

**О. П. ДАВИДЕНКО**, професор НТУ «ХПІ»;  
**Л. І. СИДОРОВА**, студентка НТУ «ХПІ»

## КОРЕЛЯЦІЙНИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ РІДИНИ

У статті розглянуто можливість застосування кореляційного методу, заснованого на акустичних сигналах, для контролю витрат води в трубопроводах без допоміжних джерел збурення.

**Ключові слова:** витратомір, кореляційна функція, акустичні сигнали, контроль витрат.

**Вступ.** Подальший розвиток світової економіки ґрунтується на впровадженні останніх досягнень науки у виробництво, розробці та серійному виробництві новітніх приладів та матеріалів. Функціонування будь-якої галузі сучасної економіки, наприклад, енергетики, машинобудування, хімічної та харчової промисловості неможливе без використання сучасних лічильників та витратомірів для автоматизації технологічних процесів. У світлі неухильного зростання тарифів на енергоресурси та воду в сфері житлового та промислового споживання все більш актуальною стає тема більш точного підрахунку витрат цих ресурсів.

Оскільки в рідині завжди присутні найдрібніші бульбашки газу або пари, то, рухаючись з потоком і потрапляючи в область тиску  $p < p_{кр}$ , вони втрачають стійкість і набувають здібності до необмеженого зростання. Після переходу в зону підвищеного тиску і вичерпання кінетичної енергії рідини, що розширюється, бульбашки припиняють зростання і вони починають скорочуватися. Якщо бульбашка містить достатньо багато газу, то після досягнення нею мінімального радіусу, вона відновлюється і здійснює декілька циклів затухаючих коливань. А якщо газу мало, то бульбашка закривається повністю в першому періоді життя. Таким чином, поблизу обтічного тіла створюється досить чітко обмежена "зона кавітації", заповнена рухомими бульбашками. Скорочення бульбашки відбувається з великою швидкістю і супроводжується звуковим імпульсом.

Якщо ступінь розвитку кавітації такий, що у випадкові моменти часу виникає і закривається безліч бульбашок, то явище супроводжується сильним шумом з суцільним спектром від декількох сотень Гц до сотень і тисяч кГц.

**Мета дослідження.** Розглянути можливість застосування кореляційного методу, заснованого на акустичних сигналах, для контролю витрат води в трубопроводах без допоміжних джерел збурення.

**Матеріали дослідження.** Схема експерименту показана на рисунку 1.1.

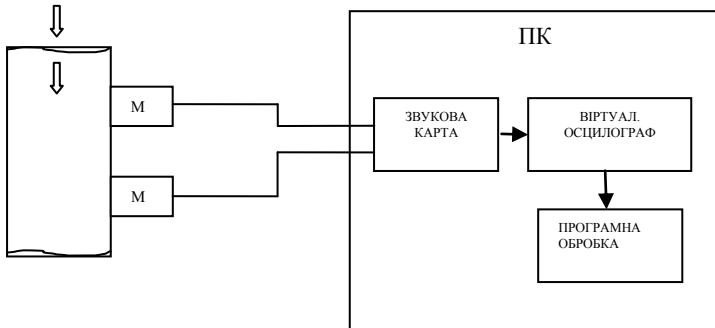


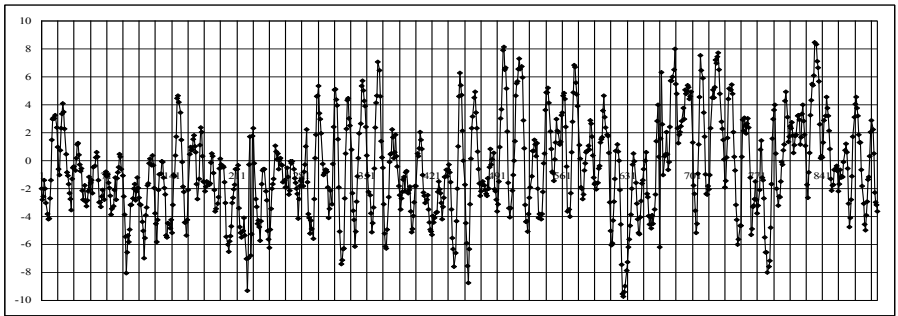
Рис. 1 – Схема експерименту

Для досліду до трубопроводу кріпиться два електретні мікрофона, які під'єднуються до звукової карти на персональному комп'ютері. Якщо відкрити кран на трубопроводі, утворюється потік води в якому бульбашки води здійснюють шум. За допомогою програми віртуального осцилографа на персональному комп'ютері вираховуються дані цього шуму (точка відліку).

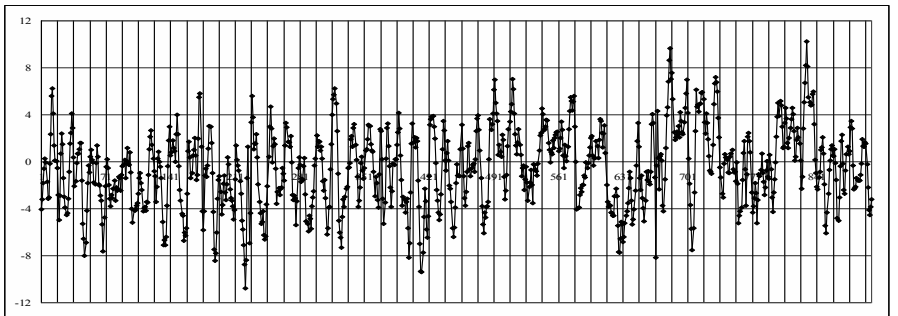
**Результати досліджень.** Експериментально визначено, що 10 літрів води витікає за 82 секунди. Від відстані мікрофонів один від одного залежить кількість точок відліку. Експеримент проводився на відстані 10 мм. Для розрахунку витрати рідини потрібно визначити час, за який вода пройде 10 мм відстані. Два максимуми на кореляційній кривій, відповідають моменту проходження води у двох точках. В експерименті ці точки – це точки закріплення на трубі електретних мікрофонів. Частота дискретизації звукової карти 48 кГц.

При математичній обробці даних у програмі «Mathcad», знаючи об'єм води, визначається значення витрати води, яке дорівнює 0,12 л/с. За допомогою значень площі перерізу труби і витрати води, знаходиться середня швидкість потоку води 604,69 мм/с. Визначивши час, за який вода протікає відстань між двома мікрофонами і час дискретизації, розраховується теоретична кількість точок відліку, за які кореляційна функція досягне максимуму. В результаті розрахунку отримуємо 825 точок відліку.

На рисунку 2 зображені сигнал з першого мікрофона (а) і сигнал з другого мікрофона (б). На основі двох сигналів будувється взаємкореляційна функція, яка зображена на рисунку 3.



а



б

Рис. 2 – Сигнали з першого (а) і другого (б) мікрофонів

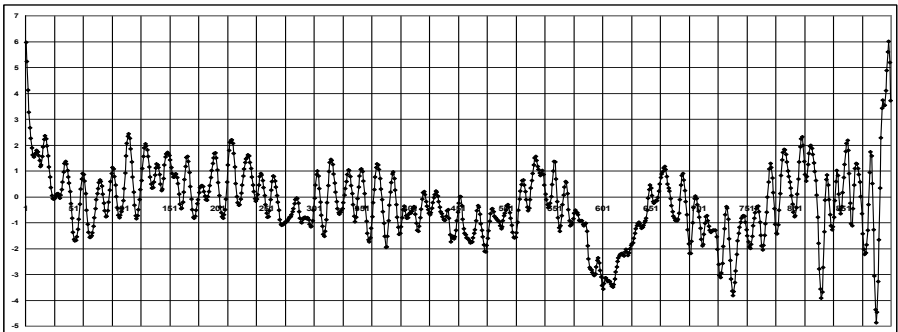


Рис. 3. – Взаємкореляційна функція

На рисунку 3 кореляційна функція досягає максимум у точці 898, що відповідає швидкості потоку 556,792 мм/с.

Визначивши теоретичний і експериментальний максимуми на кореляційній кривій, можна побачити різницю значень. Це говорить про присутність похибки експерименту, яка приблизно дорівнює 10%. Відстань між мікрофонами має бути малою, щоб сигнал не змінював свої характеристики. Але

відстань, яка була взята для експерименту майже така, як і діаметр мікрофонів. Це вочевидь і є причиною великої похибки експерименту. Для зменшення похибки необхідне конструктивне рішення – точковий контакт мікрофонів з трубопроводом.

**Висновок.** За допомогою даного експерименту підтверджено працездатність кореляційного методу для визначення витрат рідини в трубопроводі без порушення цілісності системи і без допоміжних джерел збурення. Для використання цього методу на практиці у побутовій чи виробничій сфері, необхідно вирішити ще ряд основних питань, а саме: удосконалити конструкцію установки та провести експеримент на основі нової конструкції, а також визначити оптимальну відстань між мікрофонами. Ще необхідно застосувати більш ефективний метод математичної обробки результатів експерименту.

**Список літератури:** 1. Бендат Д. Измерение анализ случайных процессов: справочник / Д. Бендат. – К.: Изд-во «Мир», 1971. – 464 с. 2. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества: справочник / П. П. Кремлевский. – К.: Изд-во «Мишиностроение», 1989. – 567 с. 3. Бриндли К. Измерительные преобразователи: справочник / К. Бриндли. – К.: Изд-во «Энергоатомиздат», 1991. – 346 с. 4. Джексон Р. Г. Новейшие датчики / Р. Г. Джексон. – К.: Изд-во «Техносфера», 2007. – 384 с. 5. Евтихийев Н. Н. Измерение электрических и неэлектрических величин / Н. Н. Евтихийев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Bendat D. Izmerenie analiz sluchajnyh processov: spravochnik / D. Bendat. – K.: Izd-vo «Mir», 1971. – 464 s. 2. Kremlevskij P. P. Rashodomery i schetchiki kolichestva: spravochnik / P. P. Kremlevskij. – K.: Izd-vo «Mishinostroenie», 1989. – 567 s. 3. Brindli K. Izmeritel'nye preobrazovateli: spravochnik / K. Brindli. – K.: Izd-vo «Jenergoatomizdat», 1991. – 346 s. 4. Dzhekson R. G. Novejshie datchiki / R. G. Dzhekson. – K.: Izd-vo «Tehnosfera», 2007. – 384 s. 5. Evtihiev N. N. Izmerenie jelektricheskikh i nejelektricheskikh velichin / N. N. Evtihiev. – M.: Jenergoatomizdat, 1990. – 352 s.

*Надійшла (received) 05.12.2013*

**Ю.М. ЕПИФАНОВ**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., Институт  
сцинтилляционных материалов НАН Украины, Харьков;  
**В.С. СУЗДАЛЬ**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., Институт  
сцинтилляционных материалов НАН Украины, Харьков;  
**А.В. СОБОЛЕВ**, канд. техн. наук, Институт сцинтилляционных  
материалов НАН Украины, Харьков

## **РАНДОМИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ УПРАВЛЕНИЯ МИМО-СИСТЕМАМИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ**

Для кристаллизации сцинтилляционных монокристаллов рассмотрен метод стабилизации по состоянию и выходу линейной МИМО-системы на основе специфического преобразования подобия исходной системы, что позволяет в явном виде определить элементы, изменение которых с помощью обратной связи обеспечивает устойчивость замкнутой системы.

**Ключевые слова:** монокристалл, метод Чохральского, система, управление, стабилизация, устойчивость, рандомизация.

**Введение.** Аппарат исследования динамических систем получил широкое распространение для множества современных объектов управления, которые могут быть представлены в виде линейных моделей и для которых используют как регулярные, так и нерегулярные (теория локализации систем) законы управления, а также выполняют параметризацию этих законов. Задача стабилизации линейной динамической системы, в той или иной постановке, до сих пор не утратила своей актуальности. В процессе решения всех известных постановок этой задачи обеспечиваются некоторые заданные требования к процессу управления. К настоящему времени ставится вопрос о таких способах реализации этих требований, которые дают возможность упростить решение задачи синтеза управления, обеспечить устойчивость и высокое качество управления.

**Анализ исследований и публикаций.** В практике решения задачи стабилизации линейных систем с многими входами и многими выходами возникает ряд проблем, которые рассматривались в следующих работах: размещение полюсов замкнутой системы [1]; формулировка и решение математически строгой задачи модального управления обыкновенными многоходовыми линейными системами [2, 3]; использование *LMI*-областей [4 – 6], границы которых описываются определенного вида линейными матричными неравенствами; использование алгебраических и матричных методов в линейных МИМО-системах [7].

**Формирование целей и задач.** Особое внимание в настоящее время уделяется исследованиям методов стабилизации по состоянию и выходу линейной МИМО-системы, выполненных на основе преобразования

© Ю. М. Епифанов, В. С. Суздаль, О. В. Соболев, 2014