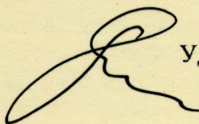


622.692.4(043)
Т24

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Тацакович Назарій Любомирович



УДК 622.692.4:~~539.4~~

(043)

Т24

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ
НАФТОГАЗОПРОВІДІВ**

Спеціальність 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2010

Дисертацією є рукопис .



Робота виконана на кафедрі „Технічної діагностики та моніторингу” в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Карпаш Олег Михайлович
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри „Технічної діагностики та моніторингу”

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Білобран Богдан Степанович
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра опору матеріалів
кандидат технічних наук
Драгілев Андрій Володимирович
компанія “Інжинірингові технології” (м. Київ), директор

Захист відб
вченої ради
університет
76019, м. Іва

лізованої
хнічному

3 -дисерта
національно
вул. Карпатс

івського
анківськ,

Автореферат

Вчений секр
кандидат тех



ГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Масштаби трубопровідної системи України, велике різноманіття складних гідрогеологічних умов прокладання трубопроводів та значна кількість таких, що відірацювали 50-75% нормативного ресурсу, зумовлюють особливе ставлення до робіт із забезпечення їх надійного функціонування.

Застосування методів технічного діагностування та неруйнівного контролю для визначення фактичного технічного стану є штатною технологічною операцією і, як показує досвід, ефективним шляхом забезпечення технічної надійності та безпечної експлуатації трубопроводів і газотранспортної системи в цілому.

Одними з основних характеристик фактичного технічного стану трубопроводу є фізико-механічні характеристики (ФМХ) металу труби, що змінюються (деградують) у процесі багаторічної експлуатації. Загальний характер змін полягає у підвищенні границі плинності, границі міцності, твердості та відносного видовження, зниженні відносного звуження та ударної в'язкості. Питання вимірювання твердості, геометричних характеристик та виявлення дефектів вирішено на достатньо високому рівні і реалізується за допомогою низки технічних засобів. Невирішеною залишається проблема визначення зміни механічних характеристик, у тому числі ударної в'язкості металу трубопроводу неруйнівними методами, яка відповідно до чинних нормативних документів є параметром, за яким розраховують залишковий ресурс нафтогазопроводу.

Таким чином, актуальним є розроблення нових методів технічної діагностики нафтогазопроводів і набуває особливо важливого значення для оцінювання його фактичного технічного стану та забезпечення безпечної експлуатації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у рамках Державної науково-технічної програми „Ресурс” (затверджено постановою КМУ від 8.10.2004, № 1331), науково-дослідних робіт „Розроблення нових методів та технічних засобів визначення фізико-механічних характеристик технологічних об'єктів довготривалої експлуатації для створення банків даних про фізико-механічні властивості конструкційних матеріалів” (№ держреєстрації 0107U008068, угода ІФНТУНГ із МОН України), „Розроблення нових неруйнівних методів та технологій визначення міцнісних характеристик металоконструкцій довготривалої експлуатації” (№ держреєстрації 0107U010020, угода ІФНТУНГ із МПЕ України), “Оцінка напружено-деформованого стану МГПІ “Союз” на переході р. Айдар (1239 км.), визначення активності зсуву ґрунтів на ділянці 1152-1154 км. та оцінка залишкового ресурсу досліджених ділянок” (угода ІФНТУНГ із УМГ “Донбастрансгаз”). Ці роботи виконувались за безпосередньої участю автора.

an 2074 - an 2078

Мета роботи полягає у розв'язанні важливої науково-прикладної задачі в галузі забезпечення надійної експлуатації нафтогазопроводів – удосконалення експрес-методу технічного діагностування металокопструкцій тривалої експлуатації шляхом визначення ударної в'язкості неруйнівним методом і удосконаленні методу розрахунку залишкового ресурсу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати сучасний стан методів та засобів оцінювання фактичного технічного стану металокопструкцій, у тому числі за зміною фізико-механічних характеристик матеріалу;
- уточнити функціональні залежності впливу зміни ударної в'язкості на ресурс металокопструкцій;
- провести експериментальне дослідження можливості визначення ударної в'язкості неруйнівним методом;
- розробити новий експрес-метод визначення квазі ударної в'язкості матеріалу металокопструкцій неруйнівним методом;
- розробити, виготовити та здійснити досліду перевірку експериментального зразка інформаційно-вимірювальної системи для неруйнівного визначення ударної в'язкості сталей і методики його застосування на практиці.

Об'єктом дослідження є нафтогазопроводи тривалої експлуатації.

Предметом дослідження є методи і засоби технічної діагностики лінійної частини трубопровідних систем.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у роботі задач використовувались методи неруйнівного контролю, кореляційного аналізу та сучасні методи статистичного оброблення експериментальних і довідкових даних (штучні нейронні мережі). Під час проведення теоретичних досліджень було використано методи факторного та регресійного аналізу. У ході виконання експериментальних досліджень використовувались методи планування експерименту, теорії ймовірності. Розроблення технічного засобу здійснювалось із використанням методів схемо- та системотехніки. Для розроблення програмного забезпечення мікропроцесорної системи технічного засобу використовувались методи алгоритмізації та програмування.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень одержано такі основні наукові результати:

- вперше запропоновано графоаналітичний метод розрахунку залишкового ресурсу елементів металокопструкцій за зміною ударної в'язкості матеріалу, що дає змогу підвищити точність визначення їх безпечного терміну експлуатування;
- вперше розроблено новий неруйнівний метод визначення ударної в'язкості, який дає можливість розширити кількість вимірюваних інформативних параметрів, що характеризують фактичний технічний стан металокопструкцій довготривалої експлуатації;
- вперше встановлено наявність та характер залежності між вимірюваним електромагнітним параметром і фактичними значеннями ударної в'язкості

матеріалу металокопструкцій, що дає змогу підвищити швидкість оцінювання зміни ударної в'язкості матеріалу металокопструкцій довготривалої експлуатації;

- удосконалено метод оцінювання фактичного технічного стану металокопструкцій тривалої експлуатації шляхом застосування технології штучних нейронних мереж для встановлення залежності між вимірюваними параметрами та ударною в'язкістю.

Положення, що виносяться на захист.

1 Графоаналітичний метод розрахунку залишкового ресурсу трубопроводу з урахуванням зміни ударної в'язкості металу

2 Новий неруйнівний експрес-метод контролю квазі ударної в'язкості матеріалу трубопроводу в процесі експлуатації.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні технології та технічного засобу для оцінки фактичного технічного стану трубопроводів (пройшов успішну промислово апробацію на виробничих об'єктах УМГ “Донбастрасгаз” ДК „Укртрансгаз”, акт промислових випробувань від 20.05.2009р.), а також проекту методики його застосування у розрахунках залишкового ресурсу трубопроводів. Розроблений експрес-метод є корисним інструментом для збору даних про характер зміни ударної в'язкості матеріалу металокопструкцій з часом експлуатування. Даний матеріал використано під час розроблення Стандарту організації України 60.3-30019801-067:2009 “Магістральні газопроводи. Оцінка фактичного технічного стану потенційно небезпечних діляниць. Методи і методики” (наказ по ДК “Укртрансгаз” №126 від 27.04.2009р.), а також впроваджено в навчальний процес підготовки спеціалістів Сирійської газової компанії (акт впровадження від 18.10.2009р.)

Публікації та особистий внесок здобувача. Результати досліджень, що відображені у дисертації, опубліковані у 14-и працях. Серед них: 6 праць, що опубліковані у наукових фахових виданнях; 6 – у збірниках праць та тезах конференцій; 1 – патент на корисну модель, 1 – стандарт організації України.

Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. У працях, написаних у співавторстві, дисертанту належить: новий графоаналітичний метод розрахунку залишкового ресурсу з урахування зміни ударної в'язкості з часом експлуатування [1,2,6,8,14], встановлення наявності та характеру залежності між вимірюваними параметрами та ударною в'язкістю [3,5,9-11], розроблений новий неруйнівний метод визначення ударної в'язкості [7,13], підготовка і проведення експериментальних досліджень [12], оброблення одержаних результатів експериментальних робіт [4], розроблена копструкція експериментальної установки, а також розроблений алгоритм її роботи [10].

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наукових семінарах кафедри „Нафтогазового обладнання” Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) у 2007-2009р.р., на міжнародній науково-практичній конференції “Міцність та надійність магістральних трубопроводів” (м. Київ), міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених “Техніка і прогресивні технології в нафтогазовій інженерії” (м. Івано-Франківськ), на 14-й міжнародній

науково-технічній конференції „Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів „Леотест-2009” (м.Славське, Львівської області), на 6-ій національній науково-технічній конференції і виставці “Неруйнівний контроль та технічна діагностика” (м. Київ), міжнародній науково-технічній конференції “Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи” (м. Івано-Франківськ), міжнародній науковій конференції “Научные основы внедрения новых технологий в эпоху нового возрождения” (м. Ашхабад, Туркменістан).

Структура та об’єм роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, списку використаних джерел та додатків. Дисертація викладена на 115 сторінках. Крім того робота проілюстрована 35 рисунками, включає 8 таблиць, список використаних джерел із 106 найменувань та 5 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* наведено загальну характеристику дисертаційної роботи. Розкрито суть та стан науково-технічної проблеми продовження терміну безпечної експлуатації трубопроводів. Обґрунтовано актуальність теми, що дало можливість сформулювати мету та основні задачі дослідження. Розкрито наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про особистий внесок здобувача та апробацію роботи.

У *першому розділі* проаналізовано сучасний стан методів та засобів технічної діагностики металоконструкцій тривалої експлуатації, у т.ч. і нафтогазопроводів, та визначення основних фізико-механічних характеристик матеріалів.

Дослідження щодо визначення фактичного технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу металоконструкцій тривалої експлуатації проводили багато зарубіжних та вітчизняних вчених – Лебедев А.А., Красовский А.Я., Гумеров А.Г., Ланчаков Г.А., Ориняк І.В., Торош В.М., Назарчук З.Т., Похмурський В.І., Никифорчин Г.М., Білобран Б.С., Шлапак Л.С., Грудз В.Я., Карпаш О.М., Скальський В.Р., Kiefler J.F., Kroning M., Kusiak J. та інші.

Аналіз існуючих методів визначення фізико-механічних характеристик металоконструкцій показав, що на даний час як інформативний параметр використовують твердість і за існуючими формулами розраховують границю міцності та границю плинності. Щодо визначення ударної в’язкості, то її здебільшого визначають руйнівним методом (маятниковий копер), який не застосовується до металоконструкції, що перебуває в експлуатації. Основним недоліком існуючих неруйнівних методів є відсутність аналітичних залежностей між інформативними параметрами контролю та ударною в’язкістю.

Доведено необхідність розроблення нових підходів і технічних засобів неруйнівного визначення ударної в’язкості. Сформульовано завдання, що потребують вирішення та обрано напрямки подальших досліджень.

Другий розділ присвячений теоретичним дослідженням нових підходів і методів визначення ударної в’язкості матеріалу металоконструкції та розрахунку її залишкового ресурсу з урахуванням зміни ударної в’язкості.

Показано, що суттєвий вплив на фактичний технічний стан металоконструкції мають низка чинників, а саме:

1) Зміна механічних характеристик металу трубопроводу внаслідок старіння. Переважно, під час старіння підвищується границя плинності та відносне видовження, знижується ударна в'язкість та відносне звуження, що призводить до зниження опору в'язкому руйнуванню і пов'язані з цим підвищення його чутливості до концентраторів напружень і дефектів, посилення схильності металу до утворення осередків руйнування.

Виходячи з експериментальних даних та графічних залежностей, одержаних раніше у роботах українських та закордонних вчених, нами запропоновано залежність для опису зміни ударної в'язкості від терміну експлуатування:

$$KCV_{\phi} - KCV_0 - a \cdot t_{\phi}, \quad (1)$$

де KCV_{ϕ} – фактичне значення ударної в'язкості металу трубопроводу;

KCV_0 – значення ударної в'язкості металу трубопроводу на момент початку експлуатування;

a – величина, що дорівнює середньому значенню ступеня зміни ударної в'язкості за один рік експлуатування трубопроводу, визначається на основі моніторингу стану металу трубопроводу та встановлення ступеня деградування ударної в'язкості з часом експлуатації;

t_{ϕ} – фактична тривалість експлуатування.

Ця залежність є справедливою для трубопроводу, термін експлуатування якого складає більше 10-15 років.

2) Ударна в'язкість є нормативною характеристикою металу, що характеризує його схильність до крихкого руйнування, а саме нормується рівень пластичності у вихідному стані за її відносним значенням. Зниження ударної в'язкості може призвести до зниження показників тріщиностійкості металу.

3) Величина критичної температури крихкості матеріалу металоконструкції, за яку приймають температуру зміни характеру руйнування – від в'язкого до крихкого (температури холодноламкості). Її визначають за енергією, витраченою на руйнування, показником якої є значення ударної в'язкості. Зниження ударної в'язкості може спричинити підвищення температури холодноламкості до діапазону експлуатаційних температур металоконструкції.

З урахуванням запропонованих чинників розроблено описову фізичну модель впливу зміни ударної в'язкості металу трубопроводу на його фактичний технічний стан та залишковий ресурс (рис.1).

Ураховуючи основні положення моделі, згідно з якими фактичний технічний стан трубопроводу визначає низка чинників, в основі яких лежить зміна ударної в'язкості металу, нами запропоновано описувати залишковий ресурс металоконструкції такою функцією:

$$R_3 = f(KCV_{\phi}, a, t_{\phi}, F), \quad (2)$$

де R_0 – залишковий ресурс металоконструкції довготривалого експлуатування;

F – це функція, що описує зміну геометричних розмірів дефекту з часом експлуатування.

Обґрунтування вибору показника ударної в'язкості для розрахунку залишкового ресурсу трубопроводу проведено на основі описаної вище моделі та з використанням запропонованого графоаналітичного методу, що ґрунтується на рівнянні NG-18. Методика NG-18 розроблена в інституті Баттеля (США) і широко застосовується для вирішення завдань забезпечення цілісності трубопровідних систем. Ця методика включена до стандарту Американського товариства інженерів-механіків ASME B31G "Положення щодо розрахунку залишкового ресурсу трубопроводів з корозійними дефектами". В її основі лежить визначення напруження металу труби (із заданим значенням ударної в'язкості), за якого відбудеться руйнування трубопроводу із дефектом заданих розмірів.

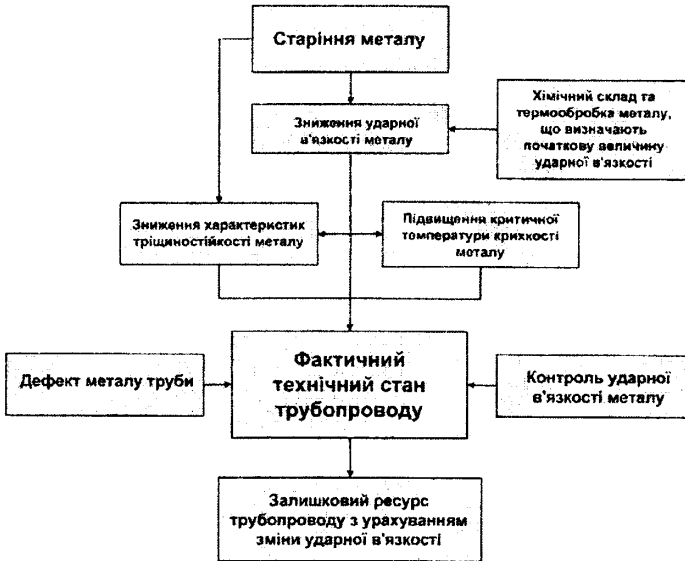


Рис.1. Структурна схема моделі впливу зміни ударної в'язкості

Принцип запропонованого графоаналітичного методу розрахунку залишкового ресурсу трубопроводу з дефектом полягає у визначенні часу, за який напруження, що призводить до руйнування дефекту з урахуванням зниження ударної в'язкості з часом експлуатування досягне фактичного напруження металу стінки труби.

Модифіковане рівняння NG-18 має такий вигляд:

$$\frac{12 \cdot (KCV_0 - a \cdot t_\phi) \cdot E \cdot \pi}{8 \cdot c \cdot \bar{\sigma}^2} = \left[\operatorname{Insec} \left(\frac{\pi \cdot M \cdot \sigma_{\text{н}}(t_\phi)}{2\bar{\sigma}} \right) \right], \quad (3)$$

де c – половина довжини дефекту;

E – модуль пружності Юнга;

M – фактор Фоліаса;

$\sigma_{\text{н}}$ – напруження, за якого відбувається руйнування дефекта;

$\bar{\sigma}$ – напруження плинності.

У *третьому розділі* наведено методику та результати експериментального дослідження можливості визначення ударної в'язкості неруйнівним методом. Аналіз існуючих неруйнівних методів показав, що на даний час для визначення ударної в'язкості використовують ультразвуковий та магнітний параметри. Суть досліджень, проведених у цій роботі, полягала в установленні характеру залежності між інформативними параметрами неруйнівного контролю (твердістю, коерцитивною силою, параметром електромагнітних коливань індуктивного перетворювача) та ударною в'язкістю металу. З огляду на те, що на даному етапі наявність такої залежності підтверджена тільки експериментально, то одержані неруйнівним методом результати ударної в'язкості вважатимемо квазі ударною в'язкістю.

Для дослідження було відібрано 18 зразків різних марок сталей, що відповідають сортаменту трубних сталей і застосовуються для будівництва трубопроводів (09Г2С, 17Г1С, Х60, Х70 і т.п.).

Для вимірювання твердості металу труб було використано твердомір резонансного типу ТКР-35, для вимірювання коерцитивної сили – коерцитиметр КРМ-ЦК. Ударну в'язкість визначали руйнівним методом, що ґрунтується на руйнуванні зразка з концентратором посередині одним ударом маятникового копра (ГОСТ 9454-78).

Для вимірювання частоти електромагнітних коливань індуктивного перетворювача (інформативного параметра I) було розроблено експериментальну установку І-1. Принцип роботи експериментальної установки І-1 ґрунтується на встановленій експериментальним шляхом залежності частоти електромагнітних коливань індуктивного перетворювача від фазово-структурного складу та механічних характеристик матеріалу металоконструкцій. Дослідження взаємозв'язку інформативного параметру I та ударної в'язкості проводились у діапазоні частот електромагнітних коливань індуктивного перетворювача – 1-30 кГц.

З метою врахування температурної залежності інформативного параметра I було проведено дослідження у діапазоні температур від мінус 25°C до 25°C і встановлено, що дана температурна залежність має прямо пропорційний характер. Таким чином, результати цих досліджень були використанні для

температурної корекції значень інформативного параметра I , виміряних за допомогою експериментальної установки I-1.

Одержані залежності ударної в'язкості металу зразків від твердості, коерцитивної сили та інформативного параметра I , параметри апроксимації є такими:

- 1) залежність ударної в'язкості від твердості апроксимована функцією вигляду $f(x) = p_1 \cdot x^3 + p_2 \cdot x^2 + p_3 \cdot x + p_4$, де $p_1 = 0.000124$, $p_2 = -0.07329$, $p_3 = 13.13$, $p_4 = -613.24$.
- 2) залежність ударної в'язкості від коерцитивної сили апроксимована функцією вигляду $f(x) = p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$, де $p_1 = 0.29579$, $p_2 = -15.316$, $p_3 = 156.24$.
- 3) залежність ударної в'язкості від інформативного параметра I апроксимована функцією вигляду $f(x) = p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$, де $p_1 = 5.3848 \cdot 10^{-7}$, $p_2 = 0.12292$, $p_3 = -126.02$.

Значення коефіцієнтів кореляції між вимірними параметрами (твердістю HB , коерцитивною силою H_c , інформативним параметром I) та ударною в'язкістю KCU наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції

	HB	Hc	I	KCU
HB	1	0.8887	-0.5046	-0.5587
Hc		1	-0.542	-0.5544
I			1	0.6049
KCU				1

З таблиці 1 видно, що вищі значення коефіцієнтів кореляції з ударною в'язкістю є для твердості HB , коерцитивної сили та показів експериментальної установки I-1 (інформативного параметру I). Знак мінус для твердості та коерцитивної сили вказує на обернено пропорційну залежність цих параметрів від ударної в'язкості. Загалом коефіцієнти кореляції не досягають високих значень (більше 0,7), що може вказувати на нелінійність взаємозв'язків між даними параметрами неруйнівного контролю та ударною в'язкістю і на необхідність врахування кількох параметрів одночасно.

Для встановлення оптимальної комбінації вимірюваних параметрів, яка б забезпечувала найбільш точне визначення ударної в'язкості було використано алгоритми штучних нейронних мереж. Нейронна мережа заданої будови тренувалась для розв'язання задачі апроксимації величини ударної в'язкості як функції двох або трьох вимірюваних параметрів. На основі порівняння тестових виходів натренованих нейронних мереж визначили, яка з комбінацій вимірюваних параметрів є оптимальною.

Із трьох вимірюваних параметрів (HB , Hc , I) були сформовані набори по два та три параметри – загалом 4 можливі комбінації.

Набір із 18 зразків труб був розділений на дві групи:

- тренувальна – результати вимірювань із 15 зразків використовувались для тренування нейронних мереж;
- тестова – результати вимірювань 3 зразків служили для тестування натренованих нейронних мереж і не використовувались для їх тренування. Ці значення вибирали з початку, середини та кінця діапазону вимірюваних значень ударної в'язкості.

Як тренувальний алгоритм у всіх мережах використовувався алгоритм Левенберга-Марквардта, що використовується для тренування невеликих мереж і характеризується швидким сходженням.

Після проведення тестувань натренованих нейронних мереж для кожної комбінації вхідних параметрів були одержані результати, аналіз яких дає змогу стверджувати, що найкращий результат визначення ударної в'язкості дали комбінації вхідних параметрів (HB , I), (Hc , I) та всіх трьох – (HB , Hc , I).

Таким чином можна зробити висновок, що використання інформативного параметра I у комплексі вхідних параметрів для визначення ударної в'язкості дає високий результат (значення середньої приведені до діапазону похибки перебуває в межах 3,47-4,11%), а з точки зору найкращого результату та мінімальної кількості технічних засобів оптимальною є комбінація вхідних параметрів твердість – інформативний параметр I (середня приведена до діапазону похибка складає 3,90%).

Четвертий розділ присвячений розробленню експериментального зразка інформаційно-виміральної системи (ІВС), апробації розробленого графоаналітичного методу розрахунку залишкового ресурсу трубопроводу з урахуванням зміни ударної в'язкості його матеріалу та ІВС.

Результати роботи були апробовані в умовах Новопсковського лінійно-виробничого управління магістральних газопроводів УМГ «Донбастрасгаз». Зокрема, було проведено успішні промислові випробування експериментального зразка інформаційно-виміральної системи І-2 (рис.2).

Робота ІВС ґрунтується на розробленому спеціалізованому програмному забезпеченні, яке реалізує алгоритми зчитування даних, розрахунку інформативного параметра та моделювання штучної нейронної мережі. Зв'язок ІВС І-2 з персональним комп'ютером здійснюється через інтерфейс USB. Живлення розробленого експериментального зразка ІВС здійснюється від внутрішньої акумуляторної батареї, а також можливе живлення від промислової мережі змінного струму 220 В $\pm 10\%$ з частотою (50 $\pm 0,5$) Гц за допомогою блока живлення. Перед вимірюванням ударної в'язкості проводять вимірювання твердості за шкалою Брінеля за допомогою серійного динамічного твердоміра, які після цього передаються через клавіатуру в блок оброблення інформації.

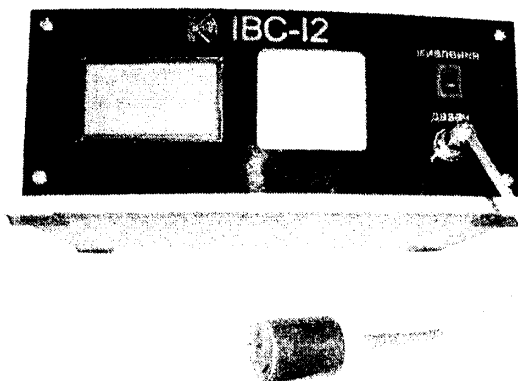


Рис.2. Загальний вигляд інформаційно-вимірювальної системи I-2

На основі проведених вимірювань ударної в'язкості металу ділянки газопроводу неруйнівним методом було виявлено її зниження. За одержаними результатами було розраховано залишковий ресурс газопроводу з урахуванням зміни ударної в'язкості згідно з розробленим графоаналітичним методом розрахунку. Розроблено проект методики (СОУ) "Методика контролювання міцнісних характеристик матеріалу металоконструкцій довготривалої експлуатації в нафтогазовій галузі".

Рекомендацію включити розроблений графоаналітичний метод у процедуру подовження безпечного терміну експлуатації, що викладена у проекті міжнародного стандарту ISO 13623 "Нафтова і газова промисловість. Системи трубопровідного транспорту", надіслано у Технічний комітет ISO 67 "Матеріали, обладнання та морські споруди для нафтової, нафтохімічної та газової промисловості".

Окрім того, матеріали роботи використано в ході розроблення Стандарту організації України 60.3-30019801-067:2009 "Магістральні газопроводи. Оцінка фактичного технічного стану потенційно небезпечних ділянок. Методи і методики", а також впроваджено в навчальний процес підготовки спеціалістів Сирійської газової компанії (акт впровадження від 18.10.2009р.).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі в ході теоретичних й експериментальних досліджень вирішено важливе науково-технічне завдання в галузі забезпечення надійної експлуатації трубопровідного транспорту – удосконалено метод технічної діагностики нафтогазопроводів, що полягає у визначенні ударної в'язкості металу неруйнівним методом та її використанні розрахунку залишкового ресурсу й одержано такі основні результати:

1 Аналіз відомих методів і засобів оцінювання фактичного технічного стану металокопструкцій тривалій експлуатації показав, що вони мають ряд обмежень щодо їх застосування, а також не завжди можуть бути використані для визначення важливих параметрів, зокрема ударної в'язкості металу труб, необхідних для розрахунку залишкового ресурсу.

2 Уточнено функціональні залежності впливу зміни ударної в'язкості металу на ресурс металокопструкції, що дало можливість запропонувати новий графоаналітичний метод розрахунку залишкового ресурсу трубопроводів, принцип якого полягає у розрахунку напруження, за якого відбувається руйнування дефекту. Розроблений метод дає змогу підвищити точність визначення безпечної терміну експлуатування трубопроводу, шляхом врахування показник деградування ударної в'язкості у відомій залежності NG-18.

3 За результатами експериментальних досліджень було встановлено наявність та характер залежності обраного комплексу параметрів (твердості, коерцитивної сили та інформативного параметру L) від ударної в'язкості, що дало можливість підвищити швидкість оцінювання зміни ударної в'язкості матеріалу металокопструкції та визначати її неруйнівним методом у процесі експлуатації.

4 Розроблено новий неруйнівний експрес метод визначення квазі ударної в'язкості матеріалу металокопструкцій довготривалої експлуатації (патент України № 42294), що дає змогу розширити кількість вимірюваних інформативних параметрів, що характеризують фактичний технічний стан металокопструкції та використовувати значення показника ударної в'язкості у розрахунку залишкового ресурсу металокопструкції.

5 Удосконалено та використано сучасні методи оброблення інформації (штучні нейронні мережі) як для встановлення оптимального комплексу параметрів контролю, так і для апроксимації значень ударної в'язкості як функції вимірюваних параметрів, що дало змогу одержати її в аналітичному та графічному виглядах.

6 Розроблено та виготовлено експериментальний зразок інформаційно-вимірювальної системи І-2 для визначення ударної в'язкості неруйнівним методом. Проведено промислово апробацію експериментального зразка ІВС в умовах Новопсковського ЛВУМГ УМГ „Донбастрансгаз”. Розроблено проект методики (СОУ) “Методика контролювання міцнісних характеристик матеріалу металокопструкцій довготривалої експлуатації в нафтогазовій галузі”. Розроблений неруйнівний метод включено до Стандарту організації України 60.3-30019801-067:2009 “Магістральні газопроводи. Оцінка фактичного технічного стану потенційно небезпечних дільниць. Методи і методики” з метою його застосування під час технічного діагностування стану матеріалу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1 Карпаш О. Удосконалення методів оцінки технологічної безпеки експлуатування нафтогазового устаткування / Олег Карпаш, Назарій Тацакович // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – №3(28). – С. 32-35.

2 Карпаш О. Теоретичні дослідження з вибору підходів до розрахунку залишкового ресурсу трубопроводу за ударною в'язкістю / Олег Карпаш, Назарій Тацакович // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – №1(30). – С. 64-68.

3 Тацакович П. Експериментальне дослідження можливості визначення ударної в'язкості перуйнівним методом / Назарій Тацакович, Олег Карпаш, Максим Карпаш // Фізичні методи та засоби контролю середовищ матеріалів та виробів (серія), вип. 14: Неруйнівний контроль матеріалів і конструкцій: Зб. наук. праць. - Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – 2009. – С. 105-110.

4 Карпаш М. Розроблення інформаційної бази даних щодо фізико-механічних характеристик сталей методами неруйнівного контролю / Максим Карпаш, Назарій Тацакович, Олег Карпаш // Методи і прилади контролю якості. – 2007. – №19. – С.17-21.

5 Карпаш М. Банк даних фізико-механічних характеристик матеріалів обладнання та інструменту нафтогазової галузі / Максим Карпаш, Назарій Тацакович, Олег Карпаш // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2008. – №3. – С. 11-13.

6 Карпаш М. Інформаційне забезпечення у сфері контролю фізико-механічних характеристик матеріалу металоконструкцій / Максим Карпаш, Назарій Тацакович, Олег Карпаш, Валентин Миндюк // Нафт. і газ. пром-сть. – 2008. – № 3. – С. 50-52.

7 Пат. 42294 Україна, МПК G01N 3/00. Спосіб неруйнівного контролю ударної в'язкості елементів металоконструкцій / Карпаш О.М., Тацакович Н.Л., Карпаш М.О., Рибіцький І.В.; заявник і власник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - № у 2009 01410; заяв. 19.02.2009; опуб. 25.06.2009, Бюл. №12. – 3с.: іл..

8 Карпаш О.М. Стан проблеми безпечного експлуатування устаткування в межах розрахункового залишкового ресурсу / О.М. Карпаш, Н.Л. Тацакович // Міцність та надійність магістральних трубопроводів: Міжнар. наук.-прак. конф., Київ, 5-7 черв. 2008 р.: тези доп. – Київ, 2008. – С. 42-43.

9 Тацакович Н.Л. Дослідження неруйнівного методу визначення ударної в'язкості / Н.Л. Тацакович, О.М. Карпаш // Техніка і прогресивні технології в нафтогазовій інженерії: Міжнар. наук.-техн. конф. молодих вчених, Івано-Франківськ, 16-20 вересня 2008 р.: анотації. – Івано-Франківськ, 2008. – С.54.

10 Тацакович Н.Л. Експериментальне дослідження можливості визначення ударної в'язкості неруйнівним методом / Н.Л. Тацакович, О.М. Карпаш, М.О. Карпаш // Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів «Леотест-2009»: 14 Міжнар. наук.-техн. конф., Славське, 16-21 лютого 2009 р.: матер. конф. – Львів, 2009. – С.75-76.

11 Тацакович Н.Л. Аналіз проблеми оцінювання зміни ударної в'язкості для розрахунку залишкового ресурсу металоконструкцій довготривалого експлуатування / Н.Л. Тацакович, О.М. Карпаш // Неруйнівний контроль та

технічна діагностика: 6-а Нац. наук.-техн. конф. і виставка, Київ, 9-12 червня 2009 р.: матер. конф. – Київ, 2009. – С. 290-291

12 Карпаш О.М. Обґрунтування вибору показника ударної в'язкості для розрахунку залишкового ресурсу металоконструкцій / О.М. Карпаш, Н.Л. Тацакович, А. Мітра // Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи: Міжнар. наук.-техн. конференція, Івано-Франківськ, 20-23 жовтня 2009 р.: анотації. – Івано-Франківськ, 2009. – С.117.

13 Магістральні газопроводи. Оцінка фактичного технічного стану потенційно небезпечних дільниць. Методи і методики : СОУ 60.3-30019801-067:2009. – [Чинний від 2009-04-27]. – К.: Укртрансгаз, 2009. – 189с.

14 Карпаш О.М. Неразрушающий контроль и техническая диагностика в нефтегазовом секторе: достижения и опыт/ О.М. Карпаш, М.О. Карпаш, А.В. Яворский, И.В. Рыбицкий, Н.Л. Тацакович // Научные основы внедрения новых технологий в эпоху нового возрождения: Междунар. науч. конф., Ашхабад, 12-14 июня 2009 р.: матер. конф. – Ашхабад, 2009. – С.166-170.

АНОТАЦІЯ

Тацакович Н.Л. Удосконалення методу технічної діагностики нафтогазопроводів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого звання кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м.Івано-Франківськ, 2010.

Дисертація присвячена питанню удосконалення методів технічної діагностики нафтогазопроводів.

Досліджено та обґрунтовано можливість і доцільність використання показника ударної в'язкості для визначення фактичного технічного стану нафтогазопроводів та розрахунку його залишкового ресурсу. Розроблено новий графоаналітичний метод розрахунку залишкового ресурсу, який полягає у визначенні напруження руйнування дефекту з урахуванням зниження ударної в'язкості металу ділянки трубопроводу. Встановлено наявність та характер залежності між вимірюваними параметрами (твердість та частота електромагнітних коливань) і фактичними значеннями ударної в'язкості матеріалу трубопроводу. На основі встановлених залежностей розроблено новий неруйнівний метод визначення ударної в'язкості матеріалу, який дає можливість розширити кількість вимірюваних інформативних параметрів, що характеризують фактичний напрямки реалізації запропонованого методу шляхом розроблення експериментального зразка інформаційно-вимірювальної системи для визначення ударної в'язкості матеріалу трубопроводу.

Ключові слова: механічні характеристики, трубопроводи, ударна в'язкість, деградація, штучні нейронні мережі, інформаційно-вимірювальна система.

АННОТАЦИЯ

Тацакович Н.Л. Усовершенствование метода технической диагностики нефтегазопроводов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученого звания кандидата технических наук по специальности 05.15.13 - Трубопроводный транспорт, нефтегазохранилища. - Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, г.Ивано-Франковск, 2010.

Диссертация посвящена вопросу усовершенствования методов технической диагностики нефтегазопроводов.

Исследована и обоснована возможность и целесообразность использования показателя ударной вязкости для определения фактического технического состояния нефтегазопроводов и расчета его остаточного ресурса. Разработан новый графоаналитический метод расчета остаточного ресурса, который заключается в определении напряжения разрушения дефекта с учетом снижения ударной вязкости металла участка трубопровода. Установлено наличие и характер зависимости между измеряемыми параметрами (жесткость и частота электромагнитных колебаний) и фактическими значениями ударной вязкости материала трубопровода. На основании установленных зависимостей разработан новый неразрушающий метод определения ударной вязкости материала, позволяющий расширить количество измеряемых информативных параметров, характеризующих фактическое техническое состояние металлоконструкций долговременной эксплуатации. Определены пути реализации предложенного метода путем разработки экспериментального образца информационно измерительной системы для определения ударной вязкости материала трубопровода.

Ключевые слова: механические характеристики, трубопроводы, ударная вязкость, деградация, искусственные нейронные сети, информационно-измерительная система.

ABSTRACTS

Tatsakovych N.L. Improvement of technical diagnostics method of oil and gas pipelines. – Manuscript.

Dissertation on competition of scientific degree of the candidate of engineering sciences at speciality 05.15.13 – Pipeline transportation systems, oil and gas storages. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2010.

Dissertation is devoted to the problem of improvement of technical diagnostics method of oil and gas pipelines.

It is investigated and substantiated the possibility and feasibility of impact strength parameter to determine the actual technical state of pipelines and assess its remaining life. A lot of experimental studies of Ukrainian and foreign scientists showed a significant change of metal's impact strength for long term operation. It is determined

that thus change is characterized by two intervals - at the first interval the impact strength varies little (10-15 years of operation), the second - is more significant declines. The transition between the first and second intervals in most cases depends on the material, operation conditions and therefore is an individual for a particular pipeline.

A descriptive physical model of the effect of metal's impact strength changes on the pipeline's actual technical state is developed. This model is based on several factors, namely the reduction of impact strength due to aging, fracture toughness reduction and increasing the ductile-to-brittle transition temperature to a range of operating temperatures. Causes of metal aging lie in structural changes, related primarily to the dynamics of dislocation structure, decomposition cementite component, the redistribution of carbon and nitrogen atoms, microstrains accumulation, increasing of internal stresses in the metal structure. The aging process conditions depend on the structural parameters of material, operating temperature and stress level in the pipe wall. The main problem of this metal is increasing its sensitivity to stress concentrators and defects and to the formation of the metal destruction locations. Based on experimental data and graphical dependencies and given the main provisions of the model, under which, the actual technical state of the pipeline is determined by the number of factors, the function for describing the remaining life of pipeline is proposed. This function represents the general principle of technical state evaluation and remaining life assessment considering the metal's impact strength change.

The developed model allows proposing a new grapho-analytical method for calculating the remaining life of pipelines with a defect. The principle of the new method is to calculate stress, in which the pipe defect will failure. The index of impact strength change over the operation time is inputted in the famous equation NG-18. By the new grapho-analytical method it is possible to determine the time at which defect failure stress (determined using equation NG-18 considering impact strength reduction over operation time) will reach the actual stress of pipe wall. Validation of the method was carried out at crude data from the pipeline with lower impact strength and corrosion.

In order to develop a new method for evaluation the actual technical state of gas pipelines considering impact strength reduction the approach based on the management of several informative parameters is developed. The relationships with mechanical characteristics are established for these informative parameters. The complex of experimental investigations was carried out to establish the existence and form of the relationship between the measurable parameters (hardness, coercive force and electromagnetic oscillations frequency of inductive transducer) and the actual values of impact strength of the pipeline material. In order to establish an optimal set of parameters for control and approximation of impact strength as a function of measurable parameters, which helped get its analytical and graphic form, the modern methods of data processing (artificial neural network) was improved and used. On the basis of the dependencies a new non-destructive method for determining the impact

strength of the material was developed. This method expands the number of informative measurable parameters that characterize the actual state of long-term operation metalware.

To increase the information content of the developed non-destructive method and its applicability for pipe steels the additional tests for impact strength determining were carried out. Samples temperature was around 0 degrees Celsius. Samples were with the V-notch. There was an investigation for the choice of optimal frequency of inductive transducer electromagnetic oscillations. For this purpose the experimental unit was developed. It allows measuring the frequency of electromagnetic oscillations (informative parameter I) with high accuracy. Optimal frequency of electromagnetic oscillations (25 kHz) was chosen as a result of correlation analysis between impact strength and informative parameter values measured at different frequencies.

The development of experimental sample of information and measuring system is one of the ways for work results implementation.

Work results were approved within the contract of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas with Main Pipeline Department "Donbastrotransgas" under the conditions of Novopskov Local Gas Transmission Facility. In particular, it was carried out successful industrial tests of information measuring system. The decreasing of pipeline material impact strength was discovered by non-destructive method. The remaining life of the pipeline considering impact strength change was calculated based on the obtained data.

It is recommended to include developed grapho-analytical method in the procedure of safe operation life extension that is laid out in the draft international standard ISO 13623 Petroleum and natural gas industries – Pipeline transportation systems. Recommendations are sent to the ISO Technical Committee 67 "Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries:.

In addition, thesis materials were used by the development of Standard of Ukraine 60.3-30019801-067:2009 "Main gas pipelines. Assessment of the actual technical state of critical areas. Methods and techniques" (order by SC Ukrtransgas" № 126 from 27.04.2009) and implemented in the educational process of Syrian Gas Company specialists training (the act of implementation from 18.10.2009).

Key words: mechanical properties, pipelines, impact strength, degradation, artificial neural networks, information-measuring system.

