

СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ВТРАТ ГАЗУ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Я.В. Грудз, Н.Я. Дрінь, В.В. Фейчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422)42342,
e-mail: public@nifng.edu.ua

Наведено результати статистичного аналізу втрат газу в мережах середнього і низького тисків УЕГГ «Косівгаз» за період експлуатації 2008-2011р.р. Інтенсивність відмов, середня тривалість відновлення, питомі втрати газу під час аварії та середні затрати на ліквідацію останньої розглядалися для різних умов прокладання трубопроводу його діаметра, робочого тиску та терміну експлуатації.

Встановлено, що для газопроводів усіх категорій характерним є різке зниження інтенсивності відмов впродовж двох років після капітального ремонту із заміною дефектних ділянок труб, відтак інтенсивність умов зростає. При цьому діаметр газопроводу і терміну експлуатації практичного впливу на інтенсивність відмов не мають. Втрати газу під час аварій зростають з підвищенням робочого тиску в мережі.

Ключові слова: інтенсивність відмов, середня тривалість відновлення, питомі втрати газу.

Приведены результаты статистического анализа потерь газа в сетях среднего и низкого давлений УЕГГ «Косивгаз» за период эксплуатации 2008-2011г.г. Интенсивность отказов, средняя продолжительность восстановления, удельные потери газа при аварии и средние затраты на ликвидацию последних рассматривались в зависимости от условий прокладки трубопровода, его диаметра, рабочего давления и срока эксплуатации.

Установлено характерное для газопроводов всех категорий резкое снижение интенсивности отказов на протяжении двух лет после капитального ремонта с заменой дефектных участков труб и дальнейший рост отказов. Величина диаметра газопровода и срока эксплуатации практического влияния на интенсивность отказов не оказывает. Потери газа при авариях возрастают с увеличением рабочего давления в сети.

Ключевые слова: интенсивность отказов, средняя продолжительность восстановления, удельные потери газа.

Statistic analysis of gas losses in medium and low pressure pipe systems of Kosivhaz UEHH during the operation period 2008-2011 is provided in the article. Failure rate, mean reconstruction time, specific gas losses in case of emergency and average costs for its elimination are considered with regard to conditions of pipeline laying, its diameter, operational pressure and time of maintenance.

It was ascertained that abrupt decrease in failure rate during two weeks time after total overhaul with replacement of faulty pipe zones and following increase in failure rate are typical for all categories of gas pipelines. Gas pipeline diameter and time of its maintenance do not affect failure rate. Gas losses in case of emergency increase with the growth of operational pressure in the system.

Key words: failure rate, mean reconstruction time, specific gas losses.

Актуальність проблеми. Витоки газу з трубопроводів під час транспортування та розподілу виникають, в основному, через корозійні пошкодження труб. Тому прогнозування їх в часі і за просторовими координатами має ймовірнісний характер. Величина витоків за певний проміжок часу (місяць, рік) визначається як різниця величини надходження газу до системи та його відбору, і з точністю вимірювальної техніки може бути оцінена як детермінована величина. Тому дослідження втрат газу при транспортуванні повинні проводитися на основі комплексного підходу до проблеми.

Величина витоків з розподільних мереж низького і середнього тисків має суттєвий вплив на економічні показники системи, і водночас впливає на екологію регіону. Крім того, загазованість ґрунтів і атмосфери за певних умов може призвести до вибухів з усіма можливими негативними наслідками. Тому завдання прогнозування, діагностики і ліквідації витоків газу з розподільних мереж є особливо актуальними.

Аналіз літературних джерел. Питання оцінки втрат газу під час транспортування роз-

глядалися в працях Гончарука М.І. [1], Капцова І.І. [3], Середюк М.Д. [4], Яковлева Є.І. [4] та інших дослідників. В їх роботах дається статистична оцінка втрат газу по розподільних мережах України загалом, встановлюються причини появи витоків, визначається величина витрати газу через корозійні пошкодження, розглядаються методи ліквідації аварійних ситуацій. Однак, ряд питань статистичного характеру не можуть бути вирішені в загальному плані аналізу експлуатації розподільних систем і мають локальний характер, оскільки умови, в яких знаходяться газопроводи, можуть суттєво відрізнятися. Тому виникає необхідність у проведенні досліджень, пов'язаних з втратами газу з розподільних систем, що експлуатуються в різних умовах.

Мета дослідження. Метою проведених статистичних досліджень щодо оцінки втрат газу з розподільних мереж є встановлення закономірностей впливу умов експлуатації (зокрема робочого тиску, діаметра) на інтенсивність аварійних ситуацій, пов'язаних з витокami газу, втрати газу при цьому та витрати на ліквідацію аварій.

В основу проведення досліджень закладено інформацію про експлуатацію системи розподільних газопроводів низького і середнього тиску УЕГГ «Косівгаз» за період 2008-2011 рр. Як вихідні дані для розрахунку показників надійності мереж низького і середнього тисків було вибрано для кожного з місяців вказаного періоду:

– кількість аварійних ситуацій, які призвели до появи витоків газу з газопроводу через корозійні дефекти N ;

– тривалість ліквідації аварійних пошкоджень від моменту виявлення витoku до досягнення працездатного стану L ;

– загальні втрати газу з врахуванням витoku і випорожнення трубопроводу при відновлювальних роботах та введення ділянки в експлуатацію Q ;

– загальні затрати на виявлення і ліквідацію аварійних ситуацій Z .

Зібрана інформація класифікувалася за величиною діаметрів трубопроводу (76мм, 89мм, 108мм) і величинами робочих тисків (середній, низький). Результати зведено до таблиці 1.

Статистична інформація дала змогу визначити характеристики надійності газової мережі і динаміку їх зміни впродовж вказаного терміну експлуатації в розрізі діаметрів і робочих тисків в трубопроводах.

Напрацювання на відмову розраховувалося за кожен рік експлуатації як співвідношення календарного часу роботи системи до кількості аварійних відмов, які супроводжувалися витками газу за цей час.

$$T_{pi} = \frac{T_k}{N_i}, \quad (1)$$

де T_k – календарний час експлуатації мережі, год.;

N_i – число аварійних відмов, які супроводжувалися витками газу, впродовж i -того року експлуатації.

Інтенсивність виникнення аварійних ситуацій λ_i є величиною, оберненою до напрацювання на відмову, тобто

$$\lambda_i = \frac{1}{T_{pi}}. \quad (2)$$

Середня тривалість ліквідації аварійної ситуації визначалася як співвідношення сумарної тривалості ліквідації всіх аварійних ситуацій на даний рік експлуатації газової мережі до загальної кількості аварійних відмов

$$\tau_i = \frac{L_i}{N_i}. \quad (3)$$

Середні втрати газу, що викликані появою витoku і відбуваються протягом часу ліквідації аварійної ситуації, визначаються як співвідношення загальних витрат газу до кількості аварійних ситуацій

$$q_i = \frac{Q_i}{N_i}. \quad (4)$$

Середні затрати на ліквідацію аварії визначаються співвідношенням сумарних затрат на ліквідацію аварії в даному році до кількості числа аварійних ситуацій

$$\varepsilon_i = \frac{Z_i}{N_i}. \quad (5)$$

Результати розрахунків по даних експлуатації і в розрізі діаметрів та робочих тисків подано в таблиці 2.

Результати розрахунків свідчать, що середня інтенсивність відмов за вказаний період складає $0,0287 \text{ год}^{-1}$, в тому числі для газопроводів мережі низького тиску $0,0235 \text{ год}^{-1}$. Аналізуючи розподіл інтенсивності відмов по діаметрах газопроводів, встановлено, що для газопроводів мережі низького тиску найвища інтенсивність відмов характерна для газопроводів діаметром 108 мм і складає $0,09885 \text{ год}^{-1}$. Для газопроводів діаметром 89 мм цей показник складає $0,02899 \text{ год}^{-1}$, тобто є в 3,4 рази меншим. Для газопроводів діаметром 76 мм інтенсивність відмов складала $0,01107 \text{ год}^{-1}$ і є меншою за інтенсивність відмов газопроводів діаметром 108 мм в 8,9 рази. Для газопроводів мережі середнього тиску розподіл інтенсивності відмов по діаметрах газопроводів більш рівномірний. Найвища інтенсивність відмов характерна для газопроводів діаметром 89 мм і складає $0,03721 \text{ год}^{-1}$, для газопроводів діаметром 108 мм цей показник на 22% нижчий, а для газопроводів діаметром 76 мм зменшення інтенсивності відмов складає 24,8%. На основі аналізу впливу умов експлуатації на інтенсивність відмов можна зробити висновок, що основним показником, який визначає аварійність газопроводів, є корозійна активність ґрунтів; на другому місці слід розмістити термін експлуатації ділянки; на третьому – діаметр газопроводу і на четвертому – робочий тиск. Таке рангування показників впливу на інтенсивність відмов ділянок газопроводу дасть змогу до певної міри керувати потоками відмов і своєчасно приймати заходи щодо підвищення надійності газопроводів мереж середнього і низького тисків.

Важливою характеристикою надійності є термін відновлювання ділянки газопроводу, що поєднує час затрачений на пошук визначення місця аварійного витoku газу, тривалість аварійно-відновлювальних робіт та час, витрачений на випробування ділянки трубопроводу після ремонту. За статистичними даними середній час відновлювання за вказаний період експлуатації мережі склав 1,1654 діб, в тому числі для газопроводів мережі низького тиску – 1,2515 діб, для газопроводів мережі середнього тиску – 1,040 діб. В розрізі діаметрів трубопроводів для мережі низького тиску найбільш тривалим термін відновлення є для газопроводів діаметром 86 мм і складає 1,3970 діб. Для газопроводів діаметром 108 мм термін відновлення знизився на 10,3%, а для газопроводів діамет-

ром 76 мм – на 38%. Для газопроводів мережі середнього тиску термін відновлення загалом менший, ніж для газопроводів мережі низького тиску. Найбільше значення характерне для газопроводів діаметром 89 мм і складає 1,0736 діб, для газопроводів діаметром 76 мм термін відновлення менший на 1,2%, а для газопроводів діаметром 108 мм – менший на 9,1%. Аналіз причин зміни терміну відновлення газопроводів свідчить, що в даному випадку найбільш суттєве значення має час діагностування витoku, тобто час встановлення факту появи витoku і визначення розташування його координати. Діаметр газопроводу і робочий тиск принципового значення не мають.

Збитки від виникнення аварійних витоків газу в мережі низького і середнього тисків, оцінювалися втратами газу під час аварії і загальними затратами на ліквідацію аварії (відновлення). За статистичними даними середні втрати газу при появі аварійних витоків за вказаний період становить 6,483 тис. м³ на одну відмову. При цьому для газопроводів мережі низького тиску цей показник становить 5,674 тис. м³, а для газопроводів мережі середнього тиску – 7,643 тис. м³. Таким чином, втрати газу від витоків для газопроводів мережі середнього тиску на 25,8% більші, ніж аналогічні втрати газу з газопроводів мережі низького тиску. Це має логічне пояснення, адже за наявності однакових дефектів витрата витoku газу з мережі середнього тиску суттєво більша за витрату витoku з мережі низького тиску. Суттєвого значення має і той факт, що під дією внутрішнього тиску напруження в тілі труби середнього тиску більші, ніж в тілі труби газопроводів низького тиску. Тому стрес-корозія в газопроводах мережі середнього тиску призводить до появи отворів більшого діаметра і з більшою швидкістю їх зростання в газопроводах мережі середнього тиску. Однак, прямої пропорційної залежності величини витоків газу, від робочого тиску немає, оскільки має місце ряд зовнішніх факторів, в першу чергу корозійна активність ґрунтів.

В розрізі діаметрів різниця величини витоків в мережах середнього і низького тиску зростає з збільшенням діаметра. Так, за діаметра газопроводів 76 мм величина витоків з газопроводів мережі середнього тиску перевищувала на 13,3% аналогічну величину для газопроводів мережі низького тиску. За діаметра газопроводу 89 мм ця різниця становить 20,2%, а для газопроводів діаметром 108 мм – 31,75%.

Загальні витрати на ліквідацію аварій включають витрати на проведення капітального ремонту, витрати, пов'язані з втратою газу, та витрати на введення ділянки в експлуатацію. Середні витрати на ліквідацію аварії за вказаний період часу складає 22,13 тис. грн., причому для газопроводів низького тиску величина витрат складає 19,466 тис. грн. на одну аварію, а для газопроводів середнього тиску – 25,983 тис. грн. на одну аварію. За розрізом діаметрів також спостерігається збільшення витрат на ліквідацію аварій в газопроводах в мережі се-

реднього тиску в порівнянні з газопроводами мережі низького тиску. Так, за діаметра газопроводів 76 мм витрати на ліквідацію аварій в газопроводах мережі середнього тиску перевищують аналогічні витрати в газопроводах мережі низького тиску на 10,6%. Для газопроводів діаметром 89 мм цей показник складає 21,3%, а для газопроводів діаметром 108 мм – 30,7%. Це пояснюється підвищенням вартості труби та ізоляції при збільшенні діаметра газопроводу, а також здорожчанням земляних, зварювально-монтажних робіт.

Викликає інтерес розподіл інтенсивності відмов в хронологічному аспекті. Для газопроводів мережі низького тиску висока інтенсивність відмов характерна для 2008 року. Оскільки основним видом ліквідації відмов є капітальний ремонт газопроводу з заміною дефектної труби, то в наступний 2009 рік інтенсивність відмов різко знизиться в зв'язку з тим, що більшість аварійно небезпечних ділянок відремонтовано. В 2010 році тенденція до зменшення інтенсивності відмов зберігається. Для діаметра газопроводу 108 мм інтенсивність відмов на 2008 рік склала 0,03653 год⁻¹ і зменшилась до 2009 року на 60,2%, а до 2010 року – на 67,8%. В подальшому спостерігається зростання інтенсивності відмов на 64,6% від мінімального зниження, що пояснюється результатами корозійних пошкоджень труб впродовж двох років експлуатації. Для газопроводів діаметром 89 мм зниження інтенсивності відмов з 2008 року до 2009 року складає 77,4%, і спостерігається подальше зниження інтенсивності відмов впродовж 2010 року до 98,8% від максимального. З 2010 року спостерігається зростання інтенсивності відмов на 78,2% в 2011 році. Для газопроводів діаметром 76 мм спостерігається зниження інтенсивності відмов до 2009 року на 82,7% і подальше зниження до 2010 – 2011 років на 98,8%, як і для газопроводів середнього тиску. Інтенсивність відмов для газопроводів діаметром 108 мм знижується протягом 2008 – 2010 років на 84,1%. Для газопроводів діаметром 89 мм характерне зниження інтенсивності відмов за вказаний період на 99,6% при подальшому зростанні за 2011 рік на 91,3%. Для газопроводів діаметром 76 мм найвища інтенсивність відмов 0,01187 год⁻¹ характерна для 2009 року, і в подальшому спостерігається її зменшення на 4,8% в 2010 році і на 99,1% в 2011 році.

Висновки

Таким чином, для газопроводів всіх категорій характерне різке зниження інтенсивності відмов після проведення капітальних ремонтів із заміною дефектних труб, в подальшому нормальна експлуатація газопроводів впродовж двох років і стрибкоподібне зростання інтенсивності відмов на третьому році експлуатації після капітальних ремонтів. Величина тиску в газопроводі і його діаметр фактичного значення не мають.

Таблиця 1 - Інформація про відмови газопроводів мережі

НИЗЬКИЙ ТИСК												
Діаметри, мм		76					89					108
Роки	К-сть відмов	Термін відновлення, днів	Втрати газу, тис. м ³	Запрати, тис. грн	К-сть відмов	Термін відновлення, днів	Втрати газу, тис. м ³	Запрати, тис. грн	К-сть відмов	Термін відновлення, днів	Втрати газу, тис. м ³	Запрати, тис. грн
2008	86	61	599,9	2071,3	115	139	661,1	2282,5	320	333	1761,8	6082,2
2009	11	23	54,9	189,5	26	58	128,6	445,2	123	278	732,4	2527,3
2010	-	-	-	-	12	30	60,4	208,5	103	202	553,1	1909,3
2011	-	-	-	-	101	128	600	1933,9	291	238	1588,4	5484
Середні	97	84	654,8	2260,8	254	355	1450,1	4862,1	837	1049	4635,7	16002,8
СЕРЕДНІЙ ТИСК												
Діаметри, мм		76					89					108
2008	42	21	366,4	1265,1	264	243	1858,1	6280,6	189	128	1608,8	5547
2009	104	145	716,1	2471,9	48	85	391,2	1350,6	35	72	255,3	881,6
2010	99	94	824,6	2846,8	-	-	-	-	30	48	200,3	691,6
2011	-	-	-	-	14	22	86,7	299,7	-	-	-	-
Середні	245	260	1907,1	6384,8	326	350	2334	7930,9	254	248	2064,1	7120,2

Таблиця 2 – Результати розрахунків параметрів надійності мережі

НИЗЬКИЙ ТИСК													
Діаметри, мм	76					89					108		
	Інтен- сивність відмов, 1/год	Серед- ній термін віднов- лення, днів	Питома втрага газу, тис.м ³	Питомі затрати на лікві- дацію, тис. грн.	Інтен- сивність відмов, 1/год	Серед- ній термін віднов- лення, днів	Питома втрага газу, тис.м ³	Питомі затрати на лікві- дацію, тис. грн.	Інтен- сивність відмов, 1/год	Серед- ній термін віднов- лення, днів	Питома втрага газу, тис.м ³	Питомі затрати на лікві- дацію, тис. грн.	
Роки													
2008	0,00981	0,709	6,976	24,143	0,01312	1,209	5,749	19,848	0,03653	1,041	5,505	19,006	
2009	0,00125	2,091	54,9	17,227	0,00296	2,231	4,946	17,123	0,01404	2,244	5,954	20,547	
2010	0,00011	-	-	-	0,00136	2,5	5,033	17,375	0,01175	1,961	5,369	18,537	
2011	0,00011	-	-	-	0,01153	1,267	5,941	19,147	0,03322	0,8179	5,458	18,845	
середні	0,0007	0,866	6,751	23,302	0,02899	1,397	5,709	19,142	0,09855	1,2533	5,538	19,119	
СЕРЕДНІЙ ТИСК													
Діаметри, мм	76					89					108		
	Інтен- сивність відмов, 1/год	Серед- ній термін віднов- лення, днів	Питома втрага газу, тис.м ³	Питомі затрати на лікві- дацію, тис. грн.	Інтен- сивність відмов, 1/год	Серед- ній термін віднов- лення, днів	Питома втрага газу, тис.м ³	Питомі затрати на лікві- дацію, тис. грн.	Інтен- сивність відмов, 1/год	Серед- ній термін віднов- лення, днів	Питома втрага газу, тис.м ³	Питомі затрати на лікві- дацію, тис. грн.	
2008	0,00479	0,5	8,723	30,121	0,03012	0,92	7,038	21,435	0,02157	0,677	8,512	29,349	
2009	0,01187	1,384	6,885	23,768	0,00548	1,771	8,15	28,137	0,00399	2,057	7,294	25,188	
2010	0,0113	0,949	8,329	28,756	0,00011	-	-	-	0,00312	1,6	6,677	23,053	
2011	0,00011	-	-	-	0,00159	1,571	6,193	21,407	0,00011	-	-	-	
середні	0,02797	1,061	7,784	26,06	0,03721	1,0736	7,159	24,328	0,02899	0,976	8,114	28,032	

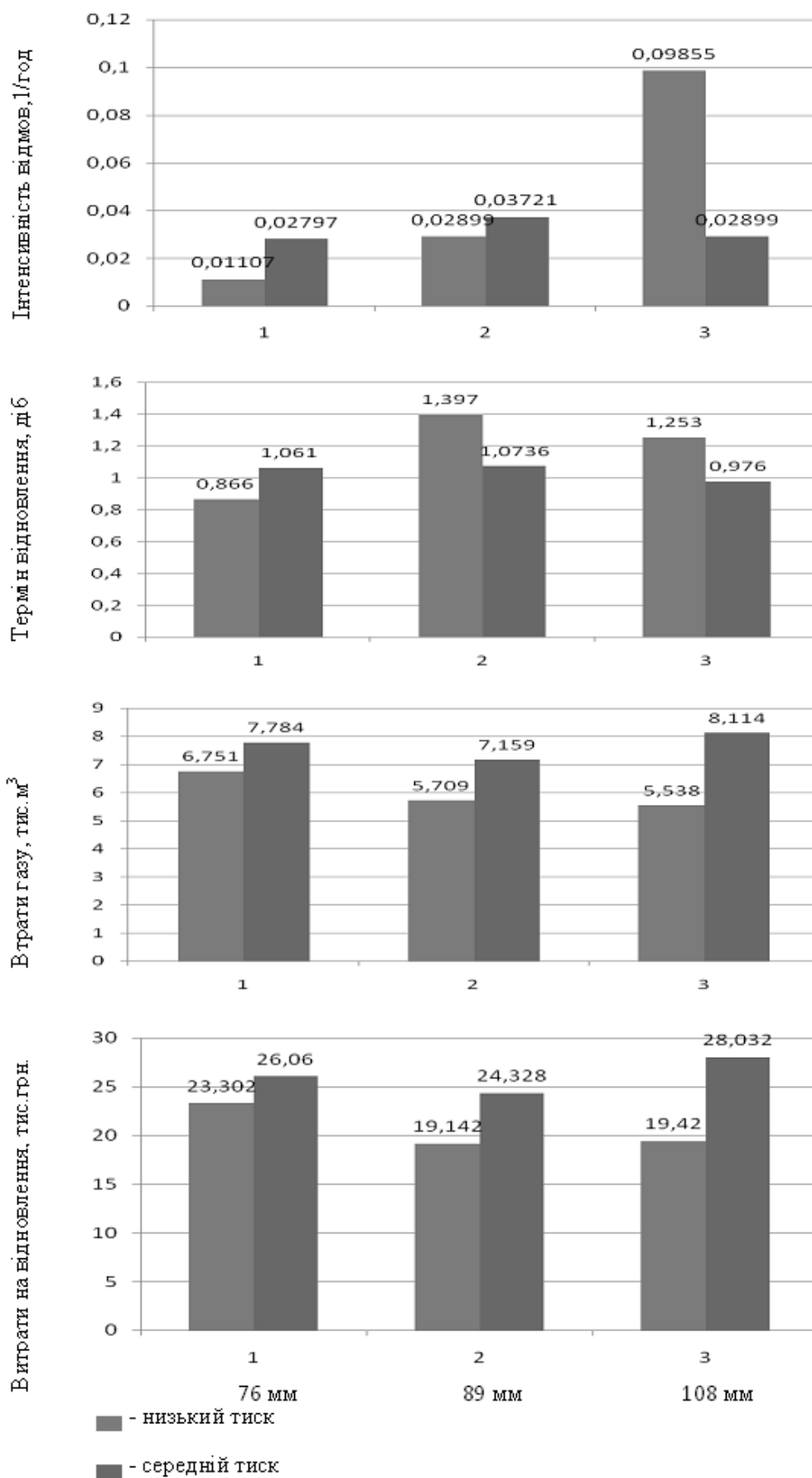
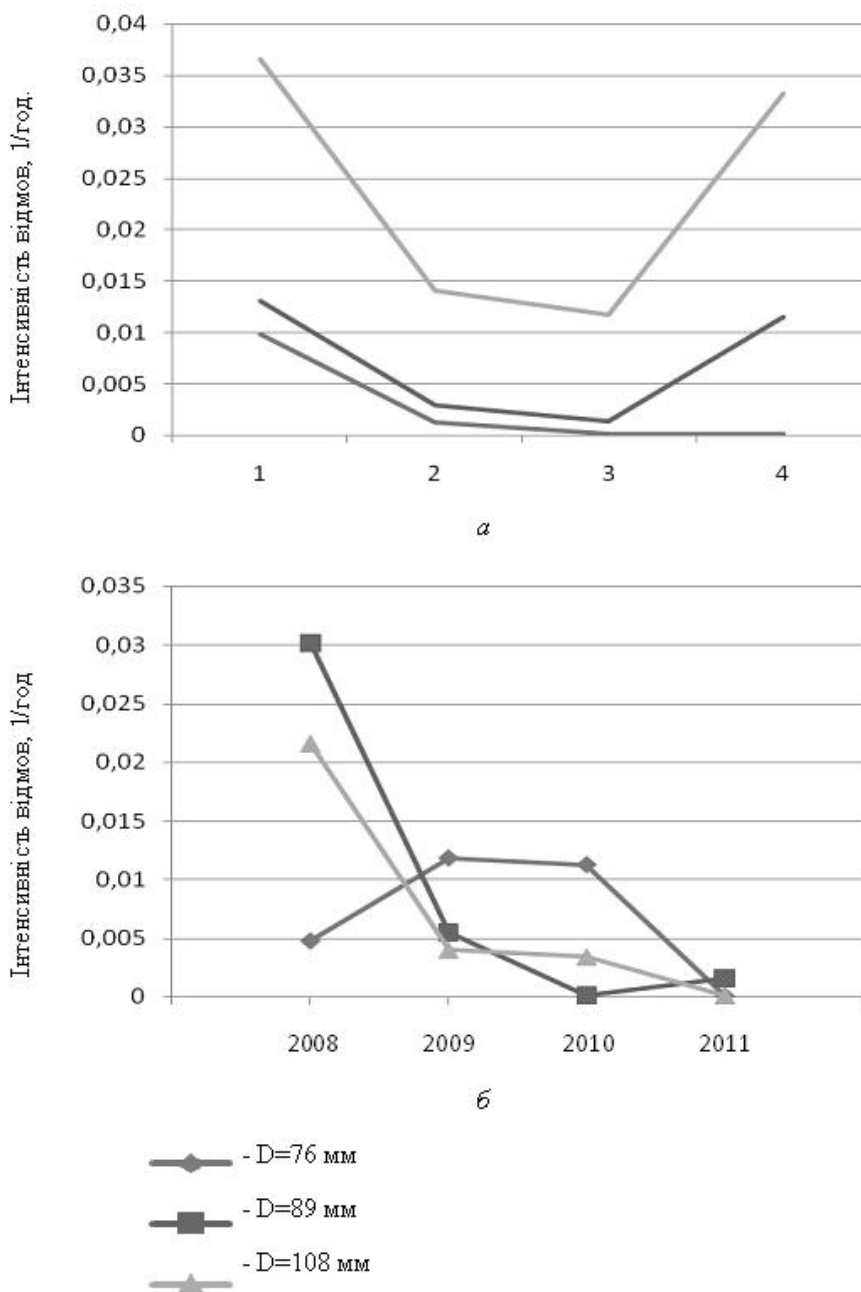


Рисунок 1 – Гістограми розподілу показників надійності за діаметрами



а – мережа низького тиску;
б – мережа середнього тиску.

Рисунок 2 – Розподіл інтенсивності відмов за роками експлуатації

Література

1 Гончарук М.І. Аналіз причин втрат природного газу / М.І. Гончарук // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 1. – С. 51-53.

2 Капцов И.И. Определение количества жидкости в газопроводе / И.И. Капцов, В.Н. Гончар // Газовая промышленность. – 1989. – №3. – С. 48-72.

3 Середюк М.Д. Проектування та експлуатація систем газопостачання населених пунктів / М.Д. Середюк, В.Я. Малик, В.Т. Болонний. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2003. – 436 с.

4 Методика диагностики состояния внутренней полости магистрального газопровода / Е.И. Яковлев, Г.В. Крылов [и др]. – К.: Союзгазпроект, 1987. – 276 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
27.03.12

Рекомендована до друку професором
Тимківим Д.Ф.