

# Виробничий досвід

УДК 622.692.4

## ВПЛИВ ЧИННИКІВ НА ТЕХНІЧНИЙ РИЗИК У ХОДІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОПРОВОДІВ

Г.М.Кривенко, Я.М.Семчук, М.П.Возняк, Л.В.Возняк

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 40098

e-mail: gidro@nung.edu.ua

*Дана оцінка впливу факторів на технічний ризик. В результаті обробки промислових змінених отримано рівняння регресії для визначення перепаду тиску в трубопроводі з метою прогнозування технічного ризику. Визначено характер розподілу тиску по довжині нафтопроводу для прогнозування об'єму витікання нафти з дефектного отвору в разі виникнення аварійної ситуації.*

*Evaluation of influence of factors on the technical risk and calculation of measurements pressure, temperature, volume rate, viscosity and density on the oil pipeline helped to get the equation of regression for distribution the pressure across the length of the pipeline for forecast the risk*

У ході експлуатації трубопроводів найважливішим завданням є збереження герметичності та надійності системи транспортування, а також запобігання забрудненню довкілля. Враховуючи те, що головні транспортні магістралі України експлуатуються вже не один десяток літ, питанню експлуатації трубопроводів в режимах, що запобігають створенню аварійних ситуацій, надається особливе значення.

Рівень небезпеки нафтопроводів як одного з об'єктів паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) для довкілля і здоров'я людини може бути різним: від найнебезпечнішого відхилення від норми до критичного, і навіть катастрофічного. Вплив трубопроводів, якими транспортується нафта, на довкілля має специфічний характер, який полягає в тому, що у випадку відмови лінійної частини трубопроводу шкідливому впливу так чи інакше підлягають майже всі компоненти навколишнього середовища. Тому виникла необхідність у комплексному дослідженні чинників, які впливають на технічний та екологічний ризики у ході експлуатації нафтопроводів. З метою прогнозування цих ризиків побудовано схему дослідження трубопроводу (рисунк 1). Вихідним критерієм для дослідження є стан внутрішньої поверхні труби.

Сучасні методи діагностування внутрішньої поверхні нафтопроводів за допомогою інтелектуальних поршнів дають змогу з високою точністю визначити місце розташування дефектів в тілі труби та їх розміри. За цими да-

ними прогнозують можливі витікання нафти у випадку розриву труби в дефектних місцях та здійснюють моделювання розтікання нафти. При цьому трубопровід розглядається як єдине ціле з місцевістю в його околиці [1].

Дефекти в тілі труби в процесі експлуатації нафтопроводу можуть призвести до виникнення аварійної ситуації та спричинити шкідливий вплив на довкілля. Тому необхідно вибрати критерій, за яким можна було б керувати процесом транспортування з метою запобігання виникненню небезпечних ситуацій. Таким критерієм є технічний ризик.

За критерій технічного ризику нами прийнято

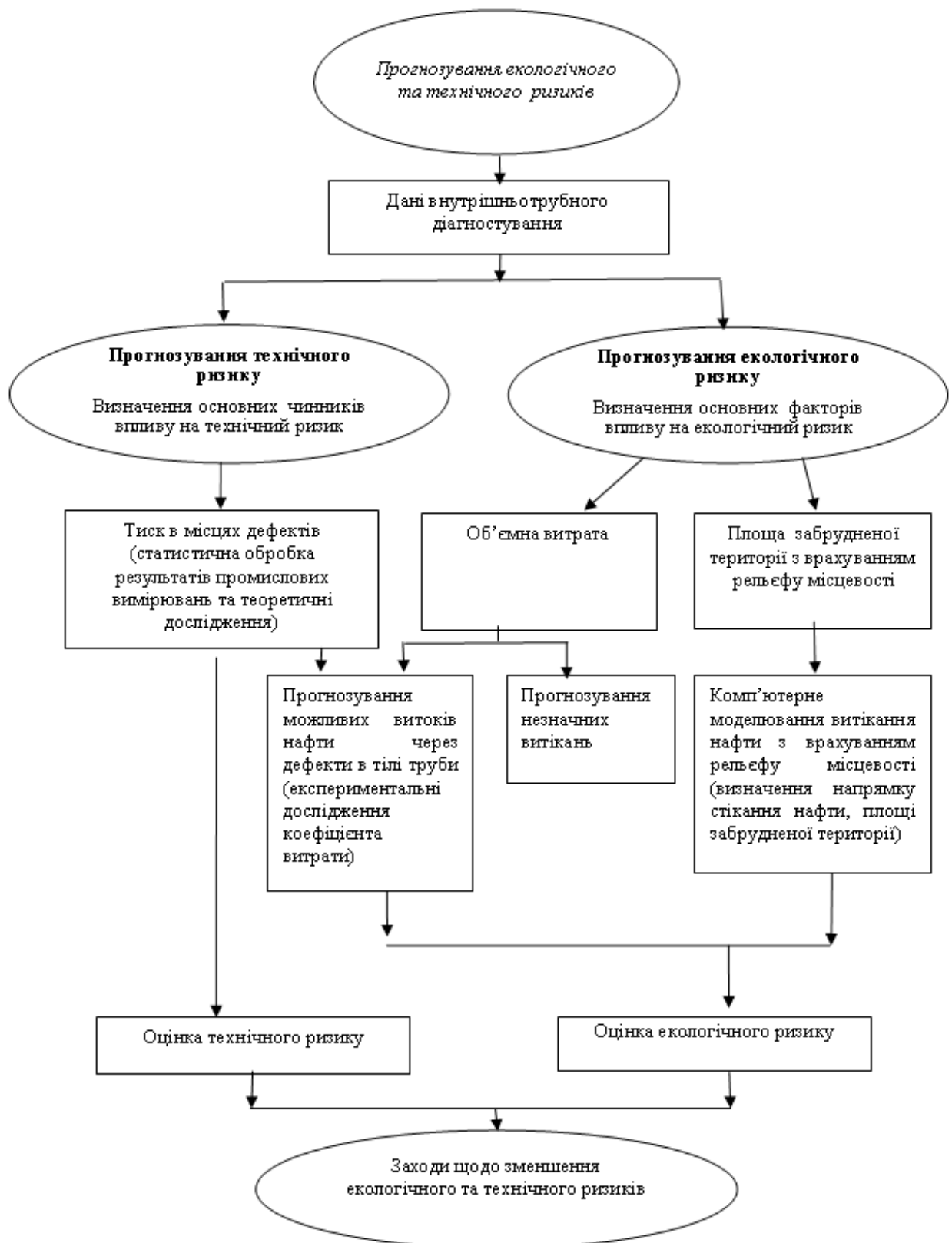
$$R_T = 1 - \frac{P_n}{P_m}, \quad (1)$$

де:  $P_n$  – понижений тиск з урахуванням втрат металу, МПа;

$P_m$  – максимальний тиск, на який розрахований трубопровід, МПа.

Для того, щоб запобігти виникненню аварійної ситуації, необхідно дослідити вплив чинників на технічний ризик у ході експлуатації нафтопроводів.

Об'єм нафти, що витікає з наскрізного отвору в тілі трубопроводу, залежить від тиску (напору) в трубопроводі у місці дефекту. У свою чергу тиск у трубопроводі залежить як від режиму транспортування, так і від профілю траси.



**Рисунок 1 – Схема дослідження нафтопроводу з метою прогнозування технічного та екологічного ризиків**

На сьогодні у зв'язку з підвищенням вимог до захисту довкілля проблемі контролю за станом нафтопроводів та їх надійності приділяється особлива увага, оскільки у процесі проектування та експлуатації лінійної частини нафтопроводу пропонуються максимально можливі

тиски, що створюються на кожній ділянці трубопроводу. Контроль параметрів транспортування і стану трубопроводу здійснюється за величиною тиску і температури у найбільш відповідальних точках траси.

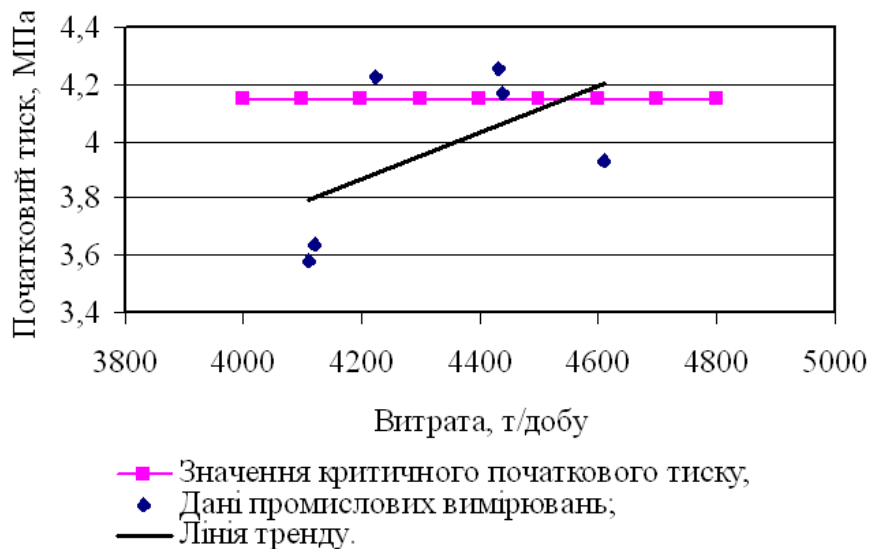


Рисунок 2 – Визначення значення максимальної витрати

Значні відхилення значень гідравлічних характеристик, розрахованих за формулою Дарсі-Вейсбаха, і з використанням існуючих залежностей для коефіцієнта гідравлічного опору від одержаних у процесі експлуатації трубопроводу можна пояснити впливом чинників, які важко врахувати в детермінованих моделях: корозійного зношування стінок труби, наявності відкладів парафіну, накопичення води та газу, зміни форми поперечного перерізу труби, негерметичності засобів транспортування, наявності шляхових відборів та підкачувань по довжині труби.

Тому великого практичного значення набули моделі процесу транспортування, що створені за результатами статистичної обробки диспетчерських даних та промислового вимірювання (витрата, перепад тиску в трубопроводі, температура, в'язкість, густина).

Дослідимо вплив експлуатаційних чинників на перепад тиску в трубопроводі, використавши дані промислових вимірювань [2].

Ступінь впливу кожного з чинників визначається за їх інформативністю.

Основним показником процесу транспортування вибираємо перепад тиску по довжині трубопроводу. Чинниками, що впливають на цей процес, будуть: витрата рідини, початкова і кінцева температури транспортування, в'язкість нафти за цих температур, густина рідини. Аналіз інформативності даних чинників за мірою Кульбака [3] свідчить, що на перепад тиску в трубопроводі найбільший вплив мають витрата та початкова температура. Із результатів розрахунків випливає, що інформативність ознаки "початкова температура" складає 1,1039, а інформативність ознаки "витрата" – 0,9947. Оскільки параметр в'язкість нафти залежить від початкової температури, немає потреби виділяти його окремо.

За результатами експериментів побудовано регресійну модель залежності перепаду тиску від інформативних ознак, що впливають на даний процес.

Математична модель, яка пов'язує показник процесу з найбільш інформативними ознаками, має такий вигляд

$$\Delta P = P_1 e^{2,5953 + 0,6924 \ln(Q/Q_1) + 26,6998 T_1 / T} \quad (1)$$

де:  $\Delta P$  – перепад тиску, МПа;  
 $Q$  – об'ємна витрата, м<sup>3</sup>/с;  
 $T$  – початкова температура нафти, °С;  
 $P_1$  – одичне значення тиску, МПа;  
 $Q_1$  – одичне значення витрати, м<sup>3</sup>/с;  
 $T_1$  – одичне значення початкової температури.

Ступінь відповідності експериментальних даних і значень, розрахованих за рівнянням (1) встановлює міра ідентичності.

Обчислений за величиною міри ідентичності коефіцієнт множинної кореляції дорівнює 0,8.

Проведено перевірку адекватності моделі за критерієм Фішера, значення якого  $F = 1,6799$ .

За рівня значущості  $\alpha = 0,05$  для чисел ступеня свободи  $m_1 = 8$  і  $m_2 = 6$  величина  $F_{0,05,8,6} = 4,15$ .

Оскільки 1,6799 менше 4,15, то гіпотезу адекватності моделі приймаємо.

Для підвищення екологічної безпеки у ході експлуатації трубопроводів необхідно коригувати тиск на початку трубопроводу, оскільки за тривалої експлуатації початкова ділянка є найбільш небезпечною. Отже максимальне значення тиску, на який розрахований трубопровід, слід скоригувати з урахуванням пониження тиску внаслідок втрат металу в тілі труби. Як бачимо, для безпечної експлуатації трубопроводу потрібно перекачувати обсяг нафтопродукту за початкового тиску меншого від критичного до проведення заходів щодо ремонту небезпечних ділянок. На рисунку 2 відображено дані промислових вимірювань ділянки нафтопроводу та за допомогою ЕОМ побудовано лінію тренду, за якою у місці перетину її зі значенням критичного початкового тиску можна знайти умовне



Рисунок 3 – Розподіл тисків вздовж трубопроводу

значення максимальної витрати, за якої забезпечується безаварійна експлуатація трубопроводу.

На рисунку 3 наведено розподіл тиску вздовж трубопроводу за залежністю

$$P_x = P_n - \Delta P \cdot \frac{x}{l}, \quad (2)$$

де:  $P_n$  – тиск на початку трубопроводу, МПа;

$\Delta P$  – перепад тиску, МПа, визначається за залежністю (1);

$x$  – відстань від початку трубопроводу до точки, де виявлено дефект, м;

$l$  – довжина трубопроводу, м.

За залежністю (1) можна визначити перепад тиску у широкому діапазоні об'ємних витрат нафти і скоригувати при цьому початкове значення тиску з метою запобігання аварійної ситуації.

Отже, регресійну модель (1), яка описує залежність перепаду тиску в трубопроводі від найбільш інформативних ознак, можна застосовувати для конкретного нафтопроводу з метою коригування початкових тисків у ході експлуатації для попередження аварійних ситуацій та прогнозування витікань із дефектних отворів.

### Література

1 Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів / [Говдяк Р.М., Семчук Я.М., Чабанович Л.Б. та ін.]. – Івано-Франківськ: Лілея –НВ, 2007. – 556 с.

2 Кривенко Г.М. Аналіз інформативності ознак на перепад тиску в трубопроводі / Г.М.Кривенко // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Державний міжвідомчий НТЗ – 2001. – № 37. (том 6). – С. 171-175.

3 Кульбак С. Теория информативности и статистика / С.Кульбак. – М.: Наука, 1967. – 408 с.