

# ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАТВОРА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

© 2024 г. Роман Николаевич Александров<sup>1\*</sup>, И. И. Клюкин<sup>1\*\*</sup>,  
А. Р. Загретдинов<sup>1\*\*\*</sup>, Ш. Г. Зиганшин<sup>1\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> – Казанский государственный энергетический университет, 420066 Казань,  
ул. Красносельская, д. 51

\* - [rgtv.ww@gmail.com](mailto:rgtv.ww@gmail.com); \*\* - [ilya.klyukinbkru.96@mail.ru](mailto:ilya.klyukinbkru.96@mail.ru);

\*\*\* - [azagretdinov@yandex.ru](mailto:azagretdinov@yandex.ru); \*\*\*\* - [shz2@list.ru](mailto:shz2@list.ru)

Критическим дефектом трубопроводной арматуры является нарушение герметичности ее затвора. Для оперативного выявления такого дефекта используется акустический метод [1, 2]. Он основан на регистрации акустических колебаний, возникающих при протечке жидкой или газообразной среды через неплотность. Как правило, негерметичность выявляют по увеличению амплитуды диагностического сигнала. Однако это нередко приводит к ошибке в определении состояния трубопроводной арматуры.

Известно, что небольшие протечки имеют турбулентный характер, даже если перепад давления невелик. Турбулентность всегда сопровождается флуктуациями давления и скорости, создаваемыми множеством завихрений разных масштабов. Степень стохастичности таких колебаний можно количественно оценить с применением методов фрактального анализа.

Целью работы является исследование возможности применения фрактального анализа для акустического контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры.

Были проведены экспериментальные исследования. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1.

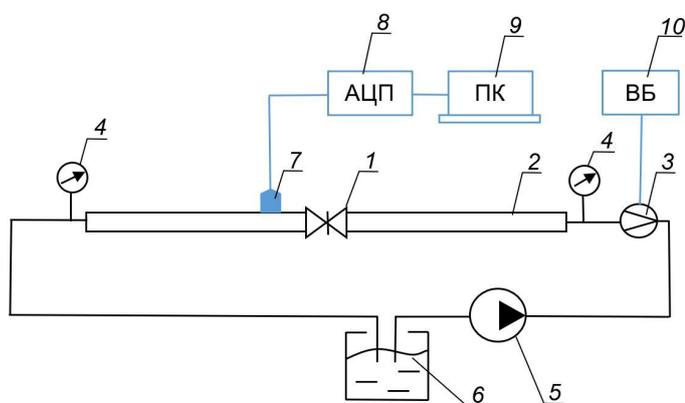


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 – задвижка; 2 – трубопровод; 3 – электромагнитный расходомер «Взлет» ЭРСВ-410; 4 – манометр; 5 – насос; 6 – ёмкость с водой; 7 – датчик вибрационного ускорения AP2038P-1000; 8 – аналого-цифровой преобразователь ZET-030; 9 – персональный компьютер с программным обеспечением; 10 – вычислительный блок «Взлет» ТСПВ-022.

При разной степени открытия затвора задвижки записывались акустические сигналы. С применением метода нормированного размаха (R/S-анализ) [3] рассчитана их фрактальная размерность. В табл. 1 представлено изменение фрактальной размерности акустических сигналов от перепада давления и расхода воды.

Таблица 1

**Результаты экспериментальных исследований**

Перепад давления на задвижке, бар	Расход воды, л/мин	Фрактальная размерность
0,1	22,0	1,07
0,4	20,0	1,27
0,6	18,7	1,35
1,1	14,0	1,48
1,6	10,5	1,54
1,9	5,3	1,67
2,0	0	1,05

Из табл. 1 видно, что при полностью открытой (расход 22 л/мин) и полностью закрытой (расход 0 л/мин) задвижке фрактальная размерность акустических сигналов находится на одном уровне. С прикрытием задвижки и уменьшением расхода протечки она увеличивается. Таким образом, фрактальная размерность акустических сигналов может служить индикатором нарушения герметичности затвора трубопроводной арматуры.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10045, <https://rscf.ru/project/22-79-10045/>.*

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Притужалов А.Д., Капитонов Н.Л., Воронцов А.В., Капитонов А.М.* Контроль утечек в трубопроводной арматуре в процессе эксплуатации // Технологии нефти и газа. 2012. № 3 (80). С. 50–53.
2. *Бабенков М.В., Копытов Д.В., Гуревич Д.В., Кузнецов М.Н.* Экспериментальное исследование параметров акустической эмиссии течи в задвижках фонтанных арматур // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2015. № 11. С. 12–14.
3. *Зиненко А.В.* R/S анализ на фондовом рынке // Бизнес-информатика. 2012. № 3(21). С. 24–30.