

УДК 622.692.4

**АКУСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ
ТВЕРДИХ ДОМІШОК****Г. М. Кривенко, М. П. Возняк, С. О. Кривенко,
Л. В. Возняк, Л. Я. Савчук**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
тел. +380(342) 72-71-16; e-mail: vozniak@tvnet.if.ua*

Наявність твердих домішок у потоці води змінює інтенсивність звукових коливань.

Рідина, що рухається в трубі, створює деякий постійний шумовий фон. Додавання твердих домішок призводить до зміни рівня шуму.

Досліджено рівень інтенсивності шуму в залежності від спектру частот при різній концентрації твердих домішок.

Аналіз результатів дослідження показав, що за сталої витрати рідини зміна акустичної характеристики під час руху потоку гідросуміші дасть змогу визначити концентрацію у ній твердих домішок.

Ключові слова: *тверді домішки, звукові коливання, рівень інтенсивності, концентрація*

Під час видобування та транспортування нафти і газу супутнім середовищем часто є механічні домішки.

Є різні джерела їх появи у нафтових та газових потоках, а саме:

- частинки породи продуктивного горизонту газового (нафтового) покладу, які виносяться потоком з свердловини;
- будівельний шлам, який залишається після закінчення будівництва промислових мереж, магістральних трубопроводів;
- продукти внутрішньої корозії та ерозії трубопроводів, рідина, що конденсується з газу під час зміни її температури та тиску.

Вміст твердих домішок у газових потоках коливається у широкому діапазоні та залежить від діаметра газопроводу, від місця відбирання вздовж траси, складу газу, терміну служби газопроводу [1].

Присутні у газовому потоці механічні домішки суттєво впливають на експлуатацію газозбірних мереж, колекторів, магістральних газопроводів, газоперекачувальних агрегатів, вузлів вимірювання витрати та регулювання тиску газу, приладів контролю та технологічного обладнання споживачів природного газу. Під час транспортування природного газу по магістральних трубопроводах внаслідок неповного очищення газу від механічних домішок спостерігається значне пониження пропускної здатності газопроводу, збільшення коефіцієнта гідравлічного опору та втрат тиску при русі газу.

Оскільки трубопровідні мережі експлуатуються не один десяток літ, то потрібно коригувати тиски на початку трубопроводу в безпечних межах, Адже тиск на початку трубопроводу є одним з основних чинників безпечної експлуатації.

На сьогодні концентрація твердих домішок визначається за допомогою відбору проб та зважування твердих домішок.

Ю.П. Коротаєвим запропоновано метод акустичного дослідження свердловин та трубопроводів, аналіз яких показує, що акустичний метод можна використовувати і для визначення концентрації твердих домішок [2].

До дослідження турбулентності шуму приступили на початку 80-их років минулого століття у зв'язку з використанням реактивних та ракетних двигунів, де використовуються надзвукові швидкості.

Також проводилися дослідження при швидкостях, що зустрічаються під час руху газу, нафти в горизонтальних, похилих трубах та в свердловині.

Вагомі результати дослідження даної проблеми наведені в роботах А.Т. Муніна, В.Е.Квітки, Лайтхілла, Оскара, Стайна, Брітта, Мак Кінлі та ін. [2, 3, 4, 5, 6].

Важливий результат дослідження Лайтхілла полягає у тому, що акустична потужність зростає пропорційно 8-ій ступені швидкості турбулентного руху.

Розрахунки, проведені у Московському інституті нафти і газу за даними експериментальних досліджень 37 взірців пористих середовищ з різними коефіцієнтами пористості та проникливості показали, що дійсна швидкість пропорційна приблизно восьмій ступені звукового тиску, що відповідає теорії Лайтхілла [3].

Висновки Лайтхілла про квадрупольний характер шуму при турбулентності підтверджені експериментально рядом дослідників. Однак до сих пір не вдалося в'яснити повний спектральний закон турбулентного шуму.

Досить цікаві дослідження у цьому напрямку проведені Оскаром. Він поспробував одержати дані про силу та спектр турбулентного шуму шляхом перенесення законів термодинаміки на турбулентність. Висунена гіпотеза про аналогію між хаотичним молекулярним рухом в термодинаміці і невпорядкованим турбулентним рухом.

У роботі Стайна та ін. пропонується визначити інтервали, з яких виноситься пісок, а також максимально допустимі дебіти. При цьому фіксується рівень шуму в одиницю часу та розглядається його як функцію темпів відбирання та глибини.

У дослідженнях Брітта при моделюванні одно- та двофазних потоків виявлена наступна закономірність: амплітудно-частотні криві однофазного потоку на частотах 200, 600, 1000 та 2000 Гц розташовані бли-

зко одна від іншої. А у випадку двофазного потоку крива на частоті 200 Гц значно відрізняється від інших.

Дослідження, проведені Ю.П. Коротаєвим та К.Л. Грдзелою на свердловинах Оренбургського газоконденсатного родовища, показали, що за допомогою шумоміра можна визначити характер потоку, що рухається у стовбурі свердловини [3].

Вивчення особливостей руху одно- та двофазних потоків акустичним способом відкриває широкі можливості для дослідження характеру та структури двофазних потоків у промислових умовах. Процедура таких досліджень досить проста, і вони можуть проводитися під час роботи свердловин, шлейфів та газопроводів.

Однією з характерних особливостей двофазних систем є виникнення різних форм течії під час руху. Нерівномірність розподілу дисперсної фази в перерізі труби обумовлює наявність різноманітних форм руху двофазних систем як газорідних, так і систем з твердими домішками, дослідженню яких присвячена значна кількість робіт [5, 7].

Наявність твердих домішок у потоці вуглеводневих енергоносіїв має суттєвий вплив на процеси експлуатації свердловин та промислових трубопроводів.

Тому виникає питання, як визначити концентрацію твердих частинок у потоці.

Метою досліджень, що проводилися, є доведення можливості визначення концентрації твердих частинок за допомогою акустичного методу - шумометрії.

Як відомо, структуру турбулентності пояснюють наявністю двох складових швидкості – поздовжньої (акустичної) та поперечної (вихрової). Акустична енергія турбулентності передається у зовнішнє середовище, а неакустична - швидко гаситься з відстанню.

Оскільки турбулентність є генератором шуму, приймач звуку розпочне фіксувати потік, коли швидкість течії потоку буде достатньою для створення турбулентності.

Таким чином, потік рідини (газу), що рухається у круглій трубі, та тверді частинки віддають у зовнішнє середовище частину енергії, а саме, яка створюється поздовжньою складовою швидкості. Ця енергія передається у зовнішнє середовище у вигляді звукових коливань та фіксується зовнішніми приймачами.

У Івано-Франківському інституті нафти і газу були проведені експериментальні дослідження з визначення шуму в залежності від концентрації гідросуміші при сталій витраті потоку рідини. Максимальна концентрація твердих частинок складала 10%. У процесі проведення експериментів вивчався вплив концентрації твердих частинок на величину шуму [8].

Звук гідродинамічного походження можна визначити як звук, що виникає у результаті дії потоку води на навколишнє середовище, тобто

причиною утворення звуку є не коливання твердих тіл, а рух потоку води.

Наявність твердих домішок у потоці води змінює рівень інтенсивності звукових коливань.

Отже, рідина, що рухається в трубі, створює деякий постійний шумовий фон. Додавання твердих домішок призводить до зміни рівня шуму.

Результати досліджень наведено у вигляді графічних залежностей. Побудовано графічні залежності рівня інтенсивності шуму від спектру частот при різній концентрації твердих домішок (рис. 1, 2).

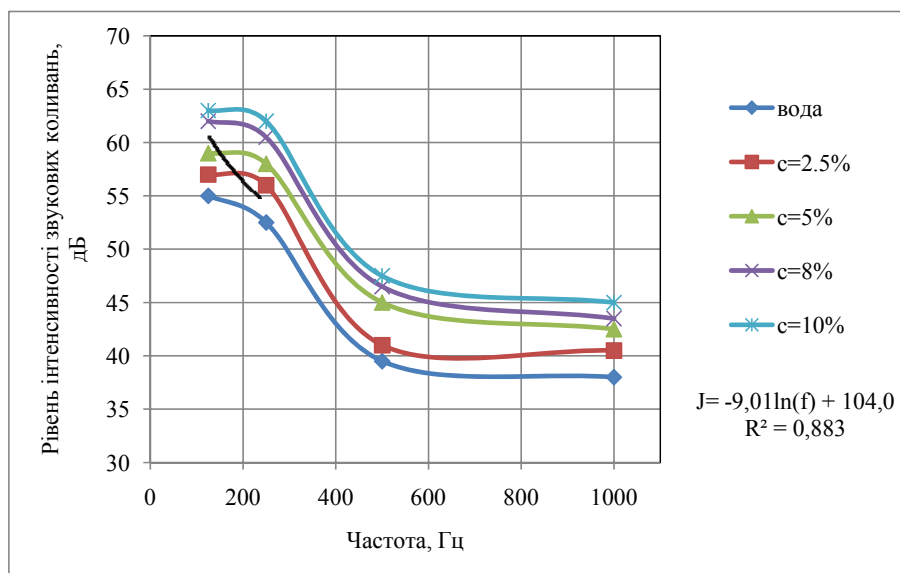


Рис. 1. Амплітудно-частотні характеристики під час руху твердих домішок різної концентрації по горизонтальному трубопроводу

З аналізу цих залежностей випливає, що при частоті 200 Гц для чистої води рівень інтенсивності шуму складає 54 дБ, а для 10 % концентрації твердих домішок при цій же частоті – 63 дБ.

Аналіз дослідження полягає у одержанні кореляційних залежностей між акустичними та гідродинамічними характеристиками в наземному трубопроводному обладнанні свердловин та їх практичне використання.

Шум, що виникає під час руху потоку рідини з твердими домішками, має гідродинамічний характер, тобто його утворення пов'язане з енергією турбулентних потоків, яка у даному випадку може розглядатися, як сила, що викликає поперечні та радіальні коливання стінок трубопроводів. У такій постановці розв'язок поставленої задачі досить складний та виходить за рамки даного дослідження.

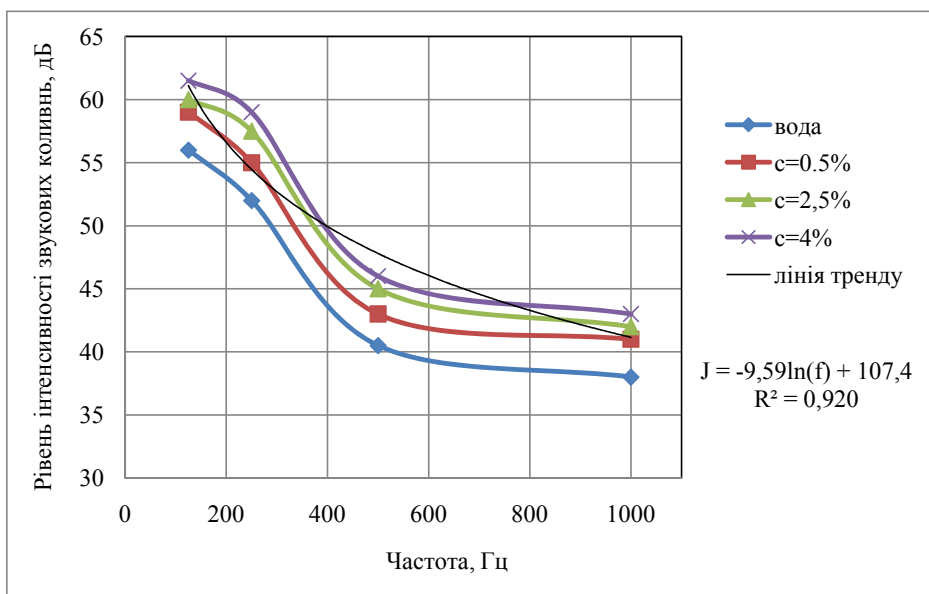


Рис. 2. Амплітудно-частотні характеристики під час руху твердих домішок різної концентрації по горизонтальному трубопроводу

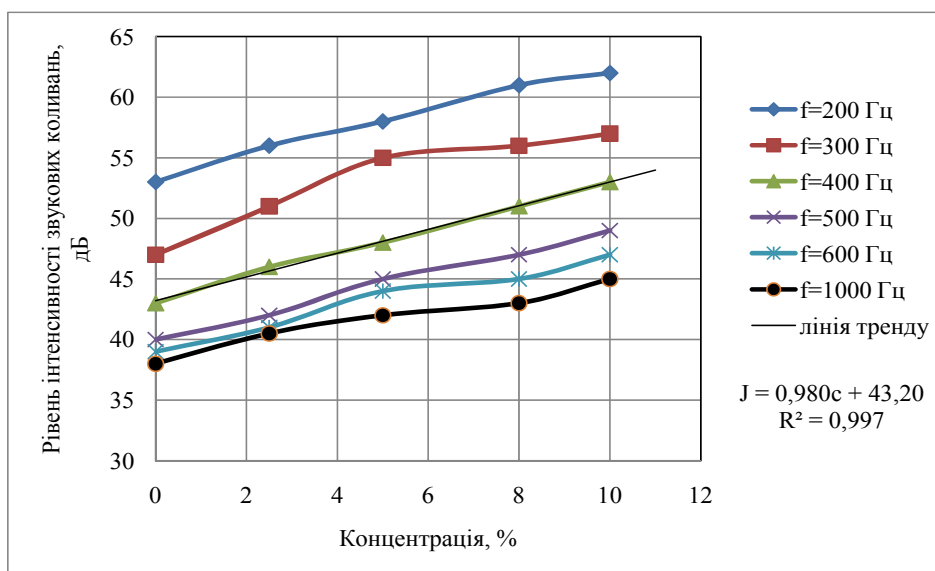


Рис. 3. Залежність рівня інтенсивності звукових коливань від концентрації твердих домішок

Розглядаючи прийнятну схему та припущення, будемо шукати кореляційну залежність між характеристиками, що нас цікавлять, у такому вигляді:

$$J = f(c),$$

де J – рівень інтенсивності звукових коливань;
 c – концентрація твердих домішок.

За сталої витрати рідини зміна акустичної характеристики під час руху потоку гідросуміші дасть змогу визначити концентрацію у ній твердих домішок.

Оскільки частотна характеристика до 100 Гц не відображає зміну даного процесу, а після 1000 Гц двофазний потік практично не відрізняється від однофазного, тому для проведення розрахунків використаємо заміряні значення рівня інтенсивності шуму від 125 до 1000 Гц. Побудовано графічні залежності рівня інтенсивності шуму від концентрації твердих домішок при різному спектрі частот (рис. 3, 4).

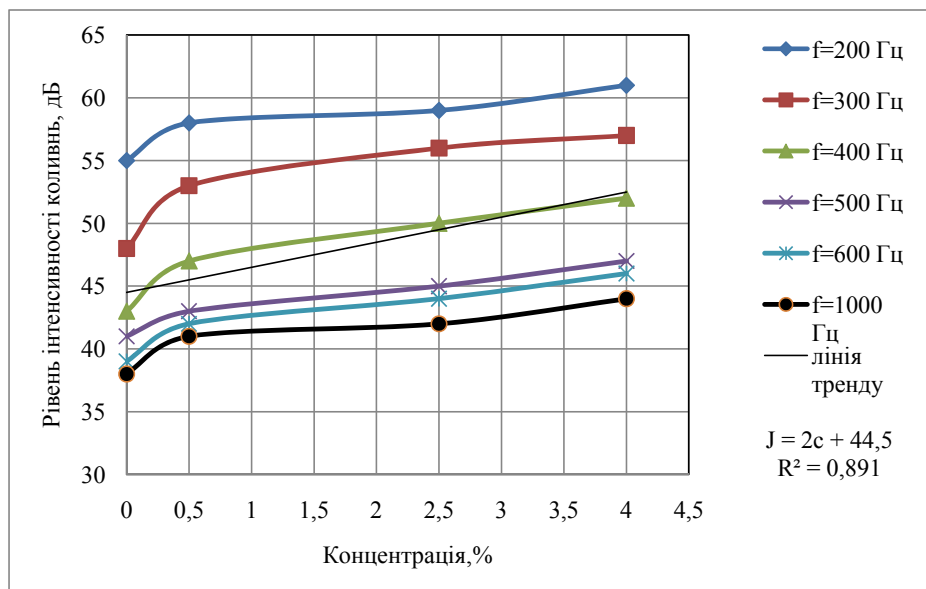


Рис. 4. Залежність рівня інтенсивності звукових коливань від концентрації твердих домішок

Одержано емпіричні залежності рівня інтенсивності звукових коливань від концентрації твердих домішок.

Результати, одержані нами внаслідок статистичної обробки, показують, що можна використовувати акустичний метод - шумометрію для визначення концентрації твердих домішок у потоці рідини або газу.

Література

1. Мазур И.И. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: ИЦ «ЕЛИМА», 2004. – 1104 с.
2. Коротаев Ю.П. Исследование газовых скважин с помощью шумометрии / Ю.П. Коротаев, К.Л. Грдзелова // РС Р и Э ГКМ. – М.: ВНИИЭ-газпром, 1983. – 45 с.
3. Грдзелова К.Л. Исследование скважин Оренбургского газоконденсатного месторождения глубинным шумомером / К.Л. Грдзелова,

- Н.Е. Щепкина // РС Р и Э ГКМ. – М.: ВНИИЭГазпром, 1980. – №5. – С. 1-8.
4. Коротаев Ю.П. Определение концентрации твердых частиц в трубопроводе с помощью шумометрии / Ю.П. Коротаев, Л.В. Возняк, М.П. Возняк. – Деп. В УкрНИИНТИ, 6.05.85. №1178.
5. Муних Л.Т. Авиационная акустика / Л.Т. Муних, В.Е. Квитки. – М.: Машиностроение, 1973. – 446 с.
6. Римский-Корсаков А.Б. Исследование аэродинамических шумов / А.Б. Римский-Корсаков // Труды акустического института. – М.: 1970. – Вып.19. – С. 30-34.
7. Коротаев Ю.П. Акустический способ выделения работающих интервалов газоконденсатных пластов / Ю.П. Коротаев, М.А. Бабалов // Газовая промышленность. – М., 1970. – №11. – С. 17 -23.
8. Возняк Л.В. Разработка методики расчета и исследование влияния твердых частиц на работу скважин и промысловых трубопроводов / Л.В.Возняк: Автореферат канд. диссертации. – М., 1987. – 22 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 26.12.2014 р.

Рекомендовано до друку д.т.н., професором Середюк М.Д., д.т.н., професором Говдяком Р.М. (м. Київ)

ACOUSTIC METHOD OF DETERMINATION OF CONCENTRATION OF HARD ADMIXTURES

**G. M. Kryvenko, M. P. Vozniak, S. O. Kryvenko,
L. V. Vozniak, L. Ya. Savchuk**

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;

76019, Ivano-Frankivsk, Carpatska st., 15;

ph. +380 (0342) 72 71 39; e-mail: vozniak@tvnet.if.ua

The presence of hard admixtures in the stream of water changes intensity of voice vibrations. A liquid which moves in a pipe creates some permanent noise background. Addition of hard admixtures results in the change of sound-level.

Investigational a level of intensity of noise is depending on the spectrum of frequencies during the different concentration of hard admixtures. The analysis of research results rotined that at the permanent expense of liquid the change of acoustic description during motion of stream of slurry will enable to define a concentration in it

Key words: *hard admixtures, voice vibrations, level of intensity, concentration*