

Дволітка Михайло Ярославович
аспірант

Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Дволітка Михаил Ярославович
аспирант

Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа

Dvolitka Mykhailo

PhD Student of the

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

DOI: 10.25313/2520-2057-2018-11-3935

**ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЛІНІЙНОЇ ЧАСТИНИ
МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ
МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА**

**RELIABILITY INDICATORS PREDICTION OF THE MAGISTRAL GAS
PIPELINE LINEAR PART**

Анотація. Досліджуються залежності параметру потоку відмов, час напрацювання на відмову і імовірність безвідмовної роботи в залежності від терміну експлуатації лінійної частини магістрального газопроводу та причини відмови.

Ключові слова: газопровід, час напрацювання на відмову, пошкоджуваність, надійність, параметр потоку відмов, імовірність, аналіз, статистична модель, експлуатація.

Аннотация. Исследуются зависимости параметра потока отказов, время наработки на отказ и вероятность безотказной работы в зависимости от срока эксплуатации линейной части магистрального газопровода и причины отказа.

Ключевые слова: газопровод, время наработки на отказ, повреждаемость, надежность, параметр потока отказов, вероятность, анализ, статистическая модель, эксплуатация.

Summary. The dependences of the failure flow parameter, the time to failure and the probability of failure-free operation depending on the lifetime of the linear part of the magistral gas pipeline and the refusal reasons.

Key words: gas pipeline, time to failure, damage, reliability, failure parameter, probability, analysis, statistical model, operation.

Вступ. Експлуатаційна надійність газотранспортної системи завжди була і залишається в даний час актуальною науковою і виробничою проблемою. Складність проблеми обумовлена двома факторами: значною протяжністю і неминучістю «старіння» газопроводів.

Загальна довжина газопроводів, які експлуатуює АТ «Укртрансгаз», становить 38,55 тис. км, у тому числі магістральних газопроводів — 22,16 тис. км і газопроводів-відгалужень — 16,39 тис. км. [1]. При цьому експлуатуються газопроводи різних діаметрів і призначення, в тому числі діаметром 1020–1420 мм 14,0 тис. км.

В будь-який момент часу елемент може знаходитися або в працездатному стані, або в стані відмови. Сам процес функціонування представлений чергуванням періодів роботи або відмови елемента системи. Послідовність відмов елемента в часі складає потік відмов. Потік відмов характеризується параметром потоку відмов ω . Встановлення показників відмов газопроводів, що експлуатуються виконується на основі статистичних методів оцінки показників безвідмовної роботи, тобто на основі статистики аварійних ситуацій, що відбулися.

Аналіз останніх досліджень. Питанням надійності експлуатації устаткування присвячені

праці багатьох українських та зарубіжних вчених. Серед них Сухарев М. Г., Ставровський Є. Р., Гарляускас А. І., Яковлев Є. І., Грудз В. Я., Тимків Д. Ф. та ін. Проте вони займалися, в основному, питаннями надійності устаткування компресорних станцій з точки зору оптимізації режимів роботи газотранспортних систем.

Основним завданням даної роботи є дослідження потоку відмов лінійної частини магістральних газопроводів з метою подальшого прогнозування та оперативного усунення, що значно підвищить надійність експлуатації газотранспортних систем.

Виклад основного матеріалу. Надійність елемента є його здатність виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в заданих межах на протязі часу, що розглядається. Відмовою елемента називається порушення його робоздатності.

При відмові елемент виключається з робочого процесу і поступає в сферу обслуговування для відновлювального ремонту.

Відмови допоміжного обладнання, що приводять до виключення елемента з робочого процесу, отожнюються з відмовою елемента.

У зв'язку з тим, що на показники надійності газопроводів впливає значна кількість факторів, оцінити вплив кожного з них окремо і в комплексі дуже важко, то доцільно використовувати методи статистичного моделювання, які враховують вплив всіх факторів на показники надійності.

В роботах [2; 3] наведені результати визначення показників надійності газопроводів з використанням методів статистичного моделювання. Однак, відсутність даних по пошкодженням трубопроводів за значний період їх експлуатації не дозволяє використовувати вказані залежності для розрахунку показників надійності трубопроводів на значний період їх експлуатації.

Надійність газопроводів, що ремонтуються, визначається наступними параметрами:

- потік відмов ω ;
- наробіток на відмову T ;
- імовірність безвідмовної роботи $P(t)$.

Потік відмов ω визначається за формулою:

$$\omega(t) = n(\Delta t) / \Delta t, \quad (1)$$

де $n(\Delta t)$ – кількість відмов за період часу Δt ;

Час напрацювання на відмову:

$$T = 1 / \omega(t). \quad (2)$$

Імовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\omega(t)}, \quad (3)$$

де e — основа натурального логарифму;

t — час роботи газопроводу.

Як видно з залежностей (1)...(3), основним параметром є потік відмов, від якого залежать час напрацювання на відмову та імовірність безвідмовної роботи.

Як об'єкт досліджень вибрана система газопроводів під назвою Київ — Західний кордон України (Київ — Захід України, КЗУ), що складається з двох ниток, причому запуск кожної був синхронізований зі спорудженням підвідних потужностей у газотранспортному коридорі Шебелинка–Київ:

- перша введена в експлуатацію у 1970-му разом із магістральним газопроводом Єфремівка–Диканька–Київ;
- друга введена в експлуатацію у 1973-му разом із магістральним газопроводом Шебелинка–Диканька–Київ. [1]

Перша нитка мала діаметр 1020 мм та загальну довжину 367 км, друга — 1220 мм та 506 км відповідно [4]. Різниця у довжині пояснювалась певними відмінностями маршрутів. До компресорної станції Тернопіль обидві нитки йшли в одному коридорі з газопроводом Дашава–Київ. Після цього КЗУ-1 відхилився на північ та під'єднувався до компресорної станції Кам'янка-Бузька на трасі трубопроводу Дашава–Мінськ. Це дозволяло постачати блакитне паливо до Білорусі та Прибалтики, а при використанні Дашава–Мінськ у реверсному напрямку і до Польщі. Крім того, у 1973 році ввели в дію другу нитку газопроводу-відгалудження Кам'янка-Бузька–Рівне, яка зокрема могла постачати газ до нещодавно запущеного хімічного комбінату «Рівнеазот».

КЗУ-2 після Тернополя продовжував йти у західному та південному напрямку, де в підсумку під'єднувався до газопроводу Долина–Ужгород–Державний кордон (система «Братерство»), яким здійснювались експортні поставки до рядку країн Європи. Саме завдяки спорудженню системи Київ–Західний кордон України за період з 1970 по 1975 колишній СРСР збільшив експорт газу більш ніж у 5 разів, довівши його до 19,3 млрд м³.

Для дослідження неважливо, з якої причини сталася відмова. До уваги беруться лише позапланові відмови, які виводять газопровід з працездатного стану, тобто коли припиняється транспортування газу. Залежність відмов газопроводів КЗУ-I та КЗУ-II подана в таблиці 1.

Як видно з таблиці кількість відмов спочатку зменшується за перші чотири роки експлуатації, а потім починає зростати, досягаючи певної стабільної величини. За результатами таблиці 1 визначені параметри потоку відмов ω для даних газопроводів. Залежність параметрів потоку відмов ω в часі подана на рисунку 1.

Залежність потоку відмов в часі визначаємо методами математичного моделювання:

для газопроводу КЗУ-I

$$\omega(t) = 9,1636 - 12,334 \cdot t + 6,6328 \cdot t^2 - 1,7561 \cdot t^3 + 0,242 \cdot t^4 - 0,0165 \cdot t^5 + 0,0004 \cdot t^6,$$

для газопроводу КЗУ-II

Таблиця 1

Кількість відмов в газопроводах

Рік експлуатації	КЗУ-I	КЗУ-II
1	2	2
2	0	2
3	1	0
4	0	1
5	0	0
6	1	0
7	0	1
8	2	2
9	1	1
10	2	0
11	2	1

$$\omega(t) = 4,4364 - 4,6303 \cdot t + 3,3148 \cdot t^2 - 1,2444 \cdot t^3 + 0,227 \cdot t^4 - 0,0192 \cdot t^5 + 0,0006 \cdot t^6,$$

Використавши одержані математичні моделі потоку відмов визначимо час напрацювання на відмову зазначених газопроводів:
для газопроводу КЗУ-I

$$T = \frac{1}{9,1636 - 12,334 \cdot t + 6,6328 \cdot t^2 - 1,7561 \cdot t^3 + 0,242 \cdot t^4 - 0,0165 \cdot t^5 + 0,0004 \cdot t^6},$$

для газопроводу КЗУ-II

$$T = \frac{1}{4,4364 - 4,6303 \cdot t + 3,3148 \cdot t^2 - 1,2444 \cdot t^3 + 0,227 \cdot t^4 - 0,0192 \cdot t^5 + 0,0006 \cdot t^6}.$$

Залежність часу напрацювання на відмову для газопроводів КЗУ-I та КЗУ-II зображена на рисунку 2.

З рисунку видно, що для газопроводу КЗУ-I діаметром 1020 мм нарбіток на відмову зростає протягом перших років експлуатації, а після п'яти років починає падати і залишається майже на постійному рівні, приблизно 0,5 року.

Для газопроводу КЗУ-II діаметром 1220 мм картина менш очевидна. Спочатку нарбіток на відмову зростає, а потім падає, повторюючи картину газопроводу КЗУ-I. Проте потім є аномалія підйому нарбітку на відмову. Це може пояснюватись умовами експлуатації газопроводів, або впливом деяких сторонніх чинників. Хоча аномалія є нетривалою на протязі 2-х років. Подальші дослідження допоможуть встановити причини появи цієї аномалії.

Також за розробленими моделями імовірність безвідмовної роботи газопроводів:
для газопроводу КЗУ-I

$$P(t) = e^{-\left(9,1636 - 12,334 \cdot t + 6,6328 \cdot t^2 - 1,7561 \cdot t^3 + 0,242 \cdot t^4 - 0,0165 \cdot t^5 + 0,0004 \cdot t^6\right) \cdot t},$$

для газопроводу КЗУ-II

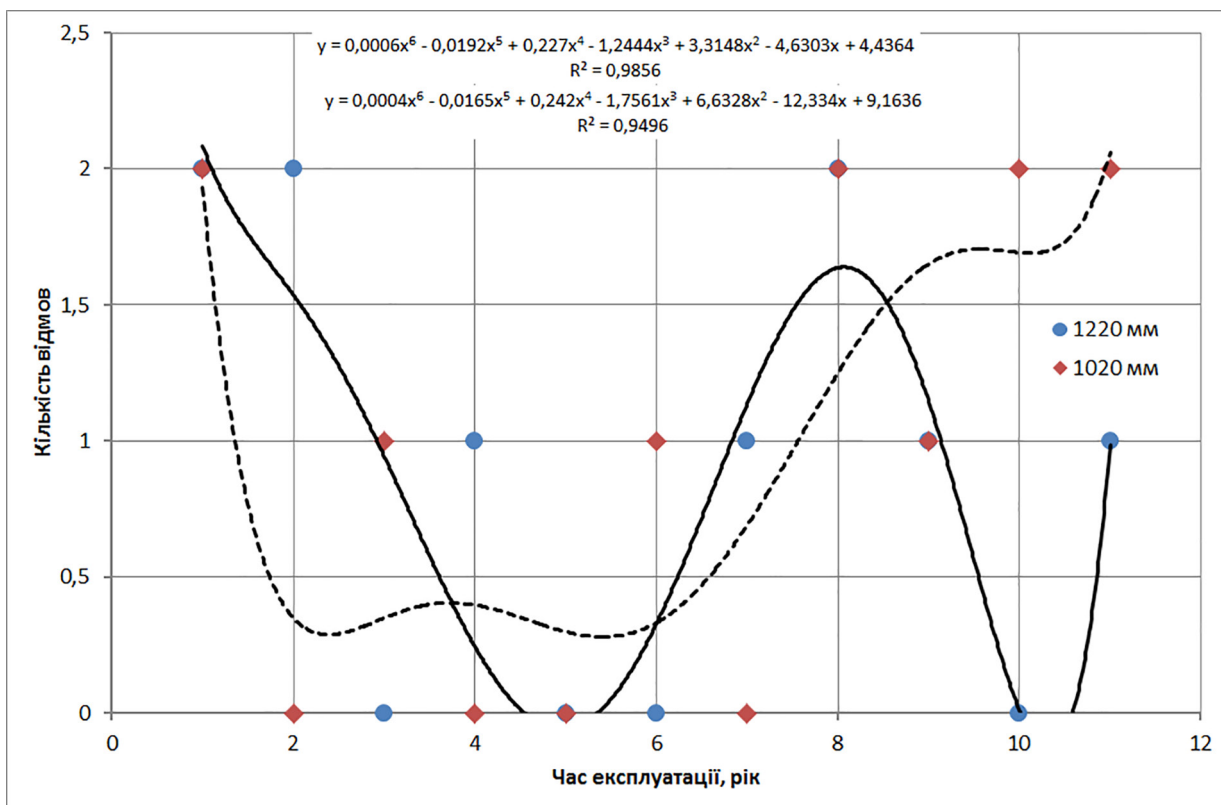


Рис. 1. Залежність параметру потоку відмов ділянки газопроводу в часі

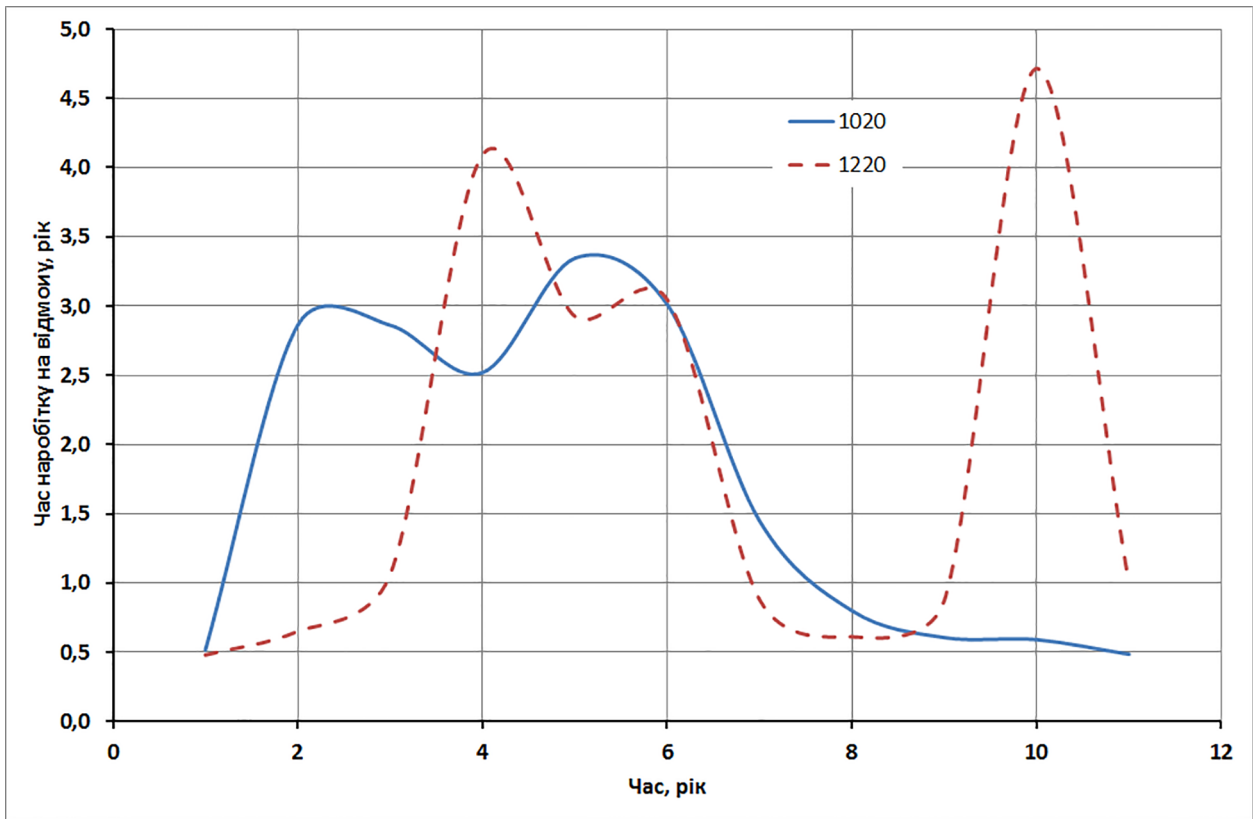


Рис. 2. Наробіток газопроводів на відмову

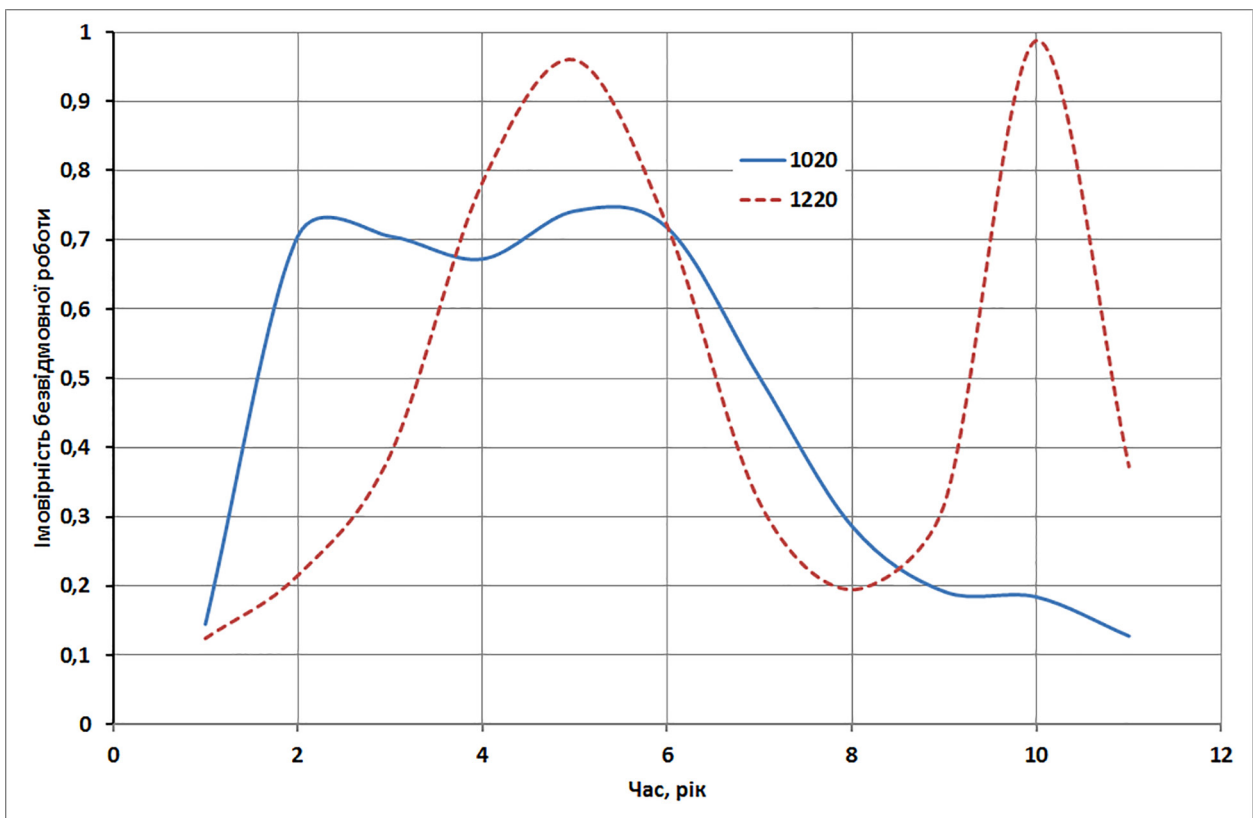


Рис. 3. Імовірність безвідмовної роботи газопроводів

$$P(t) = e^{-(4,4364 - 4,6303 \cdot t + 3,3148 \cdot t^2 - 1,2444 \cdot t^3 + 0,227 \cdot t^4 - 0,0192 \cdot t^5 + 0,0006 \cdot t^6) \cdot t}$$

Залежність часу імовірності безвідмовної роботи для газопроводів КЗУ-I та КЗУ-II зображена на рисунку 3.

Залежність в загальному нагадує залежність часу напрацювання на відмову. Вона чітко виражена для газопроводу КЗУ-I і має аномалію для газопроводу КЗУ-II. Проте з досвіду експлуатації магістральних газопроводів можна зробити припущення, що характер процесів більш характерний для газопроводу КЗУ-I. З часом наробинок на відмову та імовірність

безвідмовної роботи відновлюваних об'єктів набувають деякої стабільної величини, яка коливається в межах $\pm 10\%$.

Висновок. На основі фактичних даних експлуатації одержано статистичні моделі для розрахунку показників надійності параметрів потоку відмов, часу напрацювання на відмову, імовірності безвідмовної роботи газопроводів КЗУ-I, II. Застосування цих моделей дозволяє здійснити прогноз по параметру і внести корективи в систему обслуговування газопроводів, що підвищить експлуатаційну надійність.

Література

1. Магістральні газопроводи — Укртрансгаз [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://utg.ua/utg/gts/trunk-pipelines.html>.
2. Обслуговування і ремонт газопроводів: монографія / В. Я. Грудз, Д. Ф. Тимків, В. Б. Михалків, В. В. Костів. — Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2009. — 711 с.: іл. — 703–708.
3. Трубопровідний транспорт газу / М. П. Ковалко, В. Я. Грудз, В. Б. Михалків та ін. — Київ: АренаЕКО. — 2002. — 600 с.
4. УМГ «Київтрансгаз» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://utg.ua/utg/about-company/affiliates/kyivtransgas>.