

## ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Є. О. Ігуменцев, О. О. Прокопенко

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків

*В статті розглядається методика до визначення технічного стану газотранспортного обладнання з метою подовження ресурсу та її реалізацію в автоматизованій комп'ютерній системі, яка дозволяє визначити обсяг технічного обслуговування обладнання та його терміни, що підвищує безпеку експлуатації.*

**Ключові слова:** безпека, газопровід, подовження ресурсу експлуатації, газотранспортне устаткування, обладнання компресорної станції, контроль технічного стану, дефект, експертне обстеження.

### Постановка задачі

Безпечна експлуатація трубопроводів і обладнання газотранспортної системи України забезпечується відповідністю їх технічного стану вимогам нормативної документації. З метою недопущення аварій проводиться періодичний контроль та огляд стану трубопроводів. Вони дають можливість подовжувати ресурс експлуатації газотранспортного устаткування понад нормативного.

Для забезпечення надійності та достовірності результатів під час проведення обстежень технічного стану важливою задачею є вибір методів дослідження, а також визначення їх обсягу та термінів проведення для забезпечення.

### Основна частина

Відповідно до вимог нормативних документів про охорону праці основне та допоміжне технологічне устаткування компресорних станцій (КС) магістральних газопроводів повинне мати сертифікати безпеки, які видаються за результатами діагностичного обстеження після видачі висновку про технічний стан устаткування із зазначенням можливості подальшої безпечної експлуатації його на КС.

В роботі розглянуто основні положення методики визначення технічного стану газотранспортного обладнання, впроваджену в НТП «Трансгаздіагностика». Підприємство є акредитованим Держстандартом України в Українській державній системі сертифікації продукції (УкрСЕПРО) та атестованим у відповідності до вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» і Правил уповноваження та атестації в державній метрологічній системі.

Відповідно до нормативних документів діагностика та огляд газотранспортного устаткування проводиться спеціалізованими підприємствами. Основними напрями виробничої діяльності таких підприємств в галузі технічної діагностики в газовому комплексі України є:

— контроль технічного стану основного та допоміжного устаткування КС на основі віброакустичної діагностики та не руйнівного контролю;

— комплексне діагностичне обстеження технологічного устаткування КС, яке відпрацювало свій ресурс (зокрема, нагнітачів природного газу, трубопроводних обв'язок та посудин, що працюють під тиском), для визначення технічного стану та додаткового ресурсу;

— комплексне діагностичне обстеження магістральних газопроводів з метою оцінки їх технічного стану та визначення залишкового ресурсу.

Можливість визначити зародження дефекту, а потім простежити його до того моменту, коли він стане небезпечним для експлуатації надає періодичне проведення віброобстежень. Досвід показав, що при цьому загальні контрольні рівні вібрації не обов'язково можуть виходити за граничні величини

Автоматизація процесу діагностування із застосуванням обчислювальної техніки та спеціалізованих приладів таких, як акустична емісія та колектори-збірники, дають можливість значно підвищити достовірність результатів діагностування ділянок труб та газоперекачувального устаткування .

Автоматизована комп'ютерна система, яка розроблена на кафедрі Систем управління технологічними процесами і об'єктами (СУТП і О) Української інженерно-педагогічної академії та використовується НТП «Трансгаздіагностика», призначається для діагностики технічного стану газоперекачувального устаткування, виявлення руйнування трубопроводів та вузлів машин, запобігання аварійним ситуаціям, пов'язаним з високою вібрацією газотранспортного устаткування, та витоками з кранів та газопроводу.

Система надає можливості:

- діагностувати технічний стан газотурбінних агрегатів, нагнітачів трубопроводів;

- визначати дефекти підшипникових вузлів, руйнування зубчастих передач та валів газотурбінних агрегатів;

- вимірювати, аналізувати, зберігати одержану інформацію і видавати рекомендації щодо обсягів і термінів і черговості технічного обслуговування устаткування;

Автоматизована система поєднує функції аналізатора, віброметра, колектора даних, діагностичної системи і дає змогу видавати негайну оцінку поточного технічного стану устаткування. Система включає до себе широкий вибір функцій аналізу сигналів (спектри, взаємні спектри, траєкторії, розгінні характеристики, кореляційні функції, функції когерентності, ймовірності та кепстру) і має зручний інтерфейс користувача та просте управління.

Програмне забезпечення автоматизованої системи складається з

— програм повнофункціонального двоканального аналізатора сигналів;

— програм автоматизованої діагностики різних типів машин;

— програми створення та редагування діагностичних алгоритмів для автоматизованої вібродіагностики устаткування;

— пакету програм для вирішення завдань технічного обслуговування газоперекачувального устаткування;

- пакету програм бази даних;
- програми прогнозування ресурсу;
- пакету програм для визначення місця витікання в газопроводі;
- програми для визначення наявності перетікання у запірній арматурі та кількості втрат газу.

Дефекти агрегатів, і ступінь їх розвитку визначаються порівнянням вимірних спектрів віброшвидкості з базовими спектрами. Результати порівняння фіксуються в протоколі вимірювання вібрації як висновок про ступінь розвитку дефекту.

При використанні системи є можливість визначити частотні складові вібросигналу та основні дефекти, які їм відповідають і визначаються через таблиці:

- дисбаланс роторів (всі перші роторні гармоніки); спрацювання та дефекти підшипників кочення (підшипникові частоти, частоти сепаратора та тіл кочення);
- зачіплення ротора за корпус (роторні гармоніки);
- ослаблення механічних зв'язків та розхитаність підшипників (ряд субгармонік та комбінаційних частот);
- перекошення зовнішнього та внутрішнього кілець підшипників (другі роторні гармоніки); автоколивання на масляній плівці підшипника ковзання нагнітача (частота автоколивань);
- розцентрування ротора турбокомпресора та нагнітача (роторні гармоніки у поперечному напрямку).

Вібраційний стан обв'язки нагнітачів оцінюється з допомогою спектрального аналізу. Низькочастотні акустичні процеси всередині труби (вихори, утворені доріжками Кармана, які збуджують вимушені коливання потоку газу на резонансних частотах) для ідентифікації частот відокремлюють від вібрації трубопроводів із застосуванням кепстрального аналізу сигналу, виміряного на зовнішньому боці газопроводу.

Досвід показав, що високочастотні акустичні процеси всередині труби, зокрема коливання тиску потоку газу на лопаткових частотах нагнітача, збуджують високочастотну вібрацію і викликають численні руйнування трубопроводів.

Збільшення рівнів коливань на лопаткових частотах відбувається і при зменшенні політропічного к.к.д. нагнітача, пов'язаному з погіршенням технічного стану робочого колеса. Поєднання спаду к.к.д. через погіршення технічного стану та режиму експлуатації (збільшення витрачання) призводить до особливо сильних вібрацій трубної обв'язки нагнітача.

Характерною особливістю коливань труби є оболонкова вібрація, що перебуває в резонансі з лопатковими частотами. Як правило, основна лопаткова частота має незначний запас від резонансу з кільцевою частотою коливань труби, а погіршення технічного стану нагнітача сприяє виникненню резонансних оболонкових коливань труби на власних частотах.

В останньому випадку для діагностування використовують вібраційні діагностичні ознаки коливань на лопаткових частотах, а також параметричну діагностику для визначення к.к.д., потужності, витрачання газу та діагностичних ознак ерозії, підрізання лопаток чи витікання.

Серед різних джерел витікання газу істотну роль відіграє нещільність затвору запірної арматури. Як показав досвід, крани стають негерметичними в процесі їх експлуатації від дії механічних домішок, які переміщуються з транспортованим газом. При подачі газу на неповністю закритий чи надто закритий кран виникає дроселювання, що призводить до ерозійного спрацювання ущільнень сідел затвору.

Для визначення перетікання в запірній арматурі автоматизована комп'ютерна система дає змогу одержати взаємну функцію когерентності сигналів у будь-якому діапазоні частот. Якщо середньостатистична величина нормованої функції когерентності в частотному діапазоні 12...45 кГц перевищує величину 0,13, то технічний стан крану є незадовільним (кран протікає). Для оцінки введено поняття коефіцієнта технічного стану крану, який є величиною різниці між одиницею та середньостатистичною функцією когерентності. Для герметичного крана коефіцієнт дорівнює 0,87.

Іншою важливою проблемою є дефектоскопія та діагностика підземних трубопроводів у процесі їх експлуатації та визначення залишкового ресурсу. Виконання цих робіт неможливе без певної методичної бази, яка б регламентувала порядок, обсяг та методи досліджень.

Діагностика лінійної частини трубопроводів складається з таких важливих складників:

- визначення механічних характеристик та геометричних параметрів трубопроводу з урахуванням часу експлуатації,
- режимів навантаження тощо;
- виявлення дефектів у зварних швах та в основному металі трубопроводу;
- визначення напружено-деформованого стану трубопроводу;
- визначення стану ізоляційного покриття труби, ефективності катодного захисту;
- знаходження місць витікань газу;
- виконання розрахунку на міцність трубопроводу з урахуванням виявлених дефектів у стінці труби та зміни характеристик трубної сталі.

Впроваджена в НТП «Трансгаздіагностика» методика діагностування та визначення технічного стану ґрунтується на прогресивних сучасних методах, таких, як магнітний, ультразвуковий, метод акустичної емісії, акустичного відшукування витікань.

До загальних методів належать: метод оцінки різниці потенціалів системи «труба—ґрунт» — для знаходження порушень в ізоляційному шарі труби; метод акустичної емісії — для виявлення місць зародження дефектів типу тріщин; метод акустичного відшукування витікань - для виявлення наявних витікань газу; магнітний метод — для оцінки напруженого деформованого стану трубо-

роводу (метод визначає статичне напруження за коерцитивною силою і, на відміну від тензометрування, не потребує зупинки трубопроводу).

Як локальні використовуються відомі методи: ультразвуковий контроль зварних швів та основного металу, товщинометрія, твердометрія, та магнітопорошковий метод,

Місцезнаходження витікання в газопроводі визначається за допомогою взаємної кореляційної функції. При цьому для виявлення мікровитікань застосовується спеціалізований аналіз - перетворення Фур'є логарифма вихідного сигналу, так званий перехресний кепстр.

Магнітний метод ґрунтується на тому, що при зміні структури чи складу металу змінюються його магнітні властивості. Під час дослідження матеріалу об'єкта визначаються залишкова індукція, коерцитивна сила, магнітна проникність та магнітне насичення. Коерцитивна сила (А/см) металу труби реєструється за його намагнічування до насичення з наступним розмагнічуванням. Результати експериментальних досліджень, проведених сумісно з НТП «Трансгаздіагностика», встановили лінійну залежність відносної деформації труби від значення коерцитивної сили.

Збільшуючи магнітне поле зворотного знака і знову зменшуючи його до повного розмагнічування, одержують петлю магнітного гістерезису для металу даної труби, яка характеризує напруження від усталості.

Крім того, результати дефектоскопії використовуються для розрахунку трубопроводу на міцність, а також для визначення залишкового ресурсу. Методика оцінки залишкового ресурсу базується на визначенні реального стану металу трубопроводу, а саме, на визначенні залишкового запасу міцності, що змінюється в процесі експлуатації, оскільки змінюються міцнісні характеристики металу, зменшується товщина стінки труб, з'являються дефекти у вигляді тріщин, відбувається старіння металу. Залишковий ресурс трубопроводу оцінюється, виходячи з інтенсивності спрацювання сітки труби та допустимої величини корозії. Якщо дефекти корозії, виявлені в результаті випробувань, є локальними, то вводиться розрахунковий коефіцієнт концентрації напружень, який залежить від довжини, ширини та глибини дефектів.

Роботи з технічного діагностування проводяться на КС УМГ «Київтрансгаз» на протязі багатьох років по теперішній час, результати цих досліджень фіксуються та зберігаються.

## **Висновки**

Використання розглянутої методики визначення технічного стану газотранспортного обладнання дозволяє підвищити безпеку експлуатації газотранспортного обладнання, виявити дефекти агрегатів на етапі утворення і уникнути аварійних ситуацій.

## **Література**

1. Ігуменцев Є.О., Добров В.Л., Прокопенко О.О. Система безперервного контролю технічного стану агрегату ГПА -10. - П'ята національна науково-

технічна конференція і виставка “Неруйнівний контроль та технічна діагностика”. Збірка наукових праць. —К.: УТ НКТД, 2006. — с.293-298.

Е. А. Игуменцев, Е. А. Прокопенко

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ**

*В статье рассматривается методика определения технического состояния газотранспортного оборудования с целью продления ресурса и ее реализация в автоматизированной компьютерной системе, которая позволяет определить объем технического обслуживания оборудования и его сроки, что повышает безопасность эксплуатации.*

**Ключевые слова:** безопасность, газопровод, продление ресурса эксплуатации, газотранспортное оборудование, оборудование компрессорной станции, контроль технического состояния, дефект, экспертное обследование.

E. Igumentsev O., Prokopenko

## **THE IMPROVING OF UKRAINE GAS TRANSMISSION SAFETY**

This article is sanctified to the method of technical state determining of gas-transport equipment. The aim of the method is to increase the equipments life. The method is realized by means of a computer system. The method allows to determine the time maintenance. Using this method can improve the safety of the equipment.

**Key words:** security, gas pipeline, extending service life, gas transportation equipment, compressor station, the control condition, defect, expert inspection.

### **Відомості про авторів:**

1. Игуменцев Євген Олександрович, Українська інженерно-педагогічна академія, завідувач кафедри СУТП і О, д.т.н., м. Харків, вул. Демченка, 4, кв. 4. тел. (057) 706-12-45, E-mail: [tgdiagnostika@rambler.ru](mailto:tgdiagnostika@rambler.ru)
2. Прокопенко Олена Олександрівна, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри СУТП і О, к.т.н., м. Харків, вул. Демченка, 4, кв. 4. тел. (057) 706-12-45, E-mail: [lenjusja@pochta.ru](mailto:lenjusja@pochta.ru)