

$$C_m = T(V/D)^{\frac{1}{\alpha}} P, \quad \tilde{C}_m = T \left(\frac{V}{D} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \left(\bar{P}_0 + B' + \frac{PV}{\alpha + 1} t^{\alpha+1} \right), \quad (8)$$

де Π – параметр, що залежить від величини виразу (3).

Очевидно, найбільший ефект при експлуатації буде досягнутий за такого допустимого значення $H = D$, коли:

$$\tilde{C}_0 = \min_{0 < D} \frac{\tilde{C}_m}{T} \sim \min_{0 < D} \tilde{C}, \quad (9)$$

Цей вираз є функцією мети для визначення допустимих величин діагностичних параметрів. Значення \tilde{C}_0 характеризує найменший досяжний рівень експлуатаційних витрат в одиницю часу, а також протягом усього періоду T наробітку ПГПА в процесі його експлуатації з проведенням своєчасних, зумовлених технічним станом вузла, ремонтно-відновлювальних операцій.

Якщо відмови у вузлах циліндрової порожнини не взаємопов'язані, то для циліндрової порожнини з n вузлами:

$$\tilde{C}_0 = \min_{0 < D_i, \forall i} \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{C}_{m_i}}{T} = \min_{0 < D_i, \forall i} \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_i}{D_i} \right)^{\frac{1}{\alpha_i}} P_i, \quad (10)$$

Одержавши вираз для функції мети (10), можна визначити допустимий рівень відносних енерговитрат у кожному вузлі, а також міжремонтний інтервал часу.

Таким чином, побудовано функцію мети підвищення ефективності експлуатації ПГПА в процесі проведення параметричного діагностування компресорного циліндра і визначено допустимі енерговитрати і міжремонтний період для вузлів циліндрової порожнини компресорного циліндра.

Література

1. Грудз В.Я., Тымкив Д.Ф., Яковлев Е.И. Обслуживание газотранспортных систем. – Киев: УМК ВО, 1991. – 160 с.

УДК 622.691

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРАМЕТРИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ КОМПРЕСОРНИХ ЦИЛІНДРІВ ПГПА В УМОВАХ ПСГ

© В.Я. Грудз¹, В.В. Костів²

1) ІФНТУНГ; 15, вул. Карпатська, м. Івано-Франківськ, 76019. E-mail: public@ifdtung.if.ua

2) Богородчанське ВУ ПУГ; н/с №77, смт. Богородчани, Івано-Франківська обл., 77701.

E-mail: pidzemka@bg.if.ua

С целью перехода на прогрессивную стратегию обслуживания по реальному состоянию поршневых газоперекачивающих агрегатов в условиях дожимных КС подземных хранилищ газа выполнена оценка параметрического диагностирования энергетических потерь в компрессорном цилиндре при наличии перетоков газа. Показано, как энергопотери влияют на производительность и эффективность эксплуатации ДКС.

For the purpose of changing to a progressive maintenance strategy of real piston gas-compressor units state in conditions of UGSF booster compressor stations (BCS) an estimation of parametrical diagnosing of energetical losses in the compressor cylinder at the presence of gas cross-flows is made. Ways of the influence of energetical losses on productivity and BCS operation effectiveness are shown.

Ефективність експлуатації ПСГ значною мірою залежить від надійної роботи компресорної станції сховища, яка призначена підвищувати енергію газу на високих пластових тисках у процесі нагнітання і на низьких пластових тисках у процесі відбирання. Відмови компресорної станції (КС) у

такі моменти часу призводять до виключення ПСГ з газотранспортної системи з усіма випливаючими наслідками. Тому до надійності КС, як елемента ПСГ, ставляться високі вимоги.

Надійність компресорної станції ПСГ, у свою чергу, визначається надійністю експлуатації газопомпувальних агрегатів (ГПА). Слід зазначити, що умови роботи ГПА на КС підземних сховищ газу суттєво відрізняються від умов їхньої експлуатації на компресорних станціях газопроводів. У першу чергу, це стосується широкого діапазону зміни ступеня стиснення ГПА, і в залежності від цього – зміни потужності одиничного агрегату. Крім того, суттєво змінюється в часі об'єм помпованого газу, що зумовлює необхідність ступінчастого регулювання режиму роботи КС включенням чи відключенням окремих ГПА. Цілком зрозуміло, що при великих значеннях номінальної подачі одиничного агрегату таке регулювання неможливе. І, накінець, високі пластові тиски і різкі зміни ступеня завантаження ГПА можуть спричинити їхню нестійку роботу і навіть призвести до помпажу. Тому використання лопаткових ГПА на компресорних станціях ПСГ є вкрай обмеженим. Основним вимогам, що ставляться до умов компримування газу, відповідають поршневі газопомпувальні агрегати (ПГПА).

Дослідженню ефективності і надійності роботи поршневих ГПА в умовах компресорної станції ПСГ присвячено роботи Є.В. Левикіна, К.В. Ісаєва, А.С.Копелевича, А.А. Козобкова, В.М. Михліна, П.І. Пластиніна, Б.М. Смереки, М.І. Френкеля, Г.К. Храпача та ін. Ними розглянуті режими роботи ПГПА, можливості їхнього регулювання, динаміка роботи клапанів, вивчені аспекти розрахунків надійності і методи її підвищення. Однак, проблемі діагностування стану компресорного циліндра з метою переходу на систему технічного обслуговування за реальним технічним станом елементів обладнання практично не приділено уваги.

Ефективність експлуатації поршневих газопомпувальних агрегатів може бути підвищена шляхом правильного встановлення термінів і послідовності проведення планово-попереджувальних ремонтів за реальним технічним станом машини, який, як відомо, може змінюватися і безперервно, і дискретно. Експлуатація ПГПА з поточним (міжремонтним) технічним станом завжди пов'язана з енергетичними втратами, оскільки виникнення несправності неодмінно призводить до перевитрати паливного газу.

Величину енергетичних втрат, що спричинені зміною технічного стану вузлів компресорних циліндрів ПГПА, однозначно визначити неможливо. Оцінити ж поточний технічний стан вузла без його розкладання і визначити енергетичні втрати можна, використовуючи методи технічної діагностики. Тому питання діагностування стану компресорних циліндрів ПГПА в умовах КС підземних сховищ газу слід розглядати як одну з ланок оптимізації процесу технічного обслуговування обладнання, що має за кінцеву мету підвищення експлуатаційної надійності ПСГ і газотранспортної системи загалом.

Для того щоб одержати допустимі значення рівня енерговитрат D_i для системи циліндрових порожнин, необхідно оцінити вплив відмови в одній порожнині на енерговитрати в системі ПГПА. Циліндри ПГПА і самі ПГПА на КС, як правило, з'єднані паралельно. Розглянемо вплив відмов у таких системах на енерговитрати в них.

Нехай у системі паралельно з'єднано n однотипних циліндрів. Це має місце при з'єднанні однотипних ПГПА, що встановлюються в межах однієї КС. Нехай \dot{G}_j і ℓ_j – масова продуктивність і питома робота циклу в порожнині, c' – вартість одиниці потужності в циліндровій порожнині, тоді витрати на компримування газу в цій системі:

$$Z_1 = \sum_{j=1}^n c' \dot{G}_j \ell_j, \quad (1)$$

Зміна величини структурних параметрів стану проявиться в зниженні масової продуктивності в j -ій порожнині, яка характеризується коефіцієнтом зниження подавання η_j і величиною відносних енерговтрат H_j . Зниження масової продуктивності, контрольованої приладами зумовлює відповідну дію диспетчера КС, який, у відповідності з технологією нагнітання газу, може підключити додатковий ПГПА, збільшити частоту обертання вала або відключити порожнини мертвого простору. Однак тривала робота ПГПА на форсованому режимі може призвести до відмов у механізмі передачі енергії чи двигуні, тому цим способом користуються при короткочасному регулюванні. Порожнини мертвого простору і відключають у випадку, коли до моменту регулювання агрегати працювали не з повним навантаженням. Основним способом компенсації недоподачі газу споживачу є підключення резервних агрегатів, тобто додаткових циліндрів. Кількість підключених додаткових ГПА або

відключених порожнин мертвого простору, а також ступінь підвищення частоти обертання вала визначається умовою сталості масової продуктивності. У цьому випадку:

$$\sum_{j=1}^n (1 - \lambda_j) / \lambda_k = 1, \quad (2)$$

де λ_k – коефіцієнт зниження подавання циліндрової порожнини, що включається для компенсації недоподавання.

У результаті підключення додаткових порожнин або збільшення частоти обертання вала витрати на компримування газу в системі зростають:

$$\Delta Z_{\Sigma} = \sum (1 - \lambda_j) H_k c \dot{G}_k \ell_k = \sum H_j \gamma_j c \dot{G}_k \ell_k, \gamma_j = \frac{H_k + 1}{H_j + 1}. \quad (3)$$

Величина витрат через енерговтрати у порожнинах, де є вузол, що відмовив, становить:

$$\Delta Z_j = H_j \gamma_j c \dot{G}_j \ell_j \quad (4)$$

Коефіцієнт γ_j враховує вплив системи циліндрів ПГПА, з'єднаних паралельно, на енергетичні втрати і витрати через ці втрати в j -ому циліндрі. Оскільки $H_k(t)$, $H_j(t)$ є функціями часу, то γ_j також змінюється з плином часу. Величина H_k залежить від способу компенсації недоподавання газу. У випадку підключення резервного ПГПА H_k залежить від способу регулювання подавання цього агрегату. Якщо регулювання здійснюється поступовим відключенням раніше підключених порожнин мертвого простору одного агрегату, то збільшується подавання тільки цього ПГПА, інші ж агрегати працюють у незмінному режимі. При цьому H_k є такою ж гладкою функцією часу, як і H_j , оскільки характер розвитку відмов для однотипних циліндрів є однаковим. Тоді:

$$\gamma_j = \frac{\tilde{V}t^{\alpha} + 1}{Vt^{\alpha} + 1} \cong 1 = idem, \quad (5)$$

Якщо регулювання полягає в тім, що відключення підключених кишень проводиться на всіх ПГПА, в т.ч. і на підключеному резервному ПГПА, то H_k є функцією загального технічного стану ПГПА чи цеху КС. За великої кількості паралельно увімкнених ПГПА H_k може апроксимуватися константою.

Оцінимо вплив коефіцієнта γ на величини допустимих значень H і міжремонтного інтервалу часу t_m . Для цього оцінимо інтервал зміни γ . Якщо $\gamma = 1$, то робота одиничного циліндра і циліндра в системі буде характеризуватися однаковими допустимими значеннями H і міжремонтним інтервалом часу t_m . Якщо $H_k = idem$, то при зміні H_i в інтервалі від 0 до 0,40 при сталому H_k , γ_i буде змінюватися в інтервалі від 1,16 до 0,87, причому великим значенням H_i будуть відповідати значення $\gamma_i < 1$. При таких невеликих відносних змінах γ_i добуток $H_i \gamma_i$ буде функцією, зумовленої, в основному, величиною H_i . Отже $H_i \gamma_i$ також буде статичною функцією:

$$H_i' = H_i \gamma_i = v_i' t^{\alpha_i'}, \quad (6)$$

де v_i', α_i' – сталі.

У відповідності з виразом (4) γ_i як функція часу визначається:

$$\gamma_i = \omega_i t^{f_i}, \quad \omega_i = \frac{v_i'}{v_i}, \quad f_i = d_i' - d_i, \quad (7)$$

де ω_i, f_i – сталі.

Після нескладних перетворень одержимо:

$$H_i' = D_i' = \left[\frac{(\alpha_i' + 1) P_{oi} v_i'^{\frac{1}{\alpha_i'}}}{\prod_j \alpha_j'} \right]^{\alpha_i'}, \quad H_i = \frac{H_i'}{1 + H_k - H_i'}, \quad (8)$$

$$t_{M_i} = \left[\frac{(\alpha_i + 1) P_{oi}}{\prod_j \alpha_j v_j} \right]^{\frac{1}{\alpha_i + 1}}, \quad (9)$$

Ці вирази визначають допустимі значення відносних енерговитрат і міжремонтні інтервали часу для будь-якого вузла циліндрової порожнини в циліндрі, об'єднаному системою паралельних циліндрів ПГПА.

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що ремонтно-відновлювальні операції призначаються за рівнем енерговитрат і з необхідною точністю можуть бути визначені розробленим методом технічної діагностики клапанів.

Збільшення продуктивності КС і ефективності компримування газу на КС пропонується здійснювати за рахунок попереджувальних ремонтів вузлів, що відмовили, ПГПА після досягнення допустимих значень, енерговитратами в цих вузлах. Допустимі значення у середньому на 20% менші граничних і визначаються за результатами контролю технічного стану з використанням розроблених алгоритмів і програм методів діагностики.

Продуктивність КС системи ПЗГ підвищується на 3,7%, витрати паливного газу знижується на 4%, експлуатаційні витрати зменшуються на 2,2% у результаті впровадження запропонованого й експериментально випробуваного методу технічної діагностики ПГПА.

Література

1. Грудз В.Я., Костів В.В., Грудз Я.В. Термогазодинамічні основи створення діагностичної моделі циліндра поршневого компресора. // Збірник «Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ». – 2002. – №2(3). – С. 22-24.
2. Грудз В.Я., Тымків Д.Ф., Яковлев Е.И. Обслуживание газотранспортных систем. – Киев: УМК ВО, 1991. – 160 с.

УДК 621.438:622

ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ РОЗМІЩЕННЯ РЕМОНТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПІДРОЗДІЛІВ У РЕГІОНІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ГАЗОПРОВІДІВ В КОМПЛЕКСІ З ПСГ

© В.Я. Грудз¹, Д.Ф. Тимків¹, В.М. Сусак²

1) ІФНТУНГ; 15, вул. Карпатська, м. Івано-Франківськ, 76019. E-mail: public@ifdtung.if.ua

2) НАК "Нафтогаз України"; 6, вул. Б. Хмельницького, м. Київ, 601001. E-mail: spas@ugp.viaduk.net

Построена математическая модель формирования оптимальной схемы размещения ремонтно-эксплуатационных подразделений в регионе обслуживания газопроводов в комплексе с ПХГ, которая позволяет оптимизировать процесс обслуживания, что повысит надежность эксплуатации газотранспортной системы.

A mathematical model of forming an optimum chart of repair-operating subdivisions placing in the region of gas pipelines maintenance in a complex with UGSF is built, which allows to optimize the process of service that will increase reliability of gas-transport system operation.

В умовах зростання транзиту газу через територію України і старіння магістральних газопроводів набуває актуальності задача забезпечення надійності функціонування газотранспортної системи з метою безперебійного постачання газу, зниження втрат газу, запобігання аварій і забруднення навколишнього середовища. Причому проблеми безпеки і екологічності магістрального транспорту газу вимагає особливої уваги з обліком можливих катастрофічних наслідків аварій і несправностей.

Старіння газопроводів, значна кількість аварій і ушкоджень на лінійній частині серйозно ускладнюють процес технічної експлуатації об'єктів газотранспортної системи, збільшують матеріальні витрати.

Аналіз стану магістральних газопроводів на основі ретроспективної інформації про аварії й ушкодження на лінійній частині свідчить про значні резерви підвищення експлуатаційної надійнос-