

*Приведена методика обчислення основних параметрів, що визначають реальний стан газоперекачувального обладнання на основі його діагностування, яка дає можливість ранжирування ГПА за технічним станом*

*Ключові слова: діагностування, технічний стан*

*Дана методика вычисления основных параметров, определяющих реальное состояние газоперекачивающего оборудования на основе его диагностирования, которая дает возможность ранжирования ГПА по техническому состоянию*

*Ключевые слова: диагностирование, техническое состояние*

*This article represents the method of calculation basic's parameters of real technical state gas-pumping equipment*

*Keywords: diagnostic, technical condition*

# ДІАГНОСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗО-ПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

**М.І. Горбійчук**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*

Контактний тел.: (03422) 50-45-21

E-mail: ksm@nung.edu.ua

**Я.І. Заячук**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: 098-977-49-53, (03422) 50-45-21

E-mail: yarikotm@gmail.com

\*Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019

## Вступ

Метою оперативного (функціонального) діагностування є отримання даних про технічний стан обстежуваного об'єкта, його технологічні параметри, умови взаємодії з навколишнім середовищем. Оперативне діагностування здійснюється на об'єкті безперервно, або дискретно, відповідно до заздалегідь розробленої і узгодженої із службами, відповідальними за експлуатацію об'єкта, програмою, з використанням штатного вимірювального комплексу, і полягає в реєстрації показників технологічного процесу і їх подальшій статистичній обробці.

Метою експертного аналізу пошкоджень і параметрів технічного стану об'єкта, що проводиться на підставі отриманих даних аналізу технічної документації, оперативного діагностування і експертного обстеження, є встановлення поточного стану об'єкту, рівня і механізму пошкоджень, фактичної завантаженості, щоб відповісти на питання, чи можлива подальша експлуатація об'єкту.

Серед методів контролю і діагностування технічного стану ГПА параметричний використовується найчастіше, тому що він легко піддається математичному моделюванню. Проте жоден з них не може достовірно математично описати контрольований процес. Тому пропонується використовувати одночасно кілька методів.

Параметри, які характеризують технічний стан ГПА

На основі проведеного аналізу методів діагностування технічного стану за основні параметри пропонується вибрати такі [1,2]:

- індекс концентрації оксидів азоту і вуглецю у вихлопних газах;

- коефіцієнт технічного стану ВЦН за політропним к.к.д.;

- коефіцієнт технічного стану ГТД за потужністю;

- параметри вібродіагностики агрегату;

- результати діагностування стану моторної оливи.

Значення коефіцієнта технічного стану ВЦН за політропним к.к.д., коефіцієнта технічного стану ГТД за потужністю визначаються на основі формул [3]:

коефіцієнт технічного стану ВЦН за політропним к.к.д.  $K_{\eta_{пол}}$ :

$$K_{\eta_{пол}} = \frac{\sum_{i=1}^s \eta_{пол}^i \cdot \eta_{пол.б}^i}{\sum_{i=1}^s (\eta_{пол.б}^i)^2},$$

де  $\eta_{пол}^i$  - фактичне значення політропного к.к.д. ВЦН для  $i$ -го режиму;

$\eta_{пол.б}^i$  - значення політропного к.к.д. ВЦН на базовій характеристиці за приведеною об'ємною продуктивністю для  $i$ -го режиму;

s – кількість контрольованих режимів.  
 коефіцієнт технічного стану ГТД за потужністю  $K_{N_c}$  :

$$K_{N_c} = \frac{\sum_{i=1}^s \overline{N}_{\text{епр.б}}^i \cdot \overline{N}_{\text{епр.б}}^i}{\sum_{i=1}^s (\overline{N}_{\text{епр.б}}^i)^2}$$

де  $\overline{N}_{\text{епр.б}}^i$  - фактичне значення відносної приведеної потужності ГТД i-го режиму;

$\overline{N}_{\text{епр.б}}^i$  - значення відносної приведеної потужності ГТД на базовій характеристиці i-го режиму.

Як контрольований параметр інтенсивності вібрації ГПА рекомендується приймати загальний рівень середньоквадратичного значення віброшвидкості [4]. В залежності від інтенсивності вібрації вузлів ГПА передбачені такі оцінки їх вібраційного стану: «відмінно», «добре», «допустимо», «необхідно приймати міри», «недопустимо».

Пікові значення вібропереміщення для різних нормованих величин середньоквадратичного значення віброшвидкості показані на рис. 1.

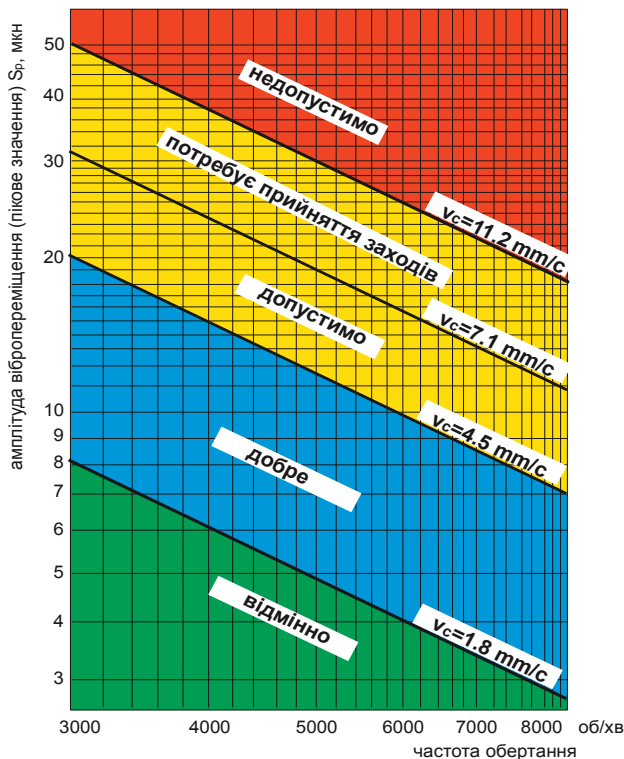


Рис. 1. Пікові значення віброшвидкості (оцінка вібраційного стану корпусів підшипників)

Об'єктом вимірювання інтенсивності вібрації є корпус підшипників, ділянки корпусів статора і маслопроводи обв'язки агрегатів.

Як контрольований параметр інтенсивності вібрації ГПА прийнято загальний рівень середньоквадратичного значення віброшвидкості,

$$V_i = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_i^2(t) dt}$$

де,  $V_i$  - середньоквадратичне значення віброшвидкості i-го ГПА, мм/с;

$v_i(t)$  - зміна віброшвидкості i-го ГПА в часі, мм/с;

$T$  - час усереднення, с.

При оцінюванні рівня технічної експлуатації ГПА, стану параметрів робочого процесу, одне з важливих місць належить методам аналізу моторної оливи.

За концентрацією заліза, алюмінію, кремнію, хрому, міді, свинцю, олова та інших характерних елементів в оливі можна визначити швидкість спрацювання деталей. За зміною концентрації хрому можна говорити про спрацювання колінчастого вала; кремнію та марганцю - крейцкопфного вузла; свинцю, олова, сурми та міді – вкладишів колінчастого вала.

Значення середньої швидкості спрацювання у проміжках між відборами проб оливи буде рівним [5]:

$$c = \frac{B \cdot K_j - B \cdot A^{d+1} K_{j-1} - D}{(\tau/d) \cdot (1 - A^d)}$$

де  $A = \frac{Q - \frac{Q^*}{2}}{Q + \frac{Q^*}{2}}$ ,  $B = (1 - A) \cdot A^{-1} \cdot (Q - Q^* / 2)$ ,

$$D = Q_0 \cdot K_0 \cdot (1 - A^d)$$

$K_j$ ,  $K_{j-1}$  - концентрація продуктів спрацювання під час теперішнього та попереднього замірів, відповідно, мг/л;

$\tau$  - час роботи КУ у проміжку між аналізами оливи, год;

$d$  - кількість доливань оливи.

з метою прогнозування та з врахуванням часу, який необхідний для стабілізації концентрації металів в оливі, доцільно проводити періодичні відбори оливи для аналізу через кожні 200-250 годин роботи [5]. Відбір проб необхідно проводити не раніше, ніж через 1 годину безперервної роботи ГПА.

Відомо, що «старіння» газоперекачувального агрегату завжди супроводжується необоротними процесами погіршення його технічного стану, інтенсивність яких залежить від умов експлуатації, режиму роботи, якості ремонту і впливу зовнішнього середовища. При цьому змінюються не лише теплотехнічні характеристики ГПА, але і екологічні параметри, що характеризують вміст оксидів азоту і вуглецю в продуктах згорання.

В результаті аналізу даних моніторингу шкідливих викидів на КС встановлено, що фактичні концентрації оксидів азоту і вуглецю істотно відрізняються від номінальних і варіюють в широких межах [6].

Для того, щоб визначити вплив технічного стану агрегату на рівень викидів, отримані експериментальні залежності концентрацій продуктів згорання від температури робочого тіла. Встановлено, що концентрації CO і NO<sub>x</sub> для окремих ГПА розрізняються в 1,1...2,5 разів. З урахуванням того, що експерименти проводилися за однакових умов роботи агрегатів, це можна пояснити лише їх різним технічним станом [6]. Автором запропонований комплексний показник – індекс концентрації  $S_i$ , що дозволяє визначити дина-

міку зміни вмісту оксидів азоту і вуглецю у вихлопних газах газоперекачувального агрегату на змінних режимах його роботи, незалежно від завантаження. Індекс концентрації  $S_i$  розраховується за формулою:

$$S_i = C_i^{\text{факт}} \cdot \frac{21 - 15}{21 - O_2}, \quad (1)$$

де  $C_i^{\text{факт}}$  – фактична концентрація речовини в сухих продуктах згорання, мг/нм<sup>3</sup>;

$O_2$  – фактичний вміст кисню в сухих продуктах згорання %;

21 – вміст кисню в атмосферному повітрі, %.

Слід зазначити, що момент переходу до періоду «старіння» газоперекачувального агрегату залежить від ряду причин, наприклад якості ремонту, умов експлуатації, рівня технічного обслуговування устаткування, тощо, і тому повинен встановлюватися для кожного агрегату окремо. Методом множинного регресійного аналізу вихідних даних отримані статистично значимі моделі для моніторингу вихлопних газів за комплексом технологічних параметрів [6]:

Рівняння (2) є математичною моделлю взаємозв'язку концентрацій  $CO$  і  $NO_x$  у вихлопних газах ГПА з такими технологічними параметрами, як напрацювання  $t$ , температура повітря на вході в двигун  $T_{ок}$ , темпера-

тура газу  $T_{ст}$  і частота обертання ротора турбіни  $N_{ст}$  [6].

$$\begin{aligned} C_{NO_x} = & -449 + 1.08 \cdot 10^{-3} \cdot t - 0.182 \cdot T_{ок} + \\ & + 0.399 \cdot T_{ст} + 6.35 \cdot 10^{-2} \cdot N_{ст}, \\ C_{CO} = & 12.7 + \\ & + \exp(50.9 + 1.76 \cdot 10^{-4} \cdot t - 1.12 \cdot T_{ок} - 6.36 \cdot T_{ст} - 2.92 \cdot 10^{-3} \cdot N_{ст}). \end{aligned} \quad (2)$$

На основі наведених показників визначається узагальнений коефіцієнт технічного стану  $k_i^T$  і -го агрегату

$$k_i^T = f_i(C_i, K_i^{(n)}, K_i^{(r)}, V_i^{(v)}, S_i^{(v)}).$$

Цей коефіцієнт використовується для ранжування агрегатів за їх технічним станом [2]. Для вирішення задачі ранжирування пропонується застосовувати метод нечіткого висновку.

---

### Висновок

---

Вказані моделі діагностичних показників дозволяють реалізувати розрахункові методи виробничого моніторингу на КС і на цій основі діагностувати та ранжувати агрегати за технічним станом в поточному режимі роботи.

---

### Література

- 1 Горбійчук М.І., Когутяк М. І., Заячук Я.І. оптимальний розподіл навантаження між відцентровими нагнітачами природного газу з врахуванням їх технічного стану.//Галицька академія. Наукові вісті.-2007.- № 1(11).-С.131–136.
- 2 Горбійчук М.І., Когутяк М. І., Заячук Я.І. Метод ранжування газоперекачувальних агрегатів природного газу за їх технічним станом. // Нафтогазова енергетика.-2008.-№ 1(8).-С.21–26.
- 3 Компресорні станції. Контроль теплотехнічних та екологічних характеристик газоперекачувальних агрегатів: СОУ 60.3-30019801-011:2004. - [Чинний від 22.12.2004].-К.: ДК Укртрансгаз.-117с.- (Стандарт організації України).
- 4 Жуков Р. В. Обзор некоторых стандартов в области диагностики машинного оборудования / Р. В. Жуков // Контроль. Диагностика. – 2004. - № 12. – С. 61 – 66.
- 5 Орлов І. О. Діагностування технічного стану КУ за накопиченням в оливі продуктів спрацювання / І. О. Орлов // Нафтова і газова промисловість.-2003.-№3.-С.48–50.
- 6 Костарева с. Н. Совершенствование методов диагностирования технического состояния газоперекачивающих агрегатов на основе данных производственного мониторинга: автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. техн. наук : спец. 25.00.16 „Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ” / С. Н. Костарева-Уфа, 2004.-20с.