

УДК 004:620:621.317

## АСПЕКТИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДБОРУ ДАНИХ ПРО НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

© Микитин Галина<sup>1, 2</sup>, Іваницький Ярослав<sup>1</sup>, Штаюра Степан<sup>1</sup>, Дмитрів Зіновій<sup>1</sup>, 2011

<sup>1</sup>Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка,  
79601, м. Львів, вул. Наукова, 5

<sup>2</sup>Національний університет "Львівська політехніка", кафедра захисту інформації,  
79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

*Розроблено ідеологію визначення параметрів напружено-деформованого стану (НДС) конструкційних матеріалів. Створено методологію вимірювання параметрів НДС засобами інформаційної технології відбору даних про об'єкт дослідження. Запропоновано системну модель метрологічного забезпечення вимірювання параметрів НДС матеріалів тензометричним методом.*

*Разработано идеологию определения параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкционных материалов. Создано методологию измерения параметров НДС средствами информационной технологии отбора данных об объекте исследования. Предложено системную модель метрологического обеспечения измерения параметров НДС материалов тензометрическим методом.*

*Parameters determination ideology of the stress-strain state (SSS) structural materials was worked out. Measuring parameters methodology of the SSS per information technology data selection test subject was created. System model of measurement assurance of the SSS materials parameters measurement by strain method was introduced.*

**1. Актуальність проблеми визначення параметрів напружено-деформованого стану матеріалів.** Проблему визначення параметрів напружено-деформованого стану (НДС) конструкційних матеріалів, розроблення методів оцінювання роботоздатності елементів енергетичного обладнання, створення методологій оцінювання залишкового ресурсу потенційно небезпечних об'єктів за експлуатаційних умов – впливу температури, механічного навантаження, водню тощо розглядають у багатьох фундаментальних та прикладних дослідженнях на рівні створення підходів, методик, стандартів [1–9]. Сьогодні відомі наукові методології, які не завжди поєднують елементи матеріалознавства, підходи механіки руйнування, методи неруйнівного контролю (НК), способи вимірювання, тому мають певні особливості. Наприклад, активні методи НК матеріалів – коерцитивної сили, магнітної анізотропії, на основі ефекту Баркгаузена не враховують фактичного енергетичного стану об'єкта контролю, оскільки інформативність зовнішнього фізичного поля не відображає змін властивостей і параметрів НДС матеріалу, зумовлених його взаємодією з власним полем металу, відповідно невідома зона концентрації механічного напруження як основного джерела розвитку одного з дефектів – тріщини.

Відбір сигналів від власних фізичних полів металоконструкцій пасивними методами НК – акустичної емісії (АЕ), магнітної пам'яті металу (МПМ) дає змогу отримати фактичну інформацію про НДС об'єкта. В роботах [4, 5] запропоновано методологію визначення характеристик тріщиностійкості конструкційних матеріалів з використанням методу АЕ, який регламентує відбір сигналів АЕ від тріщин, вибір ефективних параметрів сигналів АЕ, вибір робочої частоти приймального тракту приладу, розміщення перетворювача АЕ. Методологія НК на основі методу МПМ і магнітометричних приладів, які визначають зони концентрації напружень (ЗКН), що зосереджені на глибині та в об'ємі металу, а на поверхні трансформуються у тріщини, запропонована в роботі [10]. Оцінюють НДС матеріалу за процедурою порівняння природної намагніченості – МПМ та еталонного зразка – магнітограми, зареєстрованої у ділянках із задовільним станом металу без ЗКН. Напружено-деформований стан композитних матеріалів визначають оптичним методом НК – цифрової спекл-кореляції (ЦСК) [11]. Поверхневі переміщення і деформації зразків визначають за схемою формування спекл-зображень у розсіяному світлі, яке відбивається від оптично шорсткої поверхні. У роботі [12] показано різні

макромеханізми поширення тріщини у матеріалі, які надалі можна використати для створення методики визначення параметрів НДС. Для реалізації наведених методологій використовують стандартизовані методики механічних випробувань, відповідні методи і засоби НК та вимірювання. У них відсутня узгоджена структура взаємозв'язку та взаємодії елементів механіки руйнування, неруйнівного контролю, вимірювання, метрологічного забезпечення відповідно до моделі об'єкта (типу тріщини) та адекватного оцінювання його стану. Ефективним і достовірним з позиції прийняття рішення про стан об'єкта технічного діагностування та відповідно управління технологічними процесами є системний методологічний підхід до визначення параметрів напружено-деформованого стану конструкційних матеріалів [13].

Постановка завдання: 1) запропонувати ідеологію визначення параметрів НДС конструкційних матеріалів з метою подальшого розроблення методології і методики оцінювання залишкового ресурсу потенційно небезпечних об'єктів на основі аналізу та синтезу – підходів механіки руйнування, методів НК, засобів інформаційної технології відбору й оброблення сигналів відповідно до проблемно-об'єктної ситуації; 2) розробити методологію вимірювання параметрів НДС зразків матеріалів засобами інформаційної технології реєстрації вимірювальних сигналів тензометричним методом на підставі: підходів, критеріїв механіки руйнування; основних мікромеханізмів поширення тріщини; відповідних зразків і силових схем механічних випробувань; 3) створити системну модель метрологічного забезпечення вимірювання параметрів НДС конструкційних матеріалів, щоб оцінити точність результатів вимірювань з урахуванням джерел їхньої невизначеності.

**2. Ідеологія визначення параметрів НДС матеріалів.** Основою запропонованої ідеології визначення параметрів напружено-деформованого стану конструкційних матеріалів даних є: проблемно-об'єктна ситуація, інформаційна технологія відбору й оброблення даних та метрологічне забезпечення вимірювання фізичних величин. Структура проблемно-об'єктної ситуації відповідної предметної сфери ґрунтується на трьох методологічних рівнях (рис. 1). Перший рівень – визначення робоздатності конструкційних матеріалів, елементів енергетичного обладнання в умовах експлуатації (впливу температури,

водню, складного механічного навантаження та інших факторів) – це проблема дослідження предметної сфери. Другий рівень – вимірювання фізичних величин, пов'язаних з параметрами НДС об'єктів, об'єднує неруйнівний контроль та механіку руйнування матеріалів у категорії задач реєстрації сигналів від об'єкта дослідження методами і засобами інформаційних технологій. Третій рівень – оцінювання відповідності фізико-механічних параметрів об'єктів контролю (технічного діагностування) заданим вимогам згідно із системою гармонізованих стандартів та системою сертифікації якості енергетичного і технологічного обладнання. Структура ідеології визначення параметрів НДС конструкційних матеріалів має три рівні (рис. 2). Перший рівень – методологічний, відображає логічну послідовність експериментальної реалізації процедури та методології вимірювання параметрів НДС матеріалів засобами інформаційної технології відбору й оброблення вимірювальних сигналів та методами метрологічного забезпечення і, на цій основі, розроблення методології оцінювання залишкового ресурсу потенційно небезпечних об'єктів. Другий рівень – методичний – охоплює задачі створення відповідних методик щодо визначення параметрів НДС об'єкта на основі його моделей, надалі розроблення методичних вказівок з оцінювання залишкового ресурсу об'єкта експлуатації. Третій рівень – нормативний – це державні, міждержавні, гармонізовані з міжнародними стандартами, згідно з якими реалізується як методологія і методика визначення параметрів НДС матеріалів, так і методологія та методика оцінювання залишкового ресурсу об'єктів експлуатації.

**3. Аспекти інформаційної технології відбору даних про НДС конструкційних матеріалів.** Основою процедури контролю стану складного технічного об'єкта є процедура вимірювання фізичних величин, пов'язаних з параметрами контролю. Основою процедури вимірювання є методологія, яка орієнтована на питання: що, як і чим вимірюємо? У цьому розумінні запропоновано методологію вимірювання параметрів НДС матеріалів, яка: поєднує елементи силового підходу механіки руйнування, електричного виду НК, тензометричного методу вимірювання; узгоджує вимоги механічних випробувань та вимоги методу тензометрії; забезпечує точність відбору й оброблення сигналу деформації від циліндричного зразка матеріалу за нормального відриву. Вона відображає:

модель об'єкта, модель процедури вимірювання, спосіб вимірювання, фізичний ефект відбору інформації, а відповідно і метод, обґрунтовані критерії вибору первинного вимірювального перетворювача, засіб вимірювання, алгоритм опрацювання сигналу деформації. Розглянемо деякі аспекти виконання вимірювання параметрів НДС матеріалів згідно з нормативними документами [14, 15]. Процедура визначення характеристик статичної тріщиностійкості металів реалізується за допомогою: тензометричного

методу; інформаційної технології відбору й оброблення даних – експериментальної установки для механічних випробувань зразків конструкційних матеріалів; вимірювальної інформаційної системи (ВІС) реєстрації сигналів деформації давачами – навантаження, розкриття тріщини, тензорезистивними [16–18]. На рис. 3 наведено структурну схему одного з тензометричних вимірювальних каналів (ВК) системи реєстрації величини деформації за силовою схемою розтягування циліндричного зразка сталі 20.

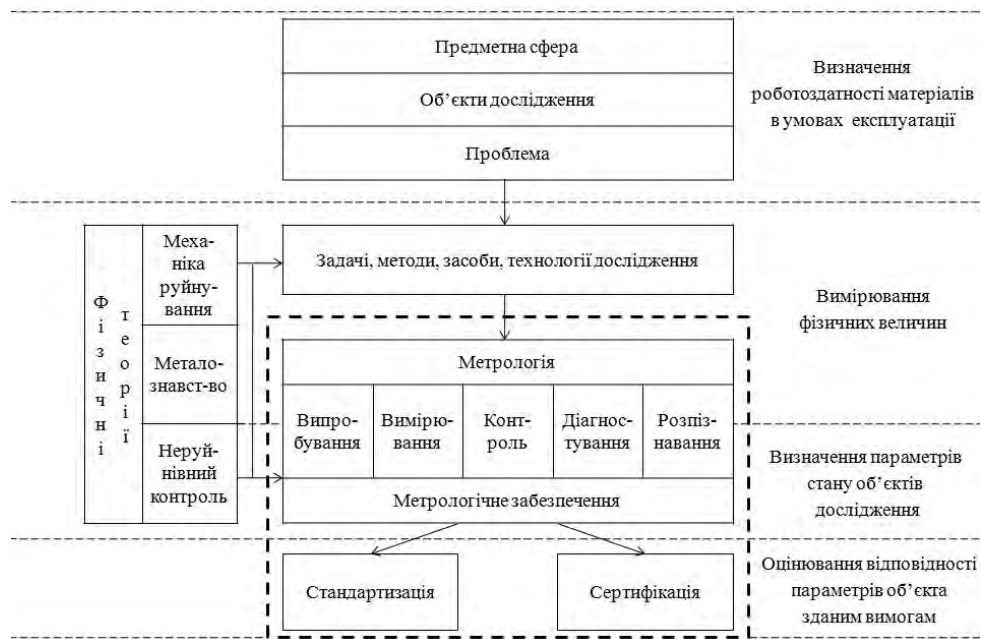


Рис. 1. Проблемно-об'єктна ситуація: вимірювання та неруйнівний контроль у механіці руйнування матеріалів



Рис. 2. Структура ідеології визначення параметрів напружено-деформованого стану матеріалів

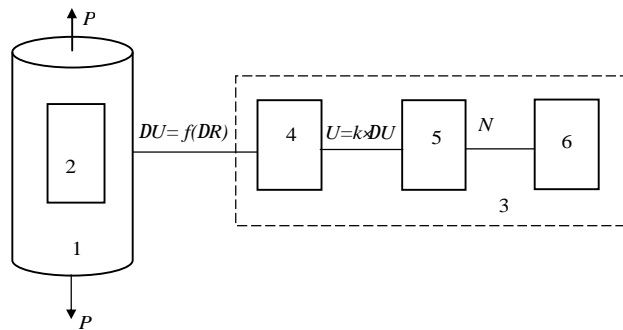


Рис. 3. Структурна ВК системи реєстрації сигналу деформації конструкційного матеріалу

На ОД 1 розташований тензорезистивний давач 2. ВК системи 3 складається із широкосмугового вимірювального підсилювача (ШВП) 4, аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 5, персонального комп'ютера (ПК) 6. Вимірювання величини зусилля за деформацією матеріалів тензометричним методом охоплює такі метрологічні аспекти:

1) з метою вимірювання фізичних величин, пов'язаних з параметрами НДС певного типу матеріалу, запропоновано модель об'єкта – сигнал деформації за умов статичного розтягування циліндричного зразка;

2) для відображення залежності між результатом вимірювання та вимірюваною величиною з урахуванням взаємодії об'єкта та засобу вимірювання розроблено модель вимірювання адекватно до моделі об'єкта, яка передбачає обґрунтування: фізичного ефекту; способу, методу, засобу вимірювання;

3) основою принципу роботи первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) або давачів є тензоефект: зміна активного опору провідника (напівпровідника) під дією деформації  $\epsilon$

$$\frac{\Delta R}{R} = S_T \frac{\Delta l}{l},$$

де  $\frac{\Delta R}{R}$  – відносна зміна опору провідника;  $S_T$  –

коефіцієнт тензочутливості;  $\frac{\Delta l}{l}$  – відносна деформація провідника;

4) для точного відбору інформації про НДС матеріалу необхідно застосувати критерії обґрунтованого вибору технічних і метрологічних характеристик ПВП – тензорезисторів: тип тензорезистора; схема увімкнення для забезпечення термокомпенсації; розташування на об'єкті та технологія наклеювання;

тензочутливість; плинність; механічний гістерезис; температурна нестабільність; група динамічних характеристик;

5) для визначення величин напруження  $\sigma$ , деформації  $\epsilon$  використовують непрямий вид вимірювання фізичних величин – зусилля  $P$ , напруги  $U$ , які аналітично пов'язані з НДС матеріалу (згідно з рис.2):

5.1) під дією зусилля  $P$  відбувається деформація мембрани давача, що викликає зміну опору  $DR$  мостової схеми тензорезисторів; призводить до зміни напруги  $DU$  на виході перетворювача (за умов: у мостовій схемі ПВП – однакові опори; тензорезистивний давач розташований поза ВК)

$$\Delta U = U_{жс} \cdot \frac{\Delta R}{4R} = \frac{1}{4} \cdot \frac{I_{жс} \cdot P}{S_T},$$

де  $U_{жс}$ ,  $I_{жс}$  – відповідно напруга і струм живлення моста;

5.2) підсилений сигнал

$$U_{відс} = k \Delta U,$$

де  $k$  – коефіцієнт підсилення;

5.3) на виході АЦП підсилений сигнал  $U_{відс}$  перетворюється на двійковий код

$$N = \frac{k \cdot \Delta U \cdot 2^n}{U_o}, \quad N = \frac{1}{4} \cdot \frac{k \cdot I_{жс} \cdot 2^n}{S_T \cdot U_o} \cdot P,$$

де  $n$  – розрядність регістра послідовного наближення АЦП;  $U_o$  – опорна напруга АЦП; за результатами вимірювань отримуємо діаграму: зусилля  $P$  – напруга  $U$ ;

5.4) після закінчення процесу аналого-цифрового перетворення вся інформація про результат перетворення вхідних сигналів зберігається в пам'яті ПК і є основою для подальшого опрацювання сигналу деформації;

5.5) алгоритмічно-програмне забезпечення системи дає змогу знайти критичне значення коефіцієнта

інтенсивності напруження (КІН)  $K_{Ic}$  за статичного навантаження

$$K_{Ic} = s^* \sqrt{pl} f(l),$$

де  $s^*$  – критичне значення механічного напруження конструкційного матеріалу

$$s^* = \frac{P_{\max}}{S},$$

де  $P_{\max}$  – максимальне значення прикладеного зусилля;  $S$  – площа поперечного перерізу досліджуваного зразка;  $f(l)$  – безрозмірна функція, яка враховує форму і розміри зразка;

б) обґрунтований вибір методу вимірювання (сукупності способу використання, принципу і засобу вимірювання); у межах класифікації – це метод зіставлення: метод прямого вимірювання з одноразовим порівнянням вимірюваної величини з усіма вихідними величинами багатозначної нерегульованої міри;

7) обґрунтований вибір способу вимірювання фізичних величин – оптимальної схеми вимірювального експерименту з метою забезпечення необхідних метрологічних характеристик;

8) для перетворення підсиленого вхідного сигналу на двійковий код використовується аналого-цифрове перетворення за методом послідовного наближення: послідовне в часі порівняння вимірюваної величини напруги  $U$  з відомою квантованою величиною  $U_{кв.}$ , яка змінюється в часі стрибкоподібно за певним правилом; значення відомої величини, за якого справджується рівність  $U_{кв.}(t_{вим.}) = U$  відповідає номеру відповідного рівня квантування; код  $N$  відповідає зазначеному рівню; переваги – висока швидкість і розрядність;

9) для точного знаходження вимірюваної величини зусилля, пов'язаної з деформацією, використовується: тензометричний метод, схема тарування давачів навантаження (під час розтягування зразка);

10) побудова діаграми: зусилля  $P$  – розкриття вершини тріщини  $V$  і, на цій основі, визначення характеристики статичної тріщиностійкості матеріалу – КІН залежно від довжини тріщини  $l$  за нормального відриву реалізується за відповідним алгоритмічно-програмним забезпеченням.

На рис. 4 наведено інформаційну технологію відбору даних від об'єкта дослідження: експериментальна установка для механічних випробувань зразків конструкційних матеріалів з одновісним навантаженням; модифікована інформаційна система реєстрації та оброблення вимірювальних сигналів [19].

Діаграма зусилля  $P$  – приріст подовження  $\Delta l$  робочої частини зразка для визначення механічних характеристик, зокрема: фізичної межі плинності  $S_T$ ; межі міцності (тимчасового опору)  $S_B$ ; розкриття вершини тріщини, відносного подовження  $d$ ; відносного звуження поперечного перерізу зразка після розриву  $U$  методом статичних випробувань зразка сталі 08 кп на розтягування показана на рис. 5 [16]. Діаграма зусилля  $P$  – розкриття вершини тріщини  $V$  для визначення характеристик статичної тріщиностійкості циліндричного зразка сталі 20 за силового підходу механіки руйнування матеріалів та мікромеханізму нормального відриву – реалізована методами і засобами інформаційної технології та зображена на рис. 6 [17].



Рис. 4. Інформаційна технологія відбору і оброблення даних про НДС конструкційних матеріалів

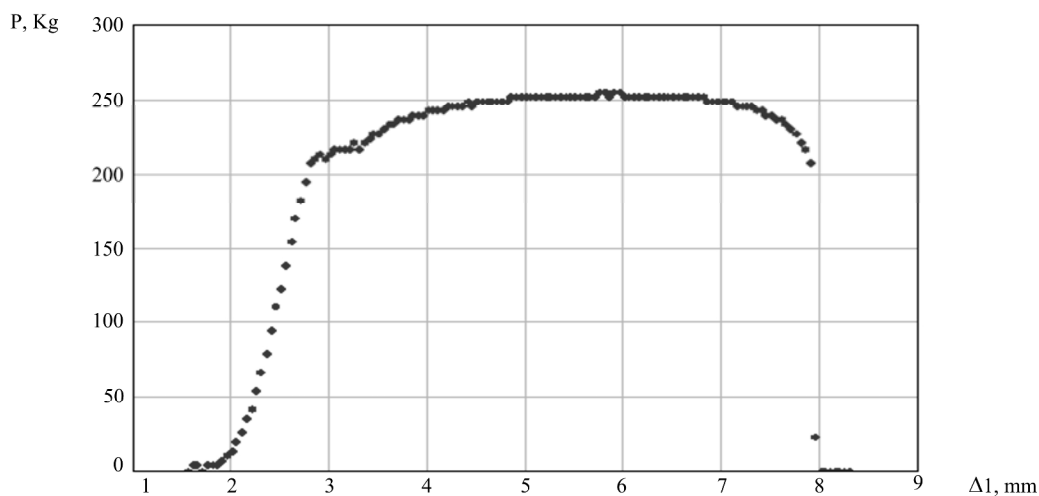


Рис. 5. Діаграма зусилля  $P$  – приріст подовження  $\Delta l$  робочої частини зразка сталі 08кп для визначення механічних характеристик

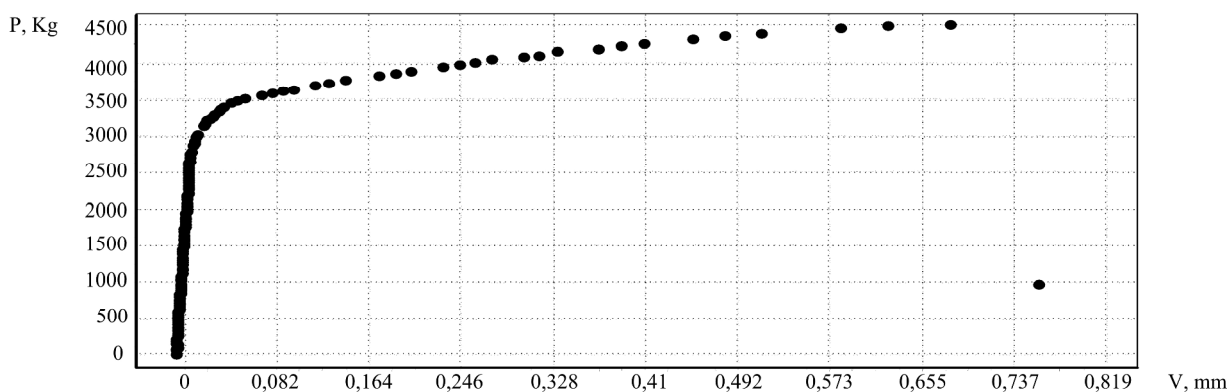


Рис. 6. Діаграма зусилля  $P$  – розкриття вершини тріщини  $V$  для визначення характеристик статичної тріщиностійкості за одновісного навантаження циліндричного зразка сталі 20

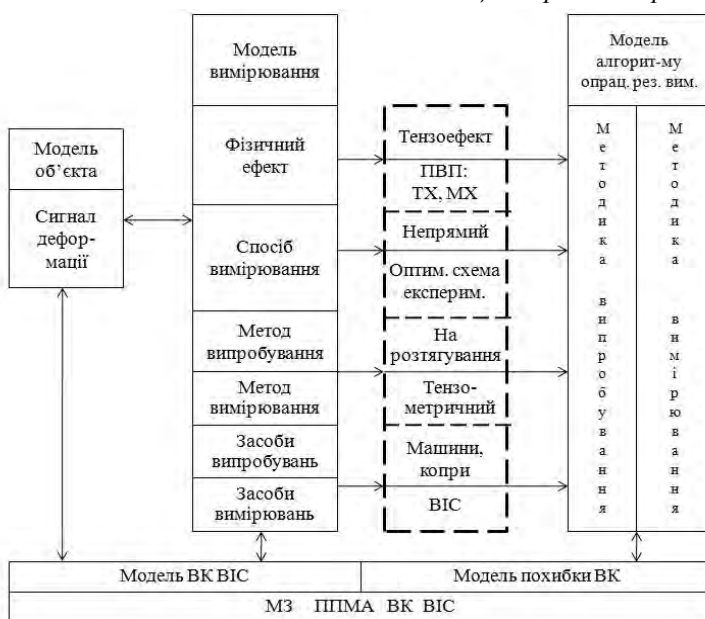


Рис. 7. Системна модель метрологічного забезпечення вимірювання параметрів НДС матеріалів

Методологія визначення параметрів НДС металоконструкцій, яка є основою для створення методики визначення характеристик тріщиностійкості матеріалів та методики оцінювання залишкового ресурсу об'єкта експлуатації. Вона має: властивість цілісності з позиції аналізу, синтезу та обґрунтування застосування методів, засобів вимірювання та методів, засобів неруйнівного контролю у механіці руйнування; властивість модифікації з позиції вибору підходів і критеріїв руйнування матеріалів, що трансформує її в ієрархію методик визначення характеристик тріщиностійкості зразків адекватно мікромеханізмам поширення тріщини (нормальний відрив, поперечний зсув, поздовжній зсув) та силовим схемам механічних випробувань, зберігаючи метрологічну узгодженість зі стандартизованими методиками механічних випробувань.

**4. Системна модель метрологічного забезпечення вимірювання параметрів НДС конструкційних матеріалів тензометричним методом.** Для досягнення точності та єдності вимірювань пропонується системна модель метрологічного забезпечення визначення параметрів НДС конструкційних матеріалів тензометричним методом на основі розробленої структури МЗ та концептуального підходу до МЗ [20, 21] (рис. 7).

В основі системної моделі – модель ВК системи реєстрації вимірювальних сигналів та модель похибки ВК, які, своєю чергою, ґрунтуються на узгоджених моделях – об'єкта дослідження, вимірювання, алгоритму опрацювання результатів вимірювання з урахуванням джерел їхньої невизначеності, наприклад: неточності значень, які приписані еталонам, мірам фізичних величин чи стандартним зразкам, що застосовуються під час вимірювання; неточності засобів вимірювання; випадкових впливів; ефектів взаємодії об'єкта вимірювання із засобом вимірювання тощо [22, 23].

**Висновки.** Запропонована ідеологія визначення параметрів напружено-деформованого стану металоконструкцій синтезовано відображає процес дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів за підходами і критеріями механіки руйнування, мікромеханізмами поширення тріщини у матеріалі – методами і засобами неруйнівного контролю та інформаційними технологіями вимірювання відповідно до проблемно-об'єктної ситуації.

Розроблена методологія вимірювання параметрів НДС зразків конструкційних матеріалів засобами інфор-

маційної технології реєстрації даних від об'єкта дослідження є основою для створення методики визначення характеристик тріщиностійкості згідно з методикою випробувань зразків матеріалів на розтягування у межах системи чинних стандартів у сферах неруйнівного контролю, вимірювання і механіки руйнування.

Створена системна модель метрологічного забезпечення вимірювання параметрів НДС методологічно узгоджує рівні моделей: об'єкта дослідження, процедури, засобу вимірювання, оцінювання результатів з урахуванням джерел невизначеності вимірювання.

1. Панасюк В.В. *Формування нового наукового напрямку - фізико-хімічна механіка матеріалів* // *Фіз.-хім. механіка матеріалів*. – 2010. – 46, № 2. – С. 9–20.
2. *Механіка руйнування і прочність матеріалів: справ. посібник: В 4-х т./ Под общ. ред. В.В. Панасюка*. – К.: Наук. думка, 1988 – 1990.
3. *Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.; под ред. В.В. Клюева*. – М.: Машиностроение, 1995. – 448 с.
4. Лисак М.В., Сокальський В.Р. *Методичний підхід для експериментальної акустико-емісійної оцінки тріщинотривкості конструкційних матеріалів* // *Фізико-хімічна механіка руйнування*. – № 5. – 1997. – С. 17 – 30.
5. *Механіка руйнування і міцність матеріалів: довідниковий посібник; за заг. ред. В.В.Панасюка*. Т. 5: *Неруйнівний контроль і технічна діагностика / Під ред. З.Т. Назарчука*. – Львів: ФМІ, 2001. – 1134 с.
6. *Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд і машин* // *Збірник наукових праць за результатами, отриманими у 2007 – 2009 рр.* – Київ: Інститут електрозварювання ім. О.Є. Патона НАН України, 2009. – 709 с.
7. Назарчук З.Т., Скальський В.Р. *Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій: наук.-техн. посібник: У 3-х томах*. Т.2: *Методологія акустико-емісійного діагностування*. – К.: Наукова думка, 2009. – 263 с.
8. Муравський Л.І. *Методи спекл-кореляції для дослідження механічних властивостей конструкційних матеріалів*. – К.: Наукова думка, 2010. – 208 с.
9. ГОСТ Р 52330-2005. *Контроль неразрушающий. Контроль напряженно-деформированного состояния объектов промышленности и транспорта. Общие требования*.
10. Дубов А.А., Дубов Ал. Ан., Колокольников С.М. *Метод магнитной памяти и приборы контроля*. – М.: ЗАО “Тиссо”, 2006. – 332 с.
11. Панасюк В.В., Іваницький Я.Л., Максименко О.П. *Аналіз пружно-пластичного деформування матеріалу зони передруйнування* // *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. – № 5. – 2004. – С. 67 – 72.
12. Штаюра С. Т., Костів Р. Б.,

Ленковський Т. М. Вплив водню на міцність матеріалів за різних макромеханізмів поширення тріщини // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів: В 2-х т./ Львів: ФМІ НАНУ. – 2010. – Т.1. – С. 106 – 110. 13. Микитин Г.В. Методологічні засади для інформаційної технології відбору даних про напружено-деформований стан конструкційних матеріалів // Вимірювальна техніка і метрологія. – № 71. – 2010. – С. 45-51 14. ДСТУ 2865-94. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення. 15. ГОСТ 8.010-99. ГСИ. Методика выполнения измерений. Основные положения. 16. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. 17. ГОСТ 25. 506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. 18. Р 50-54-45-88. Расчеты и испытания на прочность. Экспериментальные методы определения напряженно-деформированного

состояния элементов машин и конструкций. Метод натурной тензометрии энергетического оборудования. 19. ДСТУ 4675: 2006. Розрахунки і випробування на міцність. Методика визначення характеристик динамічної тріщиностійкості металів за нормального відриву за температури від мінус 196° С до 400° С. 20. Іваницький Я. В., Штаюра С. Т., Микитин Г. В., Дмитрів З. В. Метрологічне забезпечення вимірювання параметрів напружено-деформованого стану матеріалів тензометричним методом // Матеріали 15-ї Міжнародної конференції “Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів”. – Славське, 15–20 лютого 2010. – С. 93 – 94. 21. Микитин Г. В. Основи метрології: навч. посібник. – Львів: СПОЛОМ, 2008. – 296 с. 22. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First edition. – ISO, Switzerland, 1993 (GUM). 23. ДСТУ-Н РМГ 43-2006. Метрологія. Застосування “Настанови з оцінювання невизначеності у вимірюваннях”.

УДК 536.66:53.058

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Ї Мотало Андрій<sup>1</sup>, Мотало Василь<sup>2</sup>, 2011

<sup>1</sup> ГПУ “Львівгазвидобування”, вул. Рубчака, 27, Львів, 79026, Україна,

<sup>2</sup> Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій, вул. С.Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

**Розглянуті чинні у сучасній газометрії методи вимірювання питомої теплоти згоряння (теплотворної здатності) природного газу. Запропоновано і проаналізовано методика оцінювання точності вимірювання питомої теплоти згоряння природного газу калориметричним методом за допомогою визначення непевності отриманих результатів вимірювань.**

**Рассмотрены действующие у современной газометрии методы измерения удельной теплоты сгорания (теплотворной способности) природного газа. Предложена и исследована методика оценивания точности измерения удельной теплоты сгорания природного газа калориметрическим методом путем расчета неопределенности полученных результатов измерений.**

**The methods of natural gas specific calorific value (calorific power) measurements which are valid in the up-to-date gasometry are considered. The methodology of evaluation of precision of natural gas specific calorific value measurements by a calorimetric method is proposed and analyzed. The methodology is based on determining of uncertainty of received results of measurements.**

**Вступ.** Найбільшою сферою використання природного газу (ПГ) сьогодні є промислове та комунально-побутове господарство, в яких газ використовується як паливо. Найважливішою якісною характеристикою

газу в цьому випадку є кількість тепла, що виділяється під час згоряння певного об'єму газу [1].

Основним показником якості ПГ, який визначає його енергетичну цінність, є *питома об'ємна теплота*