



УДК 621.643

ЖИВУЧИСТЬ ТРУБОПРОВODІВ У КОРOЗИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Л.Я. Побережний¹, П.О. Марущак²

1 Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15

2 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна, 46001, м. Тернопіль, вул.Руська, 56

За результатами проведених випробовувань, ґрунтуючись на кінетичних кривих деформації та користуючись розробленою методикою, визначено області низькочастотної корозійної втоми для основного металу та зварного з'єднання морських трубопроводів.

Застосувавши деформаційно-кінетичне трактування процесу руйнування [1] та представивши одержані експериментальні дані у напівлогарифмічних координатах одержано залежності, які доволі добре описуються математично, а значить можуть використовуватися для наступного прогнозування живучості нафтогазопроводів у позаштатних ситуаціях (рис. 1, 2).

Так, для основного металу (сталь 20) похибка методу не перевищує 4 %, а для зварного з'єднання – 1 %. Причому, на відміну від випробовувань на повітрі, одержані результати дають змогу прогнозувати поведінку основного металу трубопроводу на всьому розмаху амплітуд.

Складнопрогнозована ділянка в області більше 380 МПа зникає. Це дасть змогу ще на стадії проєктування зробити коректний розрахунок експлуатаційних ризиків як в зоні екстремальних (аварійних), так і в зоні робочих (експлуатаційних) навантажень шляхом моделювання аварійної ситуації та її наслідків і, ґрунтуючись на розрахованій живучості (стійкості в основному до зовнішніх навантажень та впливів з боку навколишнього середовища при виникненні й розвитку допустимих пошкоджень) розробити для кожного спрогнозованого випадку комплекс заходів із попередження позаштатної (аварійної) ситуації та зведенні експлуатаційних ризиків до прийняттого рівня.

Проаналізувавши експериментальні дані можемо помітити, що живучість зварного з'єднання в корозійному середовищі істотно менша, ніж у основного металу і в області експлуатаційних навантажень ця різниця становить від 10 до 30 разів.

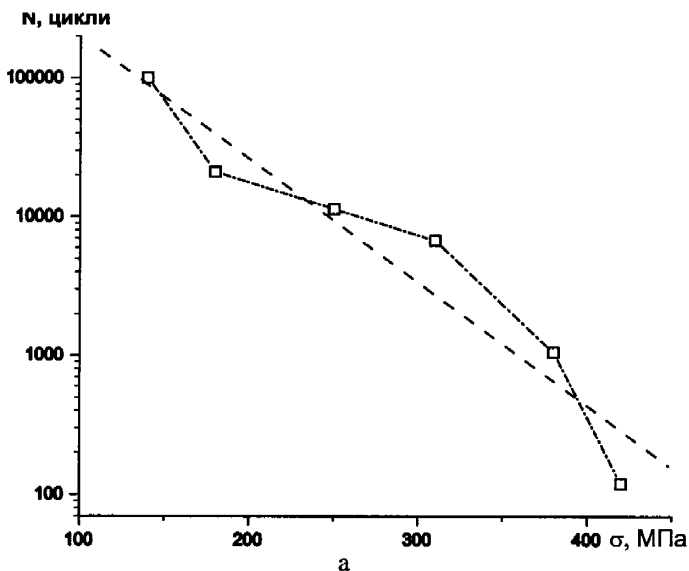
Беручи до уваги, що в зоні зварного з'єднання значно більша імовірність розвитку тріщин внаслідок дефектів зварювання та, при пошкодженні чи втраті герметичності захисного покриття, утворення



гальванічної пари «основний метал – зварне з'єднання», яка відчутно прискорює перебіг корозійних процесів, і, що найнебезпечніше, призводить до їх локалізації, можемо зробити висновок про необхідність окремої оцінки ризику для основного металу та зварного з'єднання.

Адже проведені раніше дослідження показали, що синергічна дія механічного та корозійного чинників призводить до зростання швидкості корозії в десятки та сотні разів! Особливо відчутна така руйнівна дія на погано баластованих ділянках (де через недостатність баластування трубопровід може здійснювати низькочастотні циклічні коливання) та ділянках, які знаходяться в зоні дії підводних течій, де, внаслідок вимивання гранту з-під трубопроводу він починає провисати та зазнавати низькочастотного втомного навантаження і в місцях виходу на поверхню, де навантаження, через нерівномірну інтенсивність хвилювання моря, є ще й негармонійним, і може за відносно короткий час істотно змінювати амплітуду напружень (наприклад при сильному вітрі чи виникненні шторму) та діставати ударну складову.

На основі проведених втомних випробовувань визначено області низькочастотної втоми для сталі трубопроводу. Спостерігається п'ятистадійна кінетика деформації в області високих амплітуд напружень (більше 380 МПа) та тристадійна в області нижчих амплітуд.



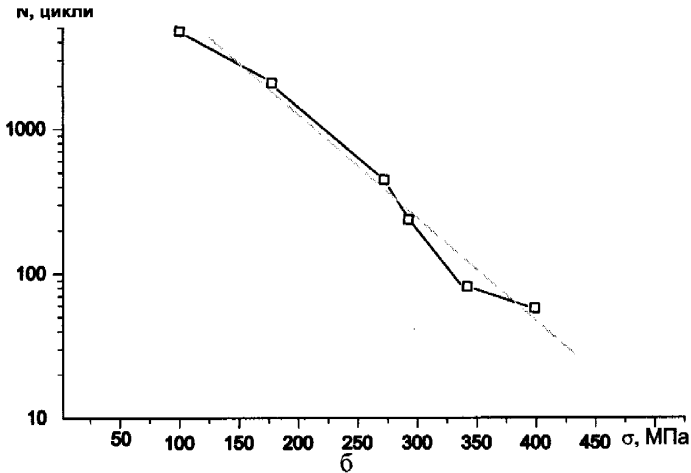


Рисунок 1 – Живучість основного металу (а) та зварного з'єднання (б) у морській воді

На основі деформаційно-кінетичного аналізу процесів деформації і руйнування матеріалу трубопроводу та подальшої математичної обробки і графічної інтерпретації (рис. 1) запропоновано методичні підходи до прогнозування живучості трубопровідних систем. Як міру живучості пропонується використовувати тривалість останньої стадії втомного (корозійно-втомного) руйнування.

В таких умовах зафіксовані локальні корозійно-втомні ураження глибиною 10-15 мм, які утворювалися менш ніж за рік. За наявності таких глибоких пошкоджень надзвичайно важливо оцінити можливість та термін безпечної експлуатації нафтогазопроводу з метою визначення черговості проведення ремонтних робіт та заходів з відновлення нормального його функціонування і забезпечення подальшої безпечної експлуатації.

З рис. 1, б випливає, що неомогенність зварного з'єднання (яке можна вважати композицією «зварний шов – зона термічного впливу») небезпечно зменшує опір корозійній втомі [2] саме в області експлуатаційних навантажень, про що свідчить розходження усереднених кривих живучості.

У такому режимі трубопровід повинен експлуатуватися штатно (тобто протягом планового ресурсу роботи), а одержані результати свідчать, що зварне з'єднання в такому режимі веде себе гірше, ніж в високоамплітудній області, створюючи додаткові експлуатаційні



ризиків. Результати досліджень свідчать, що живучість є надзвичайно важливим критерієм, адже довговічність зварного з'єднання та основного металу відрізняються незначно, і саме живучість дала змогу виявити приховані експлуатаційні небезпеки та додаткові, невраховані раніше ризики, які можуть спричинити важкі аварії та, як наслідок, нанести значну шкоду довкіллю. Особливо значною ця шкода може бути саме при аварії морських трубопроводів.

Тому потрібно вести постійний пошук таких спеціалізованих експлуатаційно орієнтованих критеріїв та параметрів, які дадуть змогу якісної, а головне вчасної (бажано ще на стадії проектування) оцінки експлуатаційних ризиків, що в свою чергу допоможе вчасно розробити заходи з попередження аварійних ситуацій та зменшення ризиків до прийнятних. Для спрощення і покращення прогнозування живучості та експлуатаційних ризиків пропонуємо представити криві живучості основного металу та зварного з'єднання в об'єднаному вигляді (рис. 2). Така інтерпретація дає змогу введення коефіцієнтів, які дозволять урахувати меншу довговічність і більшу схильність до корозійно-втомного руйнування зварного з'єднання та коректніше розраховувати і прогнозувати експлуатаційні ризики. Живучість основного металу описується рівнянням $\lg N = 46.2 - 0.009\sigma$, зварного з'єднання $\lg N = 4.41 - 0.00655\sigma$.

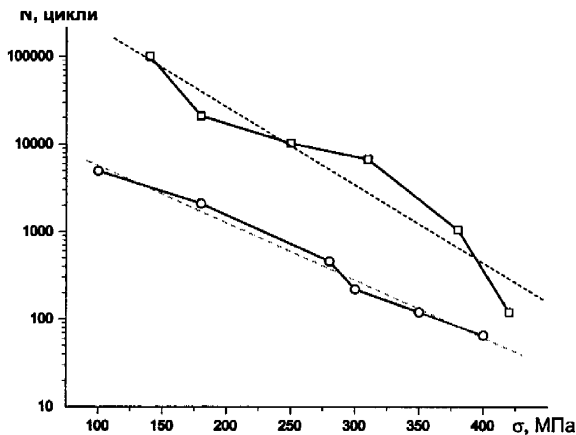


Рисунок 2 – Прогнозування живучості у морській воді (сталь 20, □ – основний метал, ○ – зварне з'єднання)

Взявши за основу залежність для основного металу шляхом нескладних математичних перетворень отримаємо для зварного з'єднання залежність типу $\lg N = 46.2K_1 - 0.009K_2\sigma$, де K_1 та K_2 дорівнюють відповідно 0,0955 та 0,73.



Це особливо важливо для стандартизації інженерних розрахунків на стадії проектування при перевірці на відповідність критеріям безпеки і надійності а також для проведення всестороннього ризик-аналізу та прогнозу експлуатаційних ризиків в штатних та позаштатних режимах роботи, визначенні ресурсу (залишкового ресурсу) безпечної експлуатації, побудові дерева відмов і розробці для кожного випадку комплексу конкретних заходів з мінімізації експлуатаційних ризиків та попередження виникнення аварійних ситуацій.

Висновки. Запропоновано спосіб прогнозування живучості трубопроводів у корозивних середовищах на прикладі морської води. Розроблені підходи покликані спростити прогнозування експлуатаційних ризиків та забезпечити коректну оцінку залишкового ресурсу нафтогазопроводів, які експлуатуються у складних умовах.

Літературні джерела

1 Maruschak, P., Poberezhny, L., & Pyrig, T. (2013). Fatigue and brittle fracture of carbon steel of gas and oil pipelines. *Transport*, 28(3), 270-275.

2 Maruschak, P., Panin, S., Danyliuk, I., Poberezhnyi, L., Pyrig, T., Bishchak, R., & Vlasov, I. (2015). Structural and mechanical defects of materials of offshore and onshore main gas pipelines after long-term operation. *Open Engineering*, 5 (1).

УДК 620.9.662.7

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ ІЗ СМІТТЄЗВАЛИЩ ЯК ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Л.І. Гаєва, Т.В. Дикун, Ф.В. Козак

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15,
ohirna2211@gmail.com*

Актуальність проблеми ефективного використання традиційних джерел енергії та пошуки альтернативних ресурсів не викликає сумніву. На сьогодні в Україні майже не використовується потенціал низькокалорійних газів, що у великій кількості виробляються сільським господарством і промисловістю, зокрема, біогазу, синтез газу, генераторного і піролізного газів, шахтного газу. Кількість існуючих вітчизняних установок з утилізації цих газів налічує біля десятка, хоча у більшості розвинутих країнах їхня кількість виміряється сотнями і тисячами.