

запусках насосу можливе перевантаження і вихід з ладу його електродвигуна. Крім того, стовп рідини під клапаном може піти у зворотному напрямку, що призведе до роботи насосу у турбінному режимі.

Також до недоліків відомих конструкцій зворотних клапанів можна віднести відсутність надійної фіксації плунжера у крайньому верхньому положенні. Тому підвищення надійності роботи клапана в електровідцентрових насосах є актуальною задачею.

За результатами проведених в даному напрямку досліджень та аналізу запатентованих технічних рішень, для підвищення ефективності роботи зворотного клапана, розроблено конструкцію [1], яка забезпечує більш надійну фіксацію клапана у крайньому положенні, що збільшує ресурсу роботи його ущільнюючих елементів за рахунок розосередження зносу по всій робочій поверхні запірного елементу – плунжера.

Поставлена задача вирішується тим, що у зворотному клапані для свердловинного насосу, який містить циліндр із вхідним, вихідним і розвантажувальним отворами, плунжер у вигляді стакану з двома взаємно перпендикулярними поверхнями ущільнення і штоком пропущеним з можливістю переміщення через сальник, закріплений у кришці циліндра. Згідно винаходу новим є те, що він додатково містить кронштейни закріплені на кришці циліндра, фіксатор положення штока виконаний у вигляді магнітної системи з кільцевого магніту, закріпленого на кронштейнах з можливістю взаємодії із диском у крайньому відкритому положенні. Це забезпечує надійну фіксацію штока, причому стабільність зношування фіксатора не залежить від наробітку клапана, а саме – від зносу сальникового ущільнення.

Запропонована конструкція зворотного клапана дозволяє збільшити ресурс роботи клапана, його надійність та більш раціональну експлуатацію.

#### Література

1. Пат. 113926 С2 України, МПК F04B47/02. Зворотний клапан для свердловинного насоса /Бурда М.Й., Гладкий С.І., Павелюк М.В., Шпак Д.С. Заявл. 25.01.16; Опубл. 27.03.17, Бюл. №6. –6 с.

УДК 670.191.33

## **АНАЛІЗ КІНЕТИКИ ДИНАМІЧНОГО ПОШИРЕННЯ ТРІЩИНИ В ТРУБІ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ ЯК ЦИКЛІЧНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ**

**Я.В. Литвиненко<sup>1</sup>, П.О. Марущак<sup>1</sup>, Л.Я. Побережний<sup>2</sup>, Д.Я. Баран<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
вул. Руська 56, 46001, Україна, e-mail: [Maruschak.tu.edu@gmail.com](mailto:Maruschak.tu.edu@gmail.com)

<sup>2</sup>Івано Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Україна, вул. Карпатська 15, 76000

На даний час активно розвиваються методи оцінювання тріщиностійкості металу магістральних нафто- та газопроводів. Проте, більшість з цих методів, на жаль не відтворюють реальних умов роботи газопроводу, вони є як правило порівняльними, або оціночними. Сучасні магістральні нафто- та газопроводи виготовляють з сталей підвищеної міцності, методики оцінювання тріщиностійкості яких ще до кінця не розроблені.

Найбільш інформативним є проведення натурних випробувань ділянок труб за умови динамічного старту тріщини[1, 2]. Такі експерименти враховують вплив температури, напружено-деформованого стану, кінетику руйнування, масштабні чинники та ін. Суттєвим недоліком таких випробувань є їх висока вартість, що вимагає поглибленого вивчення результатів та обробки експериментальних даних. Створення моделей руйнування натурних об'єктів дозволить провести теоретичне та експериментальне узагальнення результатів та запропонувати заходи з можливого запобігання, або зниження імовірності аварійного руйнування нафто-та газопроводів.

Відомо, що умови руйнування магістральних газопроводів, методи їх випробування та критерії оцінювання тріщиностійкості трубних сталей мають певні спільні ознаки. Зокрема, їм притаманна

значна енергоємність процесу руйнування, яка визначається властивостями трубної сталі. Слід зазначити, що старт тріщини, за високих швидкостей поширення тріщини, забезпечує крихке руйнування, проте із збільшенням довжини тріщини та пониженням тиску газу, значний вплив спричиняють в'язкі властивості матеріалу труби.

Сучасні методи тензометрії дозволяють проводити запис швидкості поширення тріщини за натурального випробування труби, що є передумовою поглибленого аналізу її кінетики. Проте, залишається актуальним створення ефективних комп'ютерних систем автоматизованої обробки одержаних сигналів з формуванням попереднього фізико-механічного висновку про закономірності руйнування об'єкту. Отже, розвиток підходів моделювання кінетики динамічного поширення тріщини в трубі є основою створення нових технологічних підходів виготовлення труб підвищеної міцності із збереженням високої в'язкості матеріалу [1].

Метою даної роботи є використання математичної моделі циклічного випадкового процесу та розробка на її основі наукових підходів аналізу кінетики динамічного руйнування труб магістральних газопроводів, з урахуванням стохастичної та циклічної природи цього процесу.

Розглядали кілька стадій динамічного руйнування труби магістрального газопроводу:

- утворення первинної тріщини та її старт – стрімке поширення тріщини під впливом внутрішнього тиску у трубі;
- ріст тріщини, за якого зростає її довжина та знижується швидкість поширення, внаслідок зміни напружено-деформованого стану;
- «стабілізація» швидкості поширення тріщини внаслідок «самоорганізації» процесу руйнування матеріалу труби.
- втрата стійкості та кінцеве руйнування труби.

Це дозволило запропонувати підхід до математичного опису кінетики динамічного поширення тріщини, який полягає у використанні адитивної математичної моделі у вигляді

$$V(\omega, l) = f(l) + \xi(\omega, l), \quad \omega \in \Omega, l \in \mathbf{R}, \quad (1)$$

де  $\xi(\omega, l)$  – циклічний випадковий процес як модель циклічної компоненти сигналу;  $f(l)$  – детермінована функція, що відображає тренд зниження швидкості динамічного руйнування труби від відстані на яку поширилась тріщина;

$$f(l) = \sum_{n=0}^3 c_n \cdot l^n, \quad l \in \mathbf{R}, \quad (2)$$

де  $c_n$  – коефіцієнти поліноміальної функції (2).

Першим етапом обробки експериментальної залежності «швидкість динамічного поширення тріщини – довжина руйнування» є процедура виділення функції тренду  $\{f(l), l \in \mathbf{R}\}$  та циклічної компоненти  $\{\xi(\omega, l), \omega \in \Omega, l \in \mathbf{R}\}$ . Процедура вилучення тренду полягає у використанні методу найменших квадратів.

Циклічна компонента визначалась шляхом віднімання функції тренду  $\{f(l), l \in \mathbf{R}\}$  від циклічного процесу  $V(\omega, l)$ , а саме:

$$\xi(\omega, l) = V(\omega, l) - f(l), \quad \omega \in \Omega, l \in \mathbf{R}, \quad (3)$$

Одиничні натурні випробування труб не дозволяють повністю відтворити умови руйнування, вздовж всієї траєкторії підростання тріщини, за умов її динамічного поширення. Це може бути досягнуто шляхом моделювання цього процесу та створення відповідних підходів опису закономірностей росту тріщини. Структура такого опису кінетики поширення тріщини має бути фізично коректною та математично обґрунтованою, рис. 1.

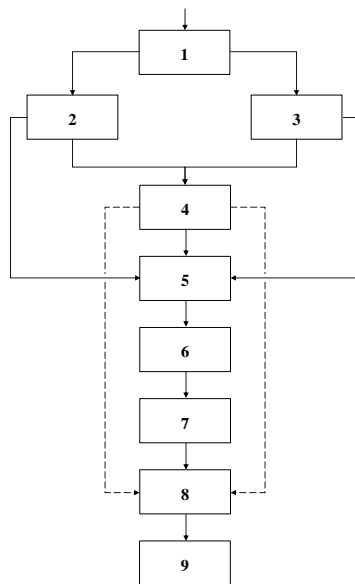


Рис. 1. Структурна схема розробленого алгоритму:

1 – ввід даних; 2 – визначення тренду (опис поліномом 3-го порядку); 3 – визначення тренду (опис експоненційною функцією); 4 – визначення коефіцієнтів трендової компоненти; 5 – усунення тренду; 6 – сегментація циклічної компоненти; 7 – статистична обробка циклічної компоненти; 8 – моделювання процесу поширення тріщини; 9 – оцінка похибок моделювання.

Запропоновано метод опису динамічного руйнування труби магістрального газопроводу на основі моделі циклічного випадкового процесу для задач обробки та моделювання кінетики її поширення. Розроблено алгоритм та створений пакет комп'ютерних програм, що ґрунтуються на запропонованій математичній моделі аналізу зонної-просторової двовимірної структури росту тріщини вздовж її траєкторії.

1. F. Oikonomidis, A. Shterenlikht, C. E. Truman Prediction of crack propagation and arrest in X100 natural gas transmission pipelines with the strain rate dependent damage model (SRDD). Part 1: a novel specimen for the measurement of high strain rate fracture properties and validation of the SRDD model parameters // International Journal of Pressure Vessels and Piping. – 2013. – Vol. 105-106. – P. 60–68.
2. F. Oikonomidis, A. Shterenlikht, C.E. Truman Prediction of crack propagation and arrest in X100 natural gas transmission pipelines with a strain rate dependent damage model (SRDD). Part 2: Large scale pipe models with gas depressurisation // International Journal of Pressure Vessels and Piping – 2014. – Vol. 122. – P. 15–21.

УДК 533.24.083+338.51

## **ОСОБЛИВОСТІ УТЕПЛЕННЯ ПОРИСТИМИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ БУДІВЕЛЬ ЛІНІЙНИХ ВИРОБНИЧИХ УПРАВЛІНЬ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ**

*Л.П. Шумська, О.М. Зотова, А.Т. Маркін*

*ПКНГ ПолтНТУ, 36021, м. Полтава, вул. М. Грушевського, 2а, тел./факс (0532) 63-81-48, e-mail: pkng@ukr.net.*

*Висвітлено механізми реалізації державної політики у сфері енергетики, що спрямовані на стимулювання підвищення енергоефективності та упровадження енергозберігаючих технологій.*

*Розглядаються особливості тепловологісних процесів у виробничих будівлях, аналізуються методи утеплення огорожувальних конструкцій, перебіг теплових і вологісних процесів, що відбуваються в огорожувальних конструкціях виробничих будівель.*