

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА С НЕГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ

Шлык Ю.К.¹, Ведерникова Ю.А.¹, Бондаренко С.Ю.¹

¹⁾ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
E-mail: vedernikovaja@tyuiu.ru

ELECTRODYNAMIC MODELING OF A LINEAR PIPELINE SECTION WITH LEAKAGE

Shlyk Yu.K.¹, Vedernikova Yu.A.¹, Bondarenko S.Yu.¹

¹⁾ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

The problem of determining the moment of occurrence and linear coordinate of leakage of a pipeline linear section was solved by using the method of dynamic analogies in combination with the electric circuits theory methods. Amplitude-phase coordinate characteristics were obtained.

Задача оперативного определения момента возникновения негерметичности стенки трубопровода и её линейной координаты стоит в ряду важнейших проблем, связанных с эксплуатацией и техническим обслуживанием современных систем трубопроводного транспорта [1]. Главным образом это касается таких стратегически важных объектов, как газо– и нефтепроводы, водо– и продуктопроводы, причем как высокого, так и низкого давления.

Сопоставляя эффективность известных мероприятий по обнаружению негерметичности стенки трубопровода, можно сделать вывод о том, что акустический метод диагностики обладает целым рядом преимуществ:

- его использование не предполагает остановку процесса транспортировки среды по трубопроводу;
 - он характеризуется наивысшим уровнем оперативности в плане приема информации о моменте возникновения “свища”, поскольку она передается к точке регистрации со скоростью звука в среде, заполняющей трубопровод [2];
 - информация о возникновении негерметичности может передаваться и по стенке трубопровода в виде звуковых волн [3];
 - данный метод не требует выполнения особых условий его применения.
- Фактически, речь идет об “акустической локации” шумов в трубопроводе.

Решение данной задачи может быть получено на путях использования метода динамических аналогий [4] в сочетании с математическим ресурсом теории электрических цепей.

Электродинамическое моделирование линейного участка трубопровода с негерметичностью позволяет представить его в виде каскадного соединения трех симметричных четырехполюсников (рис. 1).

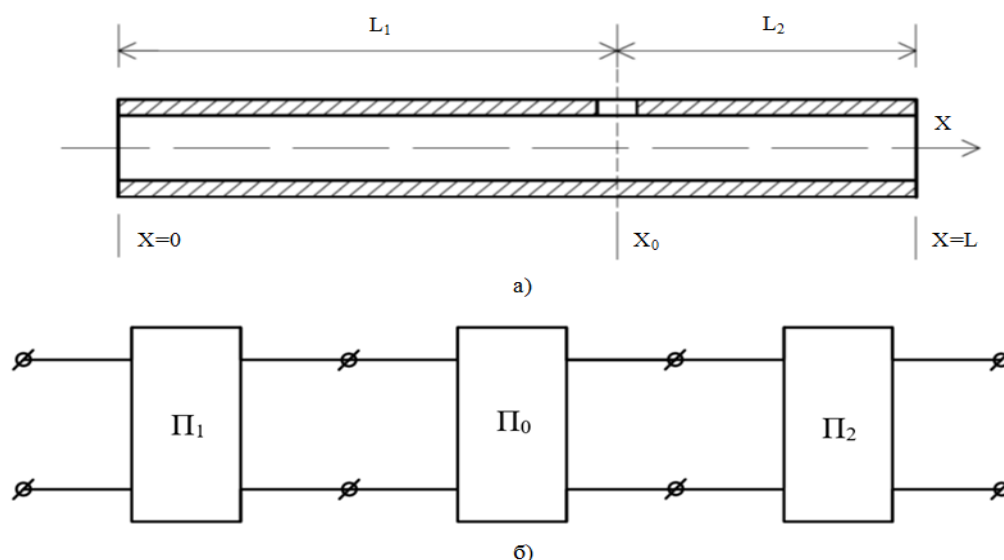


Рис. 1. а) Линейный участок магистрального трубопровода, где L – общая длина трубопровода; L_1 и L_2 – длины трубопровода до и после негерметичности; X_0 – линейная координата негерметичности. б) Электрическая схема–аналог трубопровода с негерметичностью, где Π_1 , Π_0 , Π_2 – пассивные четырехполюсники.

Структура каждого четырехполюсника будет характеризоваться своей матрицей комплексных коэффициентов A , B , C и D .

По результатам экспериментальных исследований, выполненных на базе измерительного комплекса National Instruments Elvis II, были получены зависимости этих коэффициентов от числа звеньев цепных схем четырехполюсников Π_1 и Π_2 , которое варьировалось от 1 до 9. Данные зависимости могут рассматриваться в качестве амплитудно-фазовой координатной характеристики (АФКХ) трубопровода, как объекта исследования [5].

Базовое отличие предложенных (АФКХ) от общеизвестных (АФЧХ) состоит в том, что последние строятся для неизменной структуры объекта путем изменения частоты ω , а (АФКХ) – наоборот.

Использование данных функций может лечь в основу создания эффективного метода диагностики состояния любой динамической системы.

1. А. И. Плаксин, Ю. К. Шлык, Известия вузов. Нефть и газ. Тюмень, изд-во ТюмГНГУ, 2, 61–64 (2011).
2. Способ диагностики трубопровода: Пат. 2241174 РФ: 7F 17D 5/05 / Ю.К. Шлык, И.А. Каменских. – Опубликовано 27.11.04, Бюл. №33.
3. Способ диагностики герметичности магистрального трубопровода: Пат. 2565112 РФ: 7F 17D 5/06 /А.И. Плаксин, Ю.К. Шлык. – Опубликовано 20.10.15, Бюл. №29.
4. Г. Ольсон, Динамические аналогии, М.: Издательство иностр. лит. (1947).
5. Ю. К. Шлык, Ю. А. Ведерникова, С. Ю. Бондаренко, Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 7, 20–24 (2019).