізнання є істотно неформальною. У словник ознак треба включати тільки ті ознаки, відносно яких може бути отримана апріорна інформація, достатня для опису класів об'єктів на мові цих ознак. Крім того, за наявності потрібної апріорної інформації аналізовані ознаки повинні мати достатні розділові властивості, тобто істотно відрізнятися від таких же ознак об'єктів інших класів. Нарешті, вибрані ознаки повинні з потрібною ефективністю фіксуватися і визначатися технічними засобами спостереження (датчики, повідомлювачі, інші сенсорні прилади), які планується застосовувати з організаційних, технічних і економічних міркувань.

Після цього треба описати класи на формальній мові словника вибраних ознак. Зазвичай ознаки об'єктів виражають у вигляді впорядкованого набору параметрів  $X_1, X_2, \dots, X_N$ , безперервних або дискретних [3; 4]. Об'єкти розбивають на  $M$  окремих класів  $k_1, k_2, \dots, k_M$ , які в загальному випадку можуть бути такими, що перекриваються. Це еквівалентно встановленню в деякому функціональному просторі ознак  $S_g$  підпросторів  $s_{gi}, i=1, 2, \dots, M$ . Якщо об'єкт з певними ознаками належить до класу  $k_j$ , то відповідний елемент, яким поданий об'єкт у просторі ознак, належить області  $s_{gj}$ . Для детермінованих ознак класи об'єктів описуються на мові ознак функціональними залежностями, а для стохастичних ознак — умовною густиною ймо-

вірності значень параметрів ознак за умови, що об'єкти належать класу  $k_j$ , і апріорною ймовірністю  $P_{pr}(k_j)$  того, що об'єкт, поданий для розпізнання, належатиме до того ж класу  $k_j$ .

### Розробка алгоритму та пристрою розпізнання

Перейдемо до розгляду власне алгоритму розпізнання як завершального етапу роботи системи.

За наявності класу об'єктів, що складається з одного елементу, і безлічі завадоподібних об'єктів завдання розпізнання можна розглядати як перевірку простої гіпотези проти складної альтернативи. Проте треба враховувати, що об'єкт (джерело акустичного шуму) при своїй активізації може створювати різні корисні сигнали з відповідними ознаками.

Деякі сигнали завадоподібних об'єктів також можуть мати декілька ознак, але, як правило, їх кількість значно менша, ніж для об'єкта. До того ж в процесі складання словника ознак доцільно вибирати за однією найбільш характерною (якщо це можливо — унікальною) ознакою для кожного завадоподібного об'єкта.

Для спрощення алгоритму розпізнання накладемо на формовані ознаки такі обмеження.

Ознаки об'єктів різних класів є взаємно некореляційними:

$$\iint_{X_i X_j} x_i(t, s_{jk}) x_j(t, s_{mn}) dx_i dx_j = \begin{cases} \sigma_x^2, & i=l, j=m, k=n, \\ 0, & i \neq l. \end{cases} \quad (1)$$

Ознаки різних об'єктів одного класу є взаємно некореляційними:

$$\int_{X_i} x_i(t, s_{jk}) x_i(t, s_{mn}) dx_i = \begin{cases} \sigma_x^2, & j=m, k=n, \\ 0, & j \neq m \text{ and/or } k \neq n. \end{cases} \quad (2)$$

Різні ознаки одного і того ж об'єкта є взаємно некореляційними:

$$\int_{X_i} x_i(t, s_{jk}) x_i(t, s_{mk}) dx_i = \begin{cases} \sigma_x^2, & j=m, \\ 0, & j \neq m. \end{cases} \quad (3)$$

Тут  $X_i, X_j$  — гіперпростори  $i$ -го та  $j$ -го класів відповідно;  $x_i(t, s_{jk})$  — сигнал  $i$ -го класу, що належить  $k$ -му об'єкту з  $j$ -ою ознакою;  $\sigma_x^2$  — дисперсія сигналу.



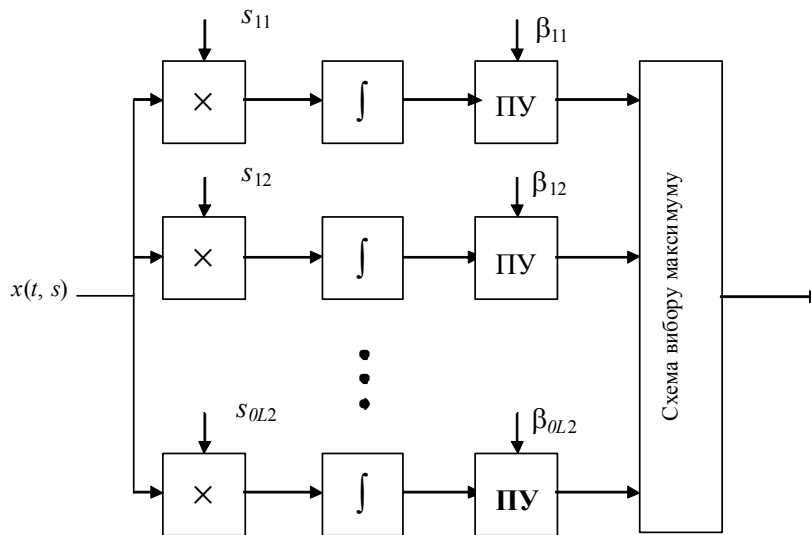


Рис. 2. Схема комбінування за максимумом відношення правдоподібності

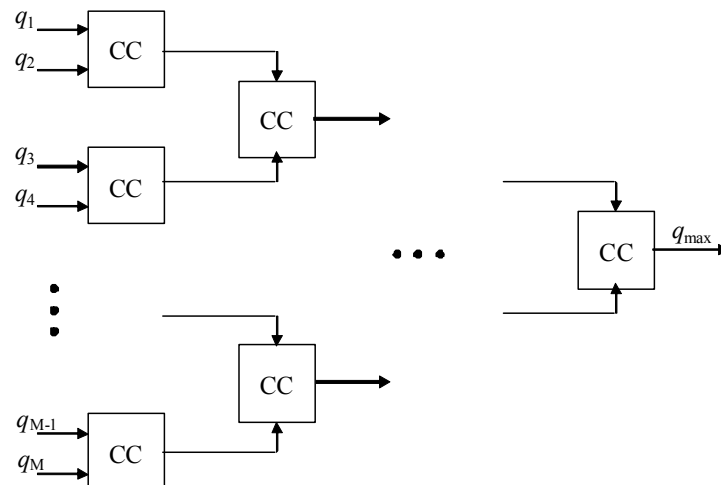


Рис. 3. Пристрій послідовного порівняння відношення правдоподібності

При зниженні помилкової тривоги (високий поріг виявлення) зазвичай падає і вірогідність правильного виявлення. Ризик пропущення перешкоди також збільшується, але вже з технічних причин.

Тому можна запропонувати простий, але досить ефективний метод регулювання порогу. Підраховується число помилкових тривог за певний часовий інтервал. Поріг збільшується або зменшується, щоб довести це число до встановленого на основі багаторазових спостережень.

У роботах з інженерної психології і ергономіки [8; 9] встановлено, що при роботі операторів систем спостереження і виявлення помилкова тривога може мати місце в середньому не частіше, ніж один раз протягом півгодини. За таких умов оператор устигає відновлювати свій фізичний і психологічний стан. Реалізація такого ал-

горитму у вигляді програми-модуля загального алгоритму виявлення/розпізнавання не становить принципових складнощів.

### Висновки

У цій роботі розглянуто особливості застосування системи розпізнавання. Основна увага приділена розробці загального алгоритму роботи системи. Для досягнення потрібної ефективності першочерговим завданням є вибір адекватних методів виявлення і розпізнавання.

Тому запропоновані методи виявлення з фіксованим часом спостереження і метод послідовного аналізу (із змінним часом спостереження, довжина якого залежить від статистики корисних сигналів і перешкод).

При розгляді методів формування ознак сигналів, необхідних для відношення відповідних

об'єктів до свого класу, показано, що для зниження чутливості алгоритмів розпізнавання доцільно використовувати нормовані і масштабовані ознаки, які будуть занесені в словник ознак.

У цьому випадку характеристики ознак залишаються стабільними при зміні характеристик сигналів і перешкод у широких межах.

Розроблено і обґрунтовано алгоритм розпізнавання акустичного шуму і виділення перешкод. Для спрощення алгоритму запропоновано формувати ознаки, які є взаємно не кореляційними. При такому підході оптимальний пристрій розпізнавання зводиться до векторного корелятора і схеми комбінування та селекції по максимуму кореляційного інтеграла.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачев И. В. Вариант реализации акустической системы автоматизированного контроля герметичности магистральных нефтепроводов / И. В. Горбачев, А. В. Прядко // Наука в нефтяной и газовой промышленности. — 2009, № 1. — С. 6—11.

2. Пономаренко А. В. Рациональный выбор параметров и структуры корпоративных информационно-вычислительных сетей для трубопроводных систем /

А. В. Пономаренко // Проблемы информатизации та управління. — № 3(31), 2010. — С. 132—138.

3. *Вопросы статистической теории распознавания* / Ю. Л. Барабаш, Б. В. Варский, В. Т. Зиновьев, В. С. Кириченко [и др.]. — М. : Сов. радио, 1967.

4. *Миленький А. В.* Классификация сигналов в условиях неопределенности / А. В. Миленький. — М. : Сов. радио, 1975. — 328 с.

5. *Тихонов В. И.* Выбросы случайных процессов / В. И. Тихонов. — М. : Наука, 1970. — 392 с.

6. *Ван Трис Г.* Теория обнаружения, оценок и модуляции. Том I. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции / Г. Ван Трис / пер. с англ.; под ред. проф. В.И.Тихонова. — М. : Сов. радио, 1972. — 744 с.

7. *Гуткин Л. С.* Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах / Л. С. Гуткин. — М. : Сов. радио, 1972. — 448 с.

8. *Шеридан Т. Б.* Системы человек — машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором / Т. Б. Шеридан, У. Р. Феррел; пер. с англ. / под ред. К. В. Фролова. — М.: Машиностроение, 1980. — 400 с.

9. *Красовский А. А.* Математическое моделирование и компьютерные системы обучения и тренажа / А. А. Красовский. — М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1989. — 255 с.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2012.