

НАТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АКУСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВІЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ У ГАЗОТРАНСПОРТНИХ ТРУБОПРОВОДАХ

Коржов І.М., Тверитникова О.Є.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Порушення герметичності газопроводів призводять до матеріальних збитків та до забруднення навколишнього середовища. Використання систем виявлення витоків (СВВ) призводить до мінімізації втрат, здешевлення та підвищення безпеки процесу транспортування газу через газопроводи [1].

СВВ на основі акустичних хвиль, вловлюють і реєструють звукові хвилі, які утворювались при витоків. Основні переваги системи полягають у високій чутливості виявлення, точності визначення координат витоків, низькому відсотку помилкових спрацьовувань, високій швидкості виявлення [1].

Спроможність виявлення витоків у акустичних системах характеризується відношенням приймаючого потенціалу до результуючого ослаблення сигналу у середовищі. Це найбільш загальний та комплексний параметр, який враховує не тільки можливості приймача, а й особливості середовища. Потенціал виявлення – це потенційна спроможність системи виявляти на вибраній відстані виток який генерує сигнал, спектральна щільність якого дорівнює спектральній щільності шуму та перешкод, при прийомі й приведено до місця встановлення сенсорів. Потенціал виявлення дорівнює відношенню сигналу до шуму на виході корелятору при однаковій відстані від витоків до сенсорів з вказаною спектральною щільністю. При віддаленні сенсорів від витоків кожен з сигналів ослаблюється в середовищі величиною A по потужності. Оскільки взаємно кореляційна функція в потенціалі прийому вираховується по двом сигналам з двох сенсорів, напруга кожного з яких зменшиться у \sqrt{A} разів, то величина головного максимуму взаємно кореляційної функції, що визначає потенціал прийому та залежить від добутку напруги двох прийнятих сигналів, зменшиться в A разів [2, 3].

Якщо сигнал від витоків в багато разів вищий по потужності за потужність шумів та перешкод, то у цьому випадку напруга кожного з приймаємих сигналів зростає у корінь квадратний від відношення рівня сигналу та рівня шумів разів. Величина головного максимуму взаємно кореляційної функції збільшиться у величину відношення рівня сигналу та рівня шумів і відповідно у стільки ж разів зростає потенціал виявлення. Це дає змогу збільшити відстань між сенсорами. Таким чином можливо оцінити параметри витоків та відстані на яких вони можуть бути виявлені [3].

Результати комп'ютерного моделювання показують реальну можливість контролю трубопроводу на відстанях до декількох десятків кілометрів між датчиками. При практичному застосуванні дальність між датчиками буде дещо менше, так як при моделюванні не враховані безліч факторів, що впливають [2].

Для отримання практичного підтвердження (або спростування) даних комп'ютерного моделювання необхідно провести практичний експеримент на

діючому газопроводі, але це небезпечно та дорого з економічної точки зору. Для підтвердження можливе використання фізичної моделі трубопроводу, у вигляді лінійної труби з повітрям під тиском. Таким чином можливо розглядати ефективність різних акустичних сенсорів при різних варіаціях витоків, їх розташування та проводити спостереження без обмежень у часі, що на реальному газопроводі майже не можливо.

Заміна природного газу на повітря несе за собою поліпшення безпеки експерименту та його економічну ціну, але вносить похибку, так як повітря та природний газ мають різні параметри, такі як швидкість звуку та залежність коефіцієнту поглинання акустичних коливань від частоти. Також на ці параметри має вплив тиск, вологість та температура, їх вплив також різний для повітря та природного газу. Але так як у математичній та комп'ютерній моделях розглядається сам трубопровід як середовище розповсюдження акустичних хвиль та акустичні сенсори встановлюються на трубу зовні, а параметри реальних витоків апріорно невідомі, все це призводить до можливості знехтувати похибкою від такою заміною. У той же час такий підхід до експерименту не дає змогу оцінити вплив всіх вище згаданих факторів на роботу системи, але цей недолік не заперечує головній цілі, що полягає в практичному підтвердженні (або спростуванні) даних комп'ютерного моделювання. Також таке натурне моделювання дає змогу оцінити властивості різних акустичних сенсорів, та вплив зовнішнього середовища, перешкод і шумів на їх працездатність.

Комп'ютерна модель вказує на можливість встановлення датчиків на відстанях до декількох десятків кілометрів, та для експерименту з економічної точки зору доцільне використання не повно розмірного шматку газопроводу, достатньо всього декількох метрів, але це можливо при умові, що матеріал труби буде максимально близько схожий на реальний газопровід. При дотриманні цієї умови можливо оцінити середній коефіцієнт ослаблення сигналу у трубопроводі, та розрахувати з визначеною довірчою ймовірністю відстань між сенсорами, для підтвердження даних комп'ютерного моделювання.

Приведений опис натурального моделювання має свої переваги та недоліки, але дає змогу досягнути поставленої мети експерименту, та дає змогу провести його з точки зору безпеки та економічної ціни.

Список літератури

1. Кутуков С.Е. Проблема повышения чувствительности, надёжности и быстродействия систем обнаружения утечек в трубопроводах / С.Е. Кутуков // Информационные технологии. Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Т. 2. – 2004. – С. 28-45.

2. Коржов И. М. Моделювання можливостей системи виявлення витоків за методом акустичної кореляції / И. М. Коржов, Е. Е. Тверитникова // Метрологія та прилади. – 2013. – №1 II (45). – С. 133-137.

3. Болдырев В. Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума (часть 1) / В. Болдырев // Современная электроника. – № 9. – 2006. – С. 68-73.