

*Л.В. Коломієць, д.т.н., проф.,
(Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Україна)
О.Ю. Шепель, аспірантка
(Національний авіаційний університет, Україна)*

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

В роботі запропоновано структуру автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи контролю за станом магістральних трубопроводів з підвищеними метрологічними характеристиками.

При вирішенні задач технічної діагностики магістральних трубопроводів (МТ) виникає необхідність в оптимізації та забезпеченні максимальної точності діагностування, що в свою чергу мінімізує зміну структурного стану металу труб.

Однією з умов забезпечення надійної та ефективної експлуатації системи трубопровідного транспорту є створення автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи (АІВС).

Актуальність розробки АІВС обумовлена складністю методики розрахунку міцності та довговічності обладнання з урахуванням результатів неруйнівного контролю. Проведення експертизи по АІВС є тривалим і трудомістким процесом. Це пов'язано з тим, що методика містить комплекс заходів щодо збору даних про досліджуваний об'єкт, а також численні математичні обчислення. Внаслідок цього існує ймовірність виникнення помилок і неточностей в процесі проведення експертизи. Це може призвести до необгрунтованої перебраковки (заборони на експлуатацію елементів конструкцій, зокрема труб газотранспортних чи нафтотранспортних систем з допустимими дефектами) і недобраковки (допуску до експлуатації з неприпустимими дефектами).

Отримані результати аналізу свідчать, що оцінка міцності труб при технічному діагностуванні відрізняється від розрахунків на міцність при проектуванні [1]. Основна мета технічного діагностування досліджуваного об'єкту тривалої експлуатації полягає в підтвердженні його працездатності на практиці. Вимоги, викладені в нормативно-технічних документах щодо виготовлення трубопроводів є досить жорсткими і не враховують той факт, що в процесі експлуатації під впливом сумісної дії механічних навантажень і корозійних робочих середовищ відбувається деградація властивостей металу, що призводить до утворення в матеріалі труб тріщиноподібних дефектів.

Внаслідок цього, трубопроводи тривалої експлуатації, можуть не відповідати вимогам документів на проектування. Технічна діагностика відповідних елементів конструкцій повинна оцінювати повноту використання коефіцієнтів запасу (коефіцієнти, які повинні компенсувати можливі неточності і дефекти, допущенні при виготовленні та/або придбанні в процесі експлуатації, забезпечити міцність, надійність і працездатність об'єкту). Найчастіше на діагностику стану досліджуваного об'єкту відводяться стислі терміни, що обумовлює прискорені темпи досліджень і, як правило, не дозволяє отримати об'єктивну загальну картину стану досліджуваного об'єкту. У зв'язку з цим зростає ймовірність формування некоректних експертних висновків, пов'язаних з неточностями при зборі даних і помилками на етапі обчислення [2].

Розглянемо структуру АІВС, що представляє собою цілісну і повноцінну систему, яка складається зі взаємозалежних і взаємодоповнюючих елементів (підсистем). Основною функціональною характеристиками АІВС є керування оптимізацією роботи обладнання і технологічного процесу за діагностичними ознаками. Ідентифікація ознак, які діагностують, дасть змогу впливати на причини, що їх викликали, задовго до появи граничних відхилень параметрів працюючого устаткування і технологічного процесу. При цьому система

керування оптимізацією параметрів технічної діагностики устаткування і технологічного процесу повинна діагностувати, управляти й оптимізувати роботу обладнання і технологічного процесу в умовах появи незначних відхилень режимів роботи.

Крім основних елементів система містить підсистему контролю некоректних дій і підсистему інформаційно-довідкової підтримки для підвищення точності регулювання і рівня технічної експлуатації. Система має зовнішні зв'язки з такими елементами, як «Досліджуваний об'єкт», «Експерт», «Персональний комп'ютер», «Мікропроцесор» та «Постійна пам'ять». Взаємодія АІВС з вище зазначеними елементами припускає використання системи для одержання вихідних даних, що характеризують пошкодження та відповідно визначення придатності до подальшої експлуатації досліджуваного об'єкта. На рис. 1 представлена структура АІВС, її внутрішні та зовнішні зв'язки.

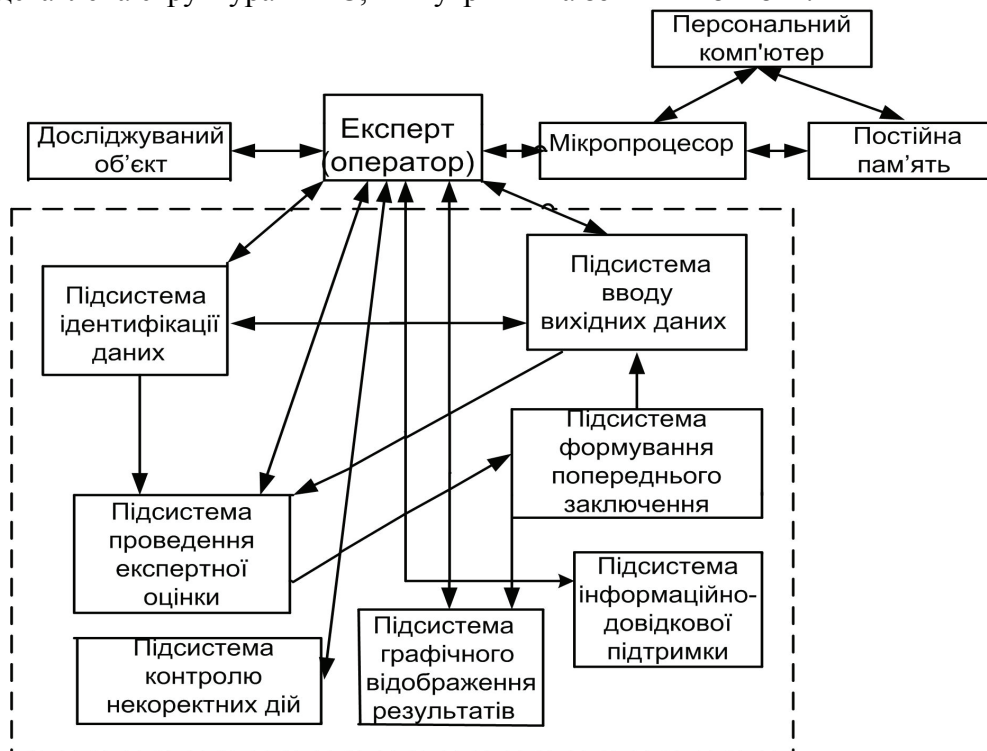


Рис. 1. Структура автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи

До складу входять наступні пристрої:

- віддалений термінал, що забезпечує прийом, накопичення та обробку інформації, її візуалізацію, формування сигналів небезпеки за значеннями і трендами параметрів, передачу команд для зміни режимів роботи однієї або декількох автономних підсистем. Віддалений термінал представляє собою комплект обчислюваної техніки з підключеними модемом для прийому даних, передачі команд через супутникову мережу і периферійних пристроїв для зберігання і відображення інформації. Його конфігурація визначається числом обслуговуючих автономних підсистем та визначених фізичних параметрів, а також частотою опитування модулів управління, вимірювання і комутації;

- датчики (первинні перетворювачі фізичних величин в електричні сигнали);

- центральна обчислювальна станція (ЦОС), складається з центрального контролера, приймально-передавального пристрою супутникової мережі зв'язку (модема з антеною). Конструктивно ЦОС розташовується в герметичній оболонці. Центральний контролер містить обчислювальний пристрій, незалежну пам'ять для зберігання отриманих даних, реле включення живлення супутникового модему і модулів вимірювання управління та комутації (МУК), годинник реального часу, що забезпечує періодичні вимірювання та тимчасову прив'язку вимірювань. АКБ забезпечує автоматизовану роботу системи без використання зовнішніх джерел енергії.

Герметичні вимірювальні пристрої, до яких відносяться МУК, призначені для перетворення електричних сигналів з датчиків у цифровий код і передачі по з'єднувальним кабелям даних в ЦОС. МУК мають різні варіанти використання для вимірювання параметрів електрохімічного захисту, блукаючих струмів, параметрів акустичної емісії, тензометрії і т.п.;

Результатом роботи АІВС є співвідношення ряду ключових показників стану досліджуваного об'єкту та лімітуючих критеріїв, які визначаються виходячи з механізму пошкодження, рівня оцінки і геометричної форми.

Якщо результати діагностування показують, що об'єкт придатний до експлуатації в даних умовах, то його подальше використання можна продовжувати при тих самих значеннях експлуатаційних параметрів. При цьому необхідно розробити відповідні програми, що визначають обсяг, методи і періодичність робіт по оцінці технічного стану об'єкту до наступного технічного діагностування. Якщо ж за результатами діагностування обладнання визнано непридатним до експлуатації, то передбачається перегляд значень робочих параметрів обладнання на основі відповідних розрахункових методик.

У сучасному метрологічному забезпеченні інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) все більше уваги приділяється програмному забезпеченню, яке використовується для оброблення результатів вимірювань або обчислення параметрів об'єктів вимірювань. Метрологічне забезпечення систем визначення метрологічних характеристик тільки вимірювальних каналів без урахування програмного забезпечення не надасть гарантію отримання правильного результату вимірювань. Програмні засоби систем виконують функції вимірювального перетворення фізичних величин, їх оброблення та візуалізацію [3].

Визначення відповідних метрологічних властивостей програмних засобів, які мають здатність впливати на результати і точність виконання функцій системами, має проводитися з урахуванням технічних та експлуатаційних характеристик обчислювального середовища, в якому функціонують програмні засоби.

Відомо, що засоби обчислювальної техніки описуються моделлю кінцевого автомата [4], який задається кінцевою множиною X вхідних даних, кінцевою множиною Y вихідних даних, кінцевою множиною Z внутрішніх станів, початковим станом z_0 , $z_0 \in Z$, перехідною функцією $\varphi(z, x)$ та функцією виходу $\psi(z, x)$.

Автомат функціонує у дискретному часі, моментами якого є такти – рівні інтервали часу, кожному з яких відповідають фіксовані значення вхідного та вихідного масивів даних і внутрішні стани [5]. В кожний момент $t=0,1,2,\dots$ дискретного часу автомат знаходиться в певному стані $z(t)$ із множини Z станів автомату, у початковий момент часу $t=0$ він завжди буде знаходитися у початковому стані $z(0)=z_0$. На момент t , будучи у стані $z(t)$, автомат сприймає на вході сигнал $x(t)$ і видає на виході сигнал $y(t)=\psi[z(t),x(t)]$, переходячи до стану $z(t+1)=\varphi[z(t),x(t)]$.

Розглянемо основні метрологічні моделі обчислювальних компонентів для характерних обчислювальних процедур, що реалізуються у складі інформаційно-вимірювальних систем.

Для ОК, що реалізують процедуру розрахунків за формулами, характерним є те, що конкретному фіксованому масиву вхідних даних $X(t_n)$, з похибками $\Delta X(t_n)$, відповідає фіксований вихідний масив $Y(t_n)$ з похибками $\Delta Y(t_n)$, що означає наявність у таких ОК тільки одного метрологічного стану, тобто реалізується залежність $\Delta Y(t_n)=\psi[X(t_n)]$. В цьому випадку матриця перетворення похибок вхідних даних спрощується до виразу $f = \Delta Y(t_n) / \Delta X(t_n)$, який має суть коефіцієнта перетворення похибки вхідних даних. Звідси метрологічна модель обчислювальних компонентів визначається за формулою

$$\Delta_s = \Delta_k \times f \quad (1)$$

Обчислювальні компоненти, що реалізують процедури наближених обчислень, за конкретним фіксованим масивом вхідних даних $X(t_n)$ з похибками $\Delta X(t_n)$, видають на вихід

масив послідовних значень $Y(t_n)$, кожне з яких є наближеним значенням фізичної величини, що обчислюється. Зрозуміло, що ці значення мають похибки $\Delta Y(t_n)$, які залежать від числа параметрів наближень S (кількість ітерацій по циклу, значення числа елементів розбиття інтервалу чисельного інтегрування тощо) і зменшуються із збільшенням часу обчислень. Звідси, ОК цього типу мають кількість метрологічних станів Z_s , яка дорівнює числу параметрів наближень, при цьому зміна станів має монотонний детермінований характер. Матриця перетворення має вигляд матриці-стовпця, елементами якого є поточні значення функцій перетворення похибок вхідних даних $f(Z_s)$ і узагальнена метрологічна модель для цього типу ОК має наступний вигляд:

$$\Delta Y(t_n) = \Delta X_0 f(Z_s) \quad (2)$$

де, ΔX_0 - похибка першого наближення результату обчислень.

Висновок

Запропонована структура автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи дає змогу забезпечити єдність і точність комплексного діагностичного моніторингу магістральних трубопроводів.

Основною характеристикою оцінки метрологічних властивостей обчислювальних компонентів є функція перетворення похибок вхідних даних.

Перевага АІВС полягає у своєчасному виявленні граничних станів елементів конструкцій. Завдяки комплексному підходу при використанні АІВС з'являється можливість планомірно оцінювати придатність до експлуатації систем трубопровідного транспорту, контролювати динаміку зносу і при досягненні порогового значення міцності (товщини стінки та ін.) здійснювати ремонт чи заміну пошкодженого елемента, а не чекати руйнівних наслідків зносу.

Список літератури

1. Гетман А.Д., Козин Ю.Н. Неразрушающий контроль и безопасность эксплуатации сосудов и трубопроводов давления. М.: Энергоатомиздат, 1997. - 288 с.
2. Шумський П.Ю., Жуков Б.А. Диагностика и контроль состояния конструкций с помощью автоматизированной системы оценивания состояния технологического оборудования // Контроль. Диагностика. – 2009. - №6. – С. 40-44.
3. Кричевець О.М. Розроблення та дослідження метрологічних моделей обчислювальних компонентів вимірювальних інформаційних систем. МКМИТ, Харків: АНПРС, ХНУРС, 2005. – С. 90-93.
4. Кобринський Н.Е., Трахтенброт Б.А. Введение в теорию конечных автоматов. – М.: Физматгиз, 1962. – 404 с.
5. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов. – М.: Физматгиз, 1962. – 476 с.