



**УДК 622.692.4**

## **МЕТОД ГІДРАВЛІЧНОЇ ЛОКАЦІЇ ВИТОКУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ ВРІЗУВАНЬ НА МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДАХ**

**С. Я. Григорський, О. В. Іванов**

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15,  
тел. (0342) 72-71-39, e-mail: stasg0905@gmail.com*

До числа небезпечних кримінальних тенденцій останніх років відноситься зростання крадіжок нафти шляхом несанкціонованих вірізок в нафтопроводи та нафтопродуктопроводи. Так за 2013 рік силами аварійно-ремонтних дільниць галузі та МНС України було ліквідовано 469 випадків зловмисних пошкоджень нафтопроводів, збитки на їх ліквідацію склали понад 1,034 млн. грн., у 2014 році ліквідовано 447 випадків різного роду зловмисних пошкоджень.

Тому серед специфічних проблем теоретико-правового та прикладного характеру особливе місце займають проблеми кваліфікації несанкціонованих вірізок у магістральні нафтопроводи, які потребують негайного вирішення.

Відносно невеликі виливи нафти і нафтопродуктів можуть мати наслідки тривалого характеру й спричинювати серйозні збитки. Досить часто забруднення ґрунтів і поверхневих вод нафтою і продуктами її перероблення призводить до забруднення ґрунтових вод, що унеможливає їх використання для пиття. Нерідко виливи нафти і нафтопродуктів призводять до надзвичайних ситуацій, які є найбільш небезпечними за своїми екологічними наслідками. Основними причинами виникнення аварійних виливів нафти і нафтопродуктів на трубопровідному транспорті є зношеність основних фондів та несанкціоновані втручання у цілісність трубопроводів. Загрози довікило, які виникають під час експлуатації нафтопроводів, пов'язані з аварійними виливами нафти, особливо небезпечні, якщо вони супроводжуються потраплянням розливої нафти у водні системи.

Проблема виявлення витоків нафти, особливо «малих», з магістральних трубопроводів – одна з найбільш гострих і непростих проблем експлуатації нафтопроводів. Незважаючи на те, що постійно ведеться пошук ефективних і технологічних рішень, говорити про остаточне рішення цієї проблеми поки не доводиться. Пропонується безліч методів виявлення витоків, як розрахункових, так і технічних, проте більшість з них є технологічно складними або надзвичайно дорогими [1-3].

Один із найбільш простих та дешевих методів визначення витоків нафти із магістрального нафтопроводу є метод гідравлічної локації



витоку. Цей метод заснований на аналізі гідравлічних характеристик ділянки нафтопроводу на двох спеціально вибраних базисних сегментах, що знаходяться поблизу нафтоперекачувальних станцій (НПС). Задача полягає в тому, щоб вказати місце витoku нафти і оцінити її інтенсивність по зміні гідравлічних нахилів на цих сегментах. Розрахункова схема такої ділянки нафтопроводу зображена на рис. 1.

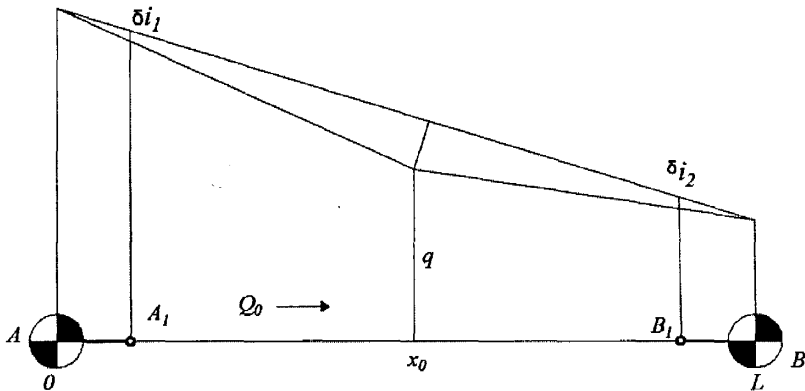


Рисунок 1 – Розрахункова схема методу гідравлічної локації місця витoku

Нехай ділянка нафтопроводу  $AB$  довжиною  $L$  між двома НПС працює в стаціонарному режимі, не має самопливних ділянок, та транспортує однорідну нафту з продуктивністю  $Q_0$ . Якщо в будь-якому перерізі  $x_0$  даної ділянки нафтопроводу виникає витік нафти продуктивністю  $q$ , то лінія гідравлічного нахилу перетворюється із прямої в ламану лінію (рис. 1). При цьому на ділянці нафтопроводу до витoku гідравлічний нахил збільшується, а на ділянці після витoku – зменшується. Вибираємо два базисних сегменти – один  $AA_1 = \Delta_1$  поблизу першої НПС і другий  $B_1B = \Delta_2$  поблизу другої.

Гідравлічний нахил і на довжині ділянки нафтопроводу є функцією від об'ємної продуктивності  $Q$  останнього

$$i(Q) = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}, \quad (1)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного опору нафтопроводу;  
 $d$  – внутрішній діаметр нафтопроводу;  
 $w$  – середня швидкість руху нафти в трубопроводі;  
 $g$  – прискорення сили тяжіння.



Величину гідравлічного нахилу можна визначити за диференціальними напорами на кінцях базових сегментів

$$i_{A_1} = i_{B_1} = \frac{H_A - H_{A_1}}{\Delta_1} = \frac{H_{B_1} - H_B}{\Delta_2}. \quad (2)$$

Літерою  $H$  позначені напори у відповідних перерізах трубопроводу.

Якщо в точці  $x_0$  виникає витік нафти, то гідравлічні нахили  $i_{A_1}$  та  $i_{B_1}$  перестають бути рівними; їх зміна  $\delta i_1$  та  $\delta i_2$  визначається за показами диференціальних манометрів

$$\delta i_1 = \frac{\delta(H_A - H_{A_1})}{\Delta_1} > 0; \quad \delta i_2 = \frac{\delta(H_{B_1} - H_B)}{\Delta_2} < 0. \quad (3)$$

Справедливі в даному випадку співвідношення

$$\delta i_1 = \left( \frac{\partial i}{\partial Q} \right)_{Q_0} \cdot \delta Q_1; \quad \delta i_2 = \left( \frac{\partial i}{\partial Q} \right)_{Q_0} \cdot \delta Q_2, \quad (4)$$

де  $(\delta i / \delta Q)_{Q_0}$  – часткові похідні від функції  $i(Q)$ , розраховані при подачі  $Q_0$ .

Похідні у формулі (4) можуть бути визначені як теоретичним шляхом (за допомогою диференціювання тої чи іншої формули для залежності гідравлічного нахилу  $i$  від витрати  $Q$ ), так і експериментально, шляхом дослідження гідравлічного нахилу на ділянці нафтопроводу при зміні його пропускної здатності.

З рівнянь (4) можна знайти зміни  $\delta Q_1$  та  $\delta Q_2$  витрати нафти в трубопроводі до і після перерізу, в якому відбувся витік

$$\delta Q_1 = \frac{\delta i_1}{(\delta i / \delta Q)_{Q_0}}; \quad \delta Q_2 = \frac{\delta i_2}{(\delta i / \delta Q)_{Q_0}},$$

а також величину витoku нафти  $q$

$$q = \delta Q_1 - \delta Q_2 = \frac{|\delta i_1| + |\delta i_2|}{(\delta i / \delta Q)_{Q_0}}. \quad (5)$$

Не важко також визначити координату  $x_0$  перерізу витoku нафти. Оскільки величини  $\delta i_1$  та  $\delta i_2$  надзвичайно малі, то має місце рівняння



$$\begin{cases} x_0 \cdot \delta i_1 = -(L - x_0) \cdot \delta i_2, \\ x_0 \cdot (\delta i_1 - \delta i_2) = -L \cdot \delta i_2, \end{cases}$$

або

$$x_0 = L \cdot \frac{|\delta i_2|}{|\delta i_1| + |\delta i_2|}. \quad (6)$$

Формули (5) та (6) в сукупності з вимірними величинами  $|\delta i_1|$  та  $|\delta i_2|$  вирішують поставлену задачу.

Переваги даного методу:

- 1) низька експлуатаційна вартість;
- 2) використання тільки штатних засобів контрольно-вимірвальних приладів;
- 3) візуалізація розподілу тиску по трасі;
- 4) оперативність виявлення витоків;
- 5) можливість визначення інтенсивності витоку.

Недоліки методу гідравлічної локації витоку нафти:

- 1) наявність зон на початку і кінці експлуатаційної ділянки, в яких витік з використанням цього методу не визначається;
- 2) можливість застосування тільки при сталому режимі експлуатації ізотермічного трубопроводу;
- 3) неможливість використання в трубопровідних мережах зі скиданнями і підкачуваннями.

Слід зазначити, що найточніше інтенсивність витоку може бути розрахована за допомогою складання матеріального балансу нафти в будь-який момент експлуатації нафтопроводу тазастосуванні методу гідравлічної локації витоку.

Літературні джерела

1 Вайншток С.М. Методы обнаружения утечек нефти из трубопровода / Новоселов В.В, Прохоров А.Д., Шаммазов А.М. и др. //Трубопроводный транспорт нефти.- Москва : Недра, 2004.-Т.2. – 621 с.

2 Карпаш О. М. Технічна діагностика систем нафтогазопостачання / Карпаш О. М., Возняк М. П., Василюк В. М. – Івано-Франківськ: Факел, 2007. – 341 с.

3 Матіко Ф. Д. Метод виявлення витоків природного газу із ділянок газорозподільних мереж за умови зміни тиску газу / Ф. Д. Матіко, Б. І. Прудніков, М. І. Олійник // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2013. – № 758 : Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – С. 170-178.