

Д.Ю. Петрина, О.Л. Козак, Ю.Д. Петрина

## Оцінювання деградації трубної сталі 17Г1С методом внутрішнього тертя

*Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу  
вул. Карпатська 15, м. Івано-Франківськ, 76000, E-mail: olechka.k.87101@ukr.net*

На пізній стадії експлуатації нафтогазопроводів важливу роль відіграє встановлення ступеня деградації різних властивостей трубних сталей, оскільки для обґрунтування подальшої безпечної роботи трубопроводів необхідно враховувати вже не вихідні, а поточні характеристики експлуатованого металу. З цією метою в роботі розроблено обладнання для вивчення деградаційних процесів трубних сталей методом внутрішнього тертя. Цим методом можна проводити якісне оцінювання ступеня деградації трубної сталі 17Г1С.

**Ключові слова:** кінетика старіння сталей, фізико-механічні властивості сталей, електрохімічні властивості сталей, амплітуда напружень, логарифмічний декремент затухання коливань.

*Стаття постуила до редакції 13.01.2012 ; прийнята до друку 15.06.2012.*

### Вступ

На пізній стадії експлуатації нафтогазопроводів (НГП) особливо актуальною науково-технічною проблемою стає забезпечення технічної надійності та безпечної експлуатації трубопроводів застосуванням методів технічного діагностування, а також розроблення ефективних методів оцінки працездатності експлуатованого матеріалу [1,2].

У розв'язанні таких задач важливу роль відіграє встановлення ступеня деградації фізико-механічних і електрохімічних властивостей трубопровідних сталей, оскільки для обґрунтування подальшої безпечної роботи НГП необхідно враховувати вже не вихідні, а поточні характеристики експлуатованого металу. Останнім часом такі дослідження набули певного розвитку як для сталей нафтопроводів [3], так і газопроводів [4,5].

В цьому плані метод внутрішнього тертя також може бути корисним для вирішення різних задач фізичного металознавства, зокрема з його допомогою можна вивчати кінетику старіння трубопровідних сталей [6]. Однак на даний момент такі дослідження в практиці експлуатації НГП повністю відсутні.

При постановці експериментів з вимірювання внутрішнього тертя слід враховувати, що цей метод рекомендується застосовувати в комплексі з рентгенівськими, електрохімічними, металографічними та іншими методами, і тільки комплексний підхід дасть можливість отримати надійні результати та однозначно трактувати отриманий експериментальний матеріал з механізму деградації сталей трубопроводів.

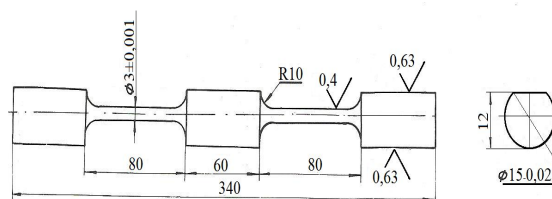
Тому метою даної роботи було вивчення можливості оцінювання деградації трубної сталі 17Г1С методом внутрішнього тертя.

Внутрішнє тертя відноситься до числа найбільш структурно-чутливих властивостей і, відповідно, за його замірами можна судити про зміни, що протікають в трубній сталі в процесі її експлуатації. На основі відмінності і особливостей зміни внутрішнього тертя за різних амплітудних напруженнях, можна судити про природні зміни в трубних сталях впродовж їх експлуатації.

### I. Методика досліджень

Для дослідження внутрішнього тертя розробили спеціальну конструкцію зразка, ескіз якого показаний на рис. 1.

Зразок має подвійну робочу частинку з діаметром 3 мм, між якими розміщена головна довжиною 60 мм. По обидві сторони цієї конструкції розміщені ще дві головки. Всі головки виконані з лисками,



**Рис. 1.** Ескіз зразка для дослідження внутрішнього тертя трубної сталі 17Г1С.

причому їх діаметри в п'ять разів більші за розміри робочої частини, що забезпечувало високу жорсткість кріплення зразка з приєднувальними деталями.

Биття головок перевіряли за допомогою індикатора. Зразки з биттям більше за 0,08 мм до випробувань не приймалися.

Вимірювання внутрішнього тертя проводили на установці, змонтованій на масивному фундаменті, що запобігало убутку енергії за механічних коливань. Загальний вид установки поданий на рис. 2.

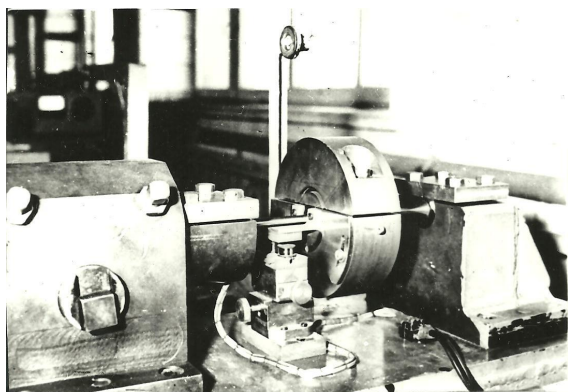


Рис. 2. Загальний вид установки для вимірювання внутрішнього тертя.

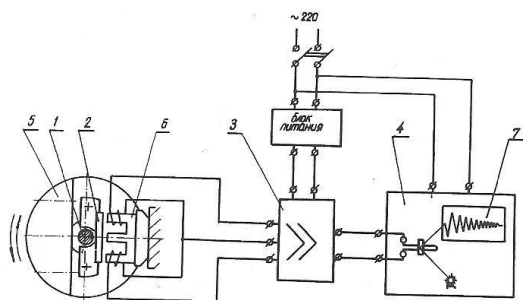


Рис. 3. Приципова схема установки для вимірювання внутрішнього тертя.

Крайні головки зразка жорстко закріплені в масивних опорах планками, які лягають на лиски і затягуються болтами. На середню головку встановлюється та закріплюється інерційний диск.

Коливання інерційного диска викликали моментальним зняттям крутного моменту, створюваного постійною силою прикладеною до диска. Моментальне розвантаження зразка, який знаходився в скрученому напруженому стані, призводить до його коливань спільно з диском біля нерухомих кінців, закріплених в опорах установки. Затухання механічних коливань фіксували за допомогою індуктивного датчика на осцилографічному папері.

Індуктивний датчик виготовлений з Ш – подібного феритового середовища б і двох катушок (рис. 3).

Дослідження логарифмічного декременту затухання коливань  $\delta$  в області високих амплітуд напружень (рис. 4) встановлено, що з ростом

величини амплітуди напружень периметр  $\delta$  збільшується.

Він закріплений до основи на полозках і може переміщуватися з метою регулювання в двох перпендикулярних напрямках в горизонтальній площині.

Котушки датчика підключаються до вхідних клем тензометричної станції 3 УТС-12Вт і утворюють два робочих плеча вимірювального моста, два інших плеча якого знаходяться в самій тензостанції. Сигнал, що виникає на вихідній діагоналі моста, при розбалансуванні його в результаті зміни повітряних зазорів датчика (якір 2 коливається разом зі зразком 1 і диском 5) підсилюється тензостанцією і подається на шлейф осцилографа 8SO-4, де і здійснюється запис посиленого сигналу на осцилографічному папері 7.

З допомогою тарувального пристрою оцінювали амплітуду напружень в навантажених шарах зразка при коливаннях маятника. В процесі вивчення внутрішнього тертя амплітуда напружень змінювалась в широких межах від 1МПа до 60 МПа. Відмінною особливістю використовуваної установки є можливість точних вимірювань декременту затухання  $\delta$  за низьких напруженнях.

Нижня границя  $\delta$  відповідає зсувовій деформації  $\gamma = 1 \times 10^{-5}$ . Точність вимірювань декременту затухання становила  $2 \times 10^{-2}$ .

## II. Результати досліджень та їх обговорення

Дослідженнями логарифмічного декременту затухання коливань  $\delta$  в області високих амплітуд напружень (рис. 4) встановлено, що з ростом величини амплітуди напружень параметр  $\delta$  збільшується.

В той же час зростання терміну експлуатації трубопровідної сталі 17Г1С призводить до спаду характеристики  $\delta$  за всіх досліджуваних амплітуд напружень.

Дослідження логарифмічного декременту затухання коливань  $\delta$  в області низьких амплітуд

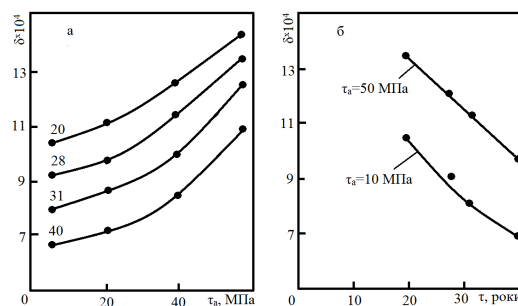
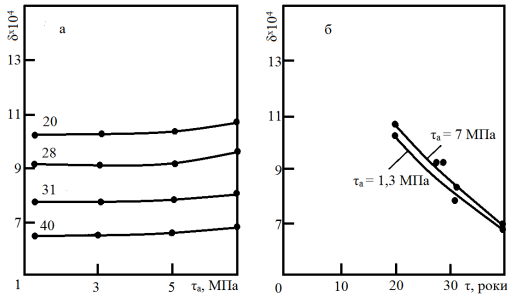


Рис. 4. Вплив високих амплітудних напружень на логарифмічний декремент затухання коливань (а) і зміна логарифмічного декременту в залежності від кривих позначають термін експлуатації трубопроводів у роках.

напружень (рис. 5) дали можливість виявити певну різницю в характері залежностей  $\delta$  і  $\tau_a$  порівняно з випробуваннями за високих амплітуд напружень.

Ця відмінність полягає у встановленні ділянки амплітудно незалежного внутрішнього тертя. Для сталі, термін експлуатації якої становить 20 років, така ділянка спостерігається до  $\tau_a = 3$  МПа. Із збільшенням терміну експлуатації трубопроводів діапазон напружень амплітудно незалежного внутрішнього тертя зростає (рис. 5, а). Так, коли термін експлуатації сталі 17Г1С становив сорок років, то діапазон амплітудно незалежного



**Рис. 5.** Вплив низьких амплітудних напружень на логарифмічний декремент затухання коливань (а) і зміна логарифмічного декременту в залежності від часу експлуатації трубної сталі 17Г1С (б): цифри біля кривих позначають термін експлуатації трубопроводів у роках.

внутрішнього тертя досяг 5 МПа.

Відзначимо також, що спад логарифмічного декременту затухання коливань з ростом терміну експлуатації трубопроводів більш інтенсивний за

високих амплітудних напружень (порівняти рис. 4, б і 5, б).

Найважливішим у наших дослідженнях є встановлений чіткий факт зниження логарифмічного коефіцієнта затухання коливань зразків із сталі 17Г1С з ростом терміну її експлуатації як за високих (рис. 4,а), так і за низьких (рис. 5,а) амплітудних напружень. Це дає можливість стверджувати, що методом внутрішнього тертя можна проводити якісне оцінювання ступеня деградації трубної сталі 17Г1С.

## Висновки

1. В роботі сконструйовано та змонтовано обладнання для вивчення задач фізичного металознавства методом внутрішнього тертя.

2. Показано, що метод внутрішнього тертя дає можливість якісно оцінювати ступінь деградації трубної сталі 17Г1С під час її експлуатації.

В подальшому планується використати цей метод дослідження в комплексі з іншими ( рентгенівським, металографічним, магнітним тощо) з метою досконалого вивчення механізму деградації сталей трубопроводів.

**Петрина Д.Ю.** – д.т.н., доцент, зав. кафедри механіки машин ІФНТУНГ.

**Козак О.Л.** – аспірант кафедри технології нафтогазового машинобудування.

**Петрина Ю.Д.** – д.т.н., професор, зав. кафедри технології нафтогазового машинобудування ІФНТУНГ.

- [1] *Механіка руйнування та міцність матеріалів:* Довідн. посібник / Під заг. ред. В.В. Панасюка. Т. 11: Міцність і довговічність нафтогазових трубопроводів і резервуарів / Г.М. Никифорчин, С.Г. Поляков, В.А. Черватюк і ін. / Під ред. Г.М. Никифорчина. – Львів: Сполом, с. 504, (2009).
- [2] И.И Мазур. *Безопасность трубопроводных систем* / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: Центр ЕЛИМА, с. 1096, (2004).
- [3] Окрихчення сталі магістрального нафтопроводу / О.Т. Цирюльник, Г.М. Никифорчин, О.І. Звірко, Д.Ю. Петрина // *Фіз.-хім. механіка матеріалів.* 2 сс.125-126 (2004).
- [4] In-service degradation of gas trunk pipeline X52 steel / G. Gabetta, Н.М. Nykyforchyn, D. Yu. Petryna [та інші] // *Фіз.-хім. механіка матеріалів.* 1, сс.88-99, (2008).
- [5] Деградація властивостей сталей магістральних газопроводів упродовж їх сорокарічної експлуатації / Г.М. Никифорчин, О.Т. Цирюльник, Д.Ю. Петрина, М.І. Греділь // *Проблеми прочності.* 5, сс. 66-72, (2009).
- [6] В.Т. Черепин. *Экспериментальная техника в физическом металловедении* / В.Т. Черепин. – К.: Техніка, с. 280, (1968).

D.U. Petryna, O.L. Kozak, U.D. Petryna

## Estimation of Degradation of a Trumpet Steel a Method of an Internal Friction

Ivano-Frankivsk State University of the Oil and Gas, Karpatska Str., 15, 76000, Ukraine

At the latest stage of oil and gas pipelines operation plays an important role to establish the degree of degradation of various properties of pipe steels, because the substantiation of the further safety work of pipelines should be considered not so target, and current characteristics of operated metal. With that end in view in work the equipment is developed for studying degradation processes of pipe steels by a method of an internal friction. This method can be carried out qualitative assessment of degree degradation of pipe steel 17Г1С.

**Key words:** kinetics of ageing of steels, physical and mechanical properties of steels, electrochemical properties of steels, the amplitude of stress, logarithmic decrement of fading oscillations.