

СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТРЯГАННЯ МЕХАНІЧНИХ ЗАСОБІВ У ГАЗОПРОВОДІ

¹ В.Я.Грудз, ² Р.М.Терефенко

¹ ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42157
e-mail: public@nung.edu.ua

² ГАЛНАФТОГАЗ, 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Короля Данила, 16 б, тел. (0342) 714078,
e-mail: halnaftogaz@mail.ru

Проводиться оцінка вероятности несанкционированной остановки очистительных устройств в газопроводах и времени ликвидации созданных аварийных ситуаций на основании статистической информации.

Estimation of probability of unauthorized stop of cleansing devices is given in gas pipelines and time of liquidation of the created emergencies situations here on the basis of statistical information.

Застрягання, тобто незаплановану зупинку механічного пристрою під час його руху газопроводом, можна розглядати як випадкову подію. Тому для визначення ймовірності застрягання поршня застосовують методи математичної статистики.

Для формування статистичної вибірки зібрано інформацію про застрягання очисних пристроїв в газопроводах за період 1976-2002 рр. по всіх підрозділах управліннь магістральних газопроводів ДК "Укртрансгаз".

Метою даного статистичного дослідження є встановлення ймовірності застрягання очисних механічних пристроїв в газопроводі в процесі очищення в залежності від діаметра газопроводу. Інші механічні пристрої, що можуть рухатися газопроводом, з дослідження вилучено, оскільки відсутня інформація про їх застосування.

Статистична ймовірність визначається відношенням кількості негативних випадків (застрягань) до загальної кількості пропусків очисного пристрою. Однак, без попереднього доведення це твердження для оцінювання частоти застрягань очисного пристрою безпідставне, оскільки відсутня інформація про кількість очищень газопроводів, проведених в період 1976-2002 рр. Тому вирішено застосувати геометричне твердження ймовірності як відношення площі (об'єму) області, до якої відносяться всі негативні випадки, до загальної площі (об'єму), які охоплюють всю множину можливих подій. Якщо відомо, що кожен газопровід перед введенням в експлуатацію обов'язково піддається очищенню, то загальною множиною, в якій відбувалися всі події, слід вважати систему газопроводів України, споруджену за вказаний період. Користуючись даними [1], визначено загальну довжину газопроводів, побудованих за вказаний період, по категоріями діаметрів:

– газопроводи малого діаметра (D_y=100 ÷ 500 мм) L₁=12908,795 км;
– газопроводи середнього діаметра (D_y=700 ÷ 800 мм) L₂=3287,192 км;

– газопроводи великого діаметра (D_y=1000 ÷ 1400 мм) L₃=13666,174 км.

Областю, в якій спостерігаються негативні події (застрягання очисного пристрою), вважаємо довжину всіх газопроводів, в яких за вказаний період було зафіксовано зупинку очисного пристрою в процесі очищення. Користуючись зібраними даними, знайдемо довжину цих газопроводів за категоріями діаметрів:

– газопроводи малого діаметра (D_y=100 ÷ 500 мм) l₁=1827,9 км;

– газопроводи середнього діаметра (D_y=700 ÷ 800 мм) l₂=386,0 км;

– газопроводи великого діаметра (D_y=1000 ÷ 1400 мм) l₃=11071,1 км;

Тепер знайдемо ймовірність зупинки очисного пристрою в газопроводах різних категорій як відношення відповідних довжин газопроводів.

Для газопроводів малого діаметра

$$\Lambda_1 = \frac{l_1}{L_1} = \frac{1827,9}{12908,795} = 0,142.$$

Для газопроводів середнього діаметра

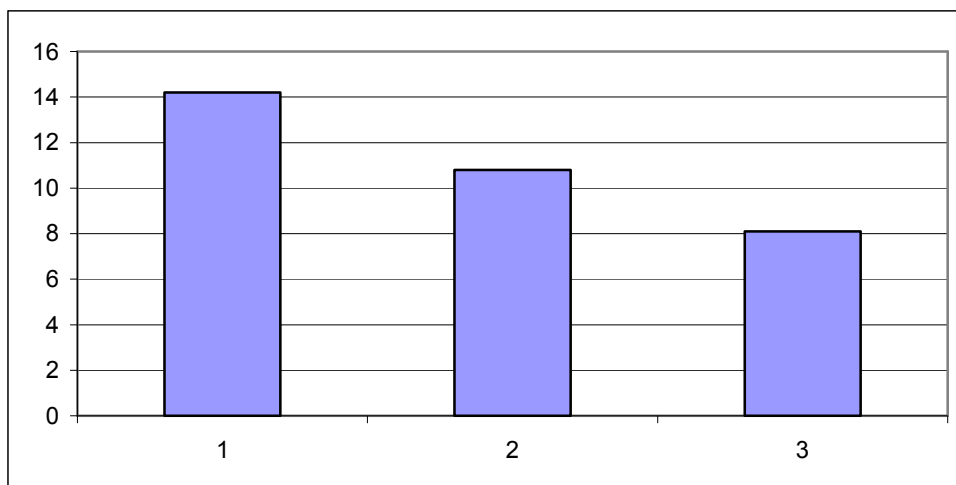
$$\Lambda_2 = \frac{l_2}{L_2} = \frac{386,0}{3287,192} = 0,108.$$

Для газопроводів великого діаметра

$$\Lambda_3 = \frac{l_3}{L_3} = \frac{11071,1}{13666,081} = 0,081.$$

Середньозважена за довжиною трубопроводів ймовірність застрягання очисного пристрою складає 0,11. Це означає: приступаючи до процесу очистки газопроводу ми повинні бути готовими до того, що з ймовірністю 11 % очисний пристрій застрягне. Така висока ймовірність застрягання очисного пристрою вимагає спеціалізованої підготовки до планування процесу очищення.

Слід зауважити, що очищення газопроводу суттєво залежить від умов його проведення і характеру забруднення порожнини трубопроводу. В цьому плані принципово відрізняються процес очищення газопроводу перед введенням його в експлуатацію (в тому числі і після про-



1 – газопроводи малого діаметра; 2 – газопроводи середнього діаметра;
3 – газопроводи великого діаметра

Рисунок 1 – Гістограма імовірності застрягання механічного пристрою за категоріями діаметрів газопроводів

ведення реконструкції чи капітального ремонту) і процес профілактичного очищення у ході експлуатації. Із статистичної вибірки видно, що з 62 фактів застрягання очисного пристрою 57 припадає на очищення перед введенням в експлуатацію (в т. ч. 24 – після капітального ремонту) і тільки 5 на очисти в процесі експлуатації. Вважаючи імовірність застрягання очисного пристрою в процесі очищення перед вводом газопроводу в експлуатацію 11%, визначимо, що імовірність застрягання очисного пристрою в процесі очищення в ході експлуатації складає $\frac{5}{63} \cdot 11 = 0,88\%$. Пояснюється це

різним характером забруднення порожнини трубопроводу. Якщо при профілактичному очищенні газопроводу забруднення представлені в основному рідиною, то перед введенням в експлуатацію в порожнині газопроводу можуть знаходитися тверді предмети, які суттєво впливають на характер руху очисного пристрою.

На рис. 1 зображено гістограму імовірності застрягання очисних пристроїв під час проведення очищення газопроводу перед введенням в експлуатацію за категоріями діаметрів трубопроводу. Як видно з гістограми, збільшення діаметра газопроводу призводить до зменшення імовірності застрягання очисного пристрою. Це пояснюється тим, що сила, яка штовхає очисний пристрій, зростає пропорційно до квадрата діаметра, а об'єм забруднень за даними [2] – зростає пропорційно діаметру трубопроводу.

Іншим важливим аспектом, який має безпосередній вплив на збитки, є час ліквідації аварії, викликаній зупинкою очисного пристрою в газопроводі. Зауважимо, що можливим варіантом є запуск іншого пристрою, який ліквідує пропуски газу через границю розділу, утворену поршнем, що застряг, а шляхом підвищення тиску в газопроводі, буде створено можливість витиснення з газопроводу обидва

поршні. Такий варіант є найбільш бажаним з одного боку і найменш реальним з іншого. Як правило, ліквідувати перетоки через границю розділу не вдається навіть запуском цілої серії пристроїв для очищення. Крім того, ліквідація перегонів ще не означає можливості витиснення системи з трубопроводу, яка залежить від причини застрягання першого пристрою. Тому такі варіанти ліквідації аварійної ситуації тут не розглядаються.

Найбільш поширеним методом ліквідації аварійної ситуації, викликаній застряганням очисного пристрою, є вирізання котушки трубопроводу, яка містить пристрій, що застряг, і повторне зварювання трубопроводу.

Час ліквідації аварії, викликаній застряганням очисного пристрою, можна умовно представити у вигляді суми двох складових

$$\tau = \tau_1 + \tau_2,$$

де: τ_1 – час, витрачений на визначення координати пристрою, що застряг у газопроводі;

τ_2 – час витрачений на вирізання котушки і повторне зварювання трубопроводу.

На рис. 2 зображено графічну залежність затрат часу на ліквідацію аварії, викликаній застряганням очисного пристрою в залежності від діаметра газопроводу. Залежність побудовано на основі статистичних даних. Як видно з графіка, витрати часу на ліквідацію аварії, викликаній зупинкою очисного пристрою в газопроводі відносно діаметрів можна розділити на дві частини. Для малих діаметрів газопроводу ($D_y=100 \div 500$ мм) витрати часу майже сталі і становлять близько 70 годин. В цій групі діаметрів слід окремо виділити діаметри $100 \div 150$ мм. Для них час відновлення складає $40 \div 50$ годин. Для групи середніх ($D_y=700 \div 800$ мм) і великих діаметрів ($D_y=1000 \div 1400$ мм) час відновлення суттєво зростає. Так, для діаметра $D_y=700$ мм він складає всередньому 130 годин,

