

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГО-ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Анотація

Дослідження присвячене аналізу впливу розгерметизації газопроводу внаслідок його аварійного розриву на стан навколишнього середовища: розлітання осколків і фрагментів трубопроводу, повітряна ударна хвиля при перетворенні енергії стиснутого газу, горіння з термічним впливом (при загоранні викиду). Одним із шляхів захисту від руйнування трубопроводів може бути захист зовнішньої поверхні від дії теплової радіації термостійким биндажем, завдяки чому запобігти екологічній катастрофі, підвищити надійність та безпеку їх експлуатації.

Ключові слова: екологічна безпека, газопровід, катастрофічне руйнування, руйнівний тиск, концентрація водню.

Abstract

The study is devoted to the analysis of the impact of the depressurization of the gas pipeline due to its emergency rupture on the environment: the flying of fragments and fragments of the pipeline, the air shock wave during the transformation of compressed gas energy, combustion with thermal effects (when the emission ignites). One of the ways to protect against the destruction of pipelines can be to protect the outer surface from the action of thermal radiation with a heat-resistant bandage, thanks to which to prevent an environmental disaster, increase the reliability and safety of their operation.

Key words: environmental safety, gas pipeline, catastrophic destruction, destructive pressure, hydrogen concentration.

Загальна протяжність магістральних газопроводів України, які експлуатуються понад 50 років, становить 29 тис. км, тобто 76% їх загальної протяжності. Їх тривала експлуатація призводить до поступової деградації сталевих конструкцій. Це зумовлює зміну вихідних механічних властивостей трубопровідних сталей, які визначають довговічність матеріалу як елемента конструкції. Оцінку деградації матеріалу та зміни механічних властивостей сталей довгостроково експлуатованих газопроводів проводили за параметром σ_{YS}/σ_{UTS} .

За результатами проведених експериментальних досліджень нами встановлено, що зміна характеристик пластичності та параметра σ_{YS}/σ_{UTS} не є реальним запасом пластичності досліджуваних трубних сталей. Це обґрунтовується впливом поглиненого металом трубопроводу водню, який проникає з транспортованого водневовмісного середовища при тривалій експлуатації. Також нами оцінено вплив об'ємної концентрації водню C_H на міцність низьколегованих сталей

17Г1С та 10Г2БТ. Порівняно отримані результати з критичною концентрацією водню C_H^{cr} в металах трубних сталей X52 та X70. Зроблено висновок про вплив водню на довговічність і ризик виходу з ладу елементів магістральних труб. Визначено зони дії вражаючих факторів при катастрофічному руйнуванню магістральних газопроводів, які є підставою для розрахунку екологічних наслідків аварій [Error! Reference source not found.,2].

Надійна експлуатація магістральних газопроводів залежить від довговічності протикорозійного покриття, які в процесі тривалої експлуатації втрачають еластичність, стають крихкими і зазвичай відшаровуються від поверхні труби. При цьому внаслідок впливу ґрунтових вод на поверхні газопровідної труби зароджуються двовимірні дефекти (пітинги, корозійні виразки, мікротріщини). Інтенсивність зародження і розвитку цих дефектів залежить від напруженого стану металу газопровідної труби, його електродного потенціалу та pH середовища. Дія асиметричного циклічного

навантаження суттєво прискорює розвиток тріщиноподібних експлуатаційних дефектів по товщині газопровідної труби [3], який призводить до виникнення аварійних ситуацій.



Рис.1. Проведення експериментальних досліджень на втомну міцність

У 90% випадків при розгерметизації газопроводу відбувається викид газу через утворення свища у стінці труби діаметром 8-25 мм до моменту усунення витoku. Особливу небезпеку для навколишнього середовища представляють випадки руйнування газопроводу із загоранням газу, що становить майже 10% від загальної кількості аварій [4]. Внаслідок аварійного розриву газопроводу відбуваються такі небезпечні впливи на навколишнє середовище:

- розлітання осколків і фрагментів трубопроводу;
- повітряна ударна хвиля при перетворенні енергії стиснутого газу;
- горіння з термічним впливом (при загоранні викиду).

Тому метою роботи є оцінка умов руйнування труб магістральних газопроводів із зовнішніми осьовими двовимірними дефектами.

Для систем газозабезпечення найбільш придатним є технічний пропан (C_3H_8), оскільки він має високу пружність парів до $-35\text{ }^\circ\text{C}$ (температура кипіння пропану за атмосферного тиску $-42,1\text{ }^\circ\text{C}$). Навіть за низьких температур з балону легко відбирати потрібну кількість парової фази в умовах природного випаровування.



Рис. 2. Визначення місць розгерметизації газопроводів

Критерієм термічного ураження на трубопровід є значення $q_{об}$ значення поглинутої дози термічної радіації, яку визначають за формулою:

$$D_{об} = q_{об} \cdot t, \quad (1)$$

де $q_{об}$ – величина теплового потоку на одиницю площі, $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$;

t - тривалість теплового впливу, с.

Залежність ступеню пошкодження обладнання $K_{пош. об.}$ від дози поглинутої теплової радіації $D_{об}$ має вид

(2)

$$K_{пош.об.} = \begin{cases} 0 & \text{при } q_{об} < 12 \text{ кВт} / \text{м}^2 \\ 0,1 & \text{при } D_{об} \leq D_{пор} \\ 0,1 + \frac{D_{об} - D_{пор}}{D_{зр} - D_{пор}} & \text{при } D_{пор} < D_{об} < D_{зр} \\ 1 & \text{при } D_{об} \geq D_{зр} \end{cases}$$

де $D_{пор}$ – порогове значення дози поглиненої теплової радіації ($\text{кДж}/\text{м}^2$), нижче якої обладнання отримує тільки незначні пошкодження ($K_{пош.об.} = 0,1$);

$D_{зр}$ – значення дози поглиненої теплової радіації ($\text{кДж}/\text{м}^2$), вище якої обладнання вважається повністю зруйнованим.

Отже, знаючи ступінь пошкодження обладнання $K_{пош. об.}$ від дози поглинутої теплової радіації $D_{об}$, можна визначити порогове значення тривалості теплового потоку $t_{пор}$, при досягненні якого обладнання (трубопровід) залишається роботоздатним, отримуючи незначні пошкодження, що дозволить розробити конструкцію теплового екрану для захисту від руйнування паралельних ниток у технологічному коридорі, запобігти екологічній катастрофі, підвищити надійність та безпеку їх експлуатації.

Таким чином, у результаті проведених досліджень:

1 Запропоновано математичну модель розв'язання нестационарної задачі теплопровідності знаходження температурного поля для порожнинного циліндра, що моделює трубопровід. Розв'язок дозволяє визначити температурне поле трубопроводу при дії на нього теплової радіації від пожежі за сценарієм «пожежа у котловані» при руйнуванні іншого трубопроводу у технологічному коридорі.

2 Встановлено, що одним із шляхів захисту від руйнування трубопроводів у технологічному коридорі при руйнуванні одного з них може бути захист зовнішньої поверхні від дії теплової радіації термостійким бандажем, що дозволяє розсіювати тепловий потік від горіння газу на протязі певного часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Говдяк Р.М., Семчук Я.М., Чабанович Л.Б., Шелковський Б.І., Кривенко Г.М. Енерго-екологічна безпека нафтогазових об'єктів. Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2007. 554 с.
2. Мандрик О.М. Розвиток наукових основ підвищення екологічної безпеки при транспортуванні природного газу. Дис. д.т.н. Івано-Франківськ, 2013. 345 с.
3. Говдяк Р.М., Коснірев Ю.М. Кількісний аналіз аварійного ризику газотранспортних об'єктів підвищеної небезпеки. Львів: Кальварія, 2007. 160 с.
4. Poberezhny, L., Hrytsanchoyk, A., Mandryk, O., ...Mishchuk, B., Rudyak, Yu. Gas hydrates impact on corrosion of the well flow lines material. Archives of Materials Science and Engineering, 2021, 110(1), pp. 5–17.

Туць Олег Михайлович – аспірант кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і гагу, м. Івано-Франківськ, e-mail: olehtuts@ukr.net

Мандрик Олег Миколайович – д.т.н., проф. кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і гагу, м. Івано-Франківськ. oleh.mandryk@nung.edu.ua

Oleh M. Tuts – postgraduate of the Department of Ecology, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, e-mail: olehtuts@ukr.net

Oleh M. Mandryk – Ph.D. (Doctor of Technical Sciences), professor of the Department of Ecology, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk. oleh.mandryk@nung.edu.ua.