

Список використаних джерел

1 Кошельнік О. В. Моделювання роботи регенеративних теплообмінних апаратів високотемпературних технологічних установок / О. В. Кошельнік, В. Г. Павлова, Є. В. Хавін // XXIII Міжнародна науково-практична конференція: тези доповідей – Харків, 2015 р. – С. 276

2 Замиховский Л. М., Петрив С. Я. Математическое моделирование процесса теплообмена в регенераторе газоперекачивающего агрегата с использованием аппарата обратных задач // Scientific Journal «ScienceRise». – 2015. – №4/2(9). – pp. 49-54.

3 Козаченко А. Н. Энергетика трубопроводного транспорта газов / А. Н. Козаченко, В. И. Никишин, Б. П. Поршаков // Гуп Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина / Москва. – 2001. – 327-355с.

УДК 519.876.5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНОГО СТАНУ ГПА-Ц-16С

Л. М. Замиховський, Н. І. Іванюк

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська,15, leozam@ukr.net*

Досвід експлуатації ГПА різних типів показує, що на лопатковий апарат приходиться половина всіх дефектів і відмов ГПА, що вимагає застосування методів і технічних засобів його діагностування. На даний час найбільш перспективними є методи віброакустичної діагностики машин і механізмів для визначення технічного стану лопатевого апарату ГПА. Незважаючи на значну кількість наведених в літературних джерелах та запатентованих методів діагностування лопатевих апаратів ГПА різного призначення, сьогодні відсутні загальноприйняті методи для їх широкого промислового використання, зокрема для ГПА-Ц-16С, що вказує на актуальність поставленої задачі.

В [1] розглядається методика експериментального дослідження вібраційного стану ГПА-Ц-16С, яка дозволяє оперативно проводити експерименти по дослідженню не тільки вібраційного стану лопатей відцентрового напрямного апарату (ВНА), а й лопатевого апарату осевих компресорів низького (КНТ) і високого тисків (КВТ), турбін високого (ТВТ) і низького (ТНТ) тисків, силової турбіни нагнітача (СТН), а також проводити початкову обробку отриманих вібраційних сигналів в режимі реального часу, щодозволяє скоригувати програму проведення експериментів.

В даній роботі наводяться результати експериментальних досліджень вібраційного стану ГПА-Ц-16С, які були проведені з використання вказаної методики.

Враховуючи, що ГПА-Ц-16С є трьохвальним агрегатом, був проведений аналіз рівнів амплітуди вібрації на частотах, пов'язаних з частотою обертання ротора КНТ і зв'язаного з ним ВНА та ТНТ, частотою обертання ротора КВТ

та зв'язаної з ним ТВТ, а також частотою обертання ротора СТН. Вихідними даними для розрахунку була інформація про кількість лопатей на всіх ступенях КНТ, ВНА, ТНТ, лопатей КВТ і ТВТ, а також лопатей СТН.

В роботі наводяться формули розрахунку та орієнтовні значення частот, визначених при частотах обертання, обумовлених програмою експериментів: $n_1=3131$ об/хв.; $n_2=3197$ об/хв.; $n_3=5476$ об/хв.; $n_4=5509$ об/хв.; $n_5=5885$ об/хв.; $n_6=5986$ об/хв.; $n_7=6235$ об/хв.; $n_8=6259$ об/хв.; $n_9=6465$ об/хв.; $n_{10}=6587$ об/хв.

Отримані в результаті експериментів віброграми підлягали подальшій обробці для побудови частотного спектру. Для оцінки динамічних властивостей спектру будували частотно-часове представлення вібраційних сигналів для кожного з вузлів ГПА отриманих під час експериментів за допомогою короткочасового перетворення Фур'є (STFT) з довжиною вікна 2048 відліків та функцією вікна Блекмена-Харріса, для чого використовували програму AdobeAudition.

Для визначення групи власних частот будували спектри вібраційних сигналів записаних на кожній з частот обертання трьох валів згідно програми експериментів при усталеному режимі (3-5 хвилин). Для побудови спектру було використано метод Уелча, що передбачає усереднення спектрів для послідовних інтервалів часу, які перекриваються, із зважуванням на кожному інтервалі за допомогою функції вікна (довжину вікна прийнято 65536, коефіцієнт перекриття 0.95). За рахунок інтегрування спектру в часі, що застосовується у методі Уелча, рівень складових, які мають постійну частоту на протязі інтервалу інтегрування, підсилюється, а рівень складових, частота яких змінюється в часі, зменшується.

В роботі наводяться спектри вібраційних сигналів, вимірянних на ВНА ГПА Ц-16С для встановлених режимів на різних частотах трьох роторів ГПА.

В результаті проведеного аналізу спектрів вібрації було встановлено, що дійсні частоти обертання ротора КНТ, ТНТ, і ротора КВТ, ТВТ та ротора СТН різняться від номінальної на величину порядку 20...70 об/хв., що спричиняє відхилення лопаткових частот та їх гармонік від розрахованих значень. Це вимагає при визначенні рівнів амплітуди вібрації на характерних частотах врахування частот обертання на момент вимірювання. Враховуючи, що навіть у встановленому режимі відбуваються короткочасні флуктуації частоти обертання, які зумовлені реакцією системи керування ГПА на зміни режиму та призводять до зміщення характерних частот, для подальшого аналізу з кожного із сигналів було виділено від 7 до 15 фрагментів (в залежності від довжини записаного сигналу) тривалістю близько 3 хв. із відносно стабільною частотою обертання та без короткочасних порушень стаціонарного характеру спектру.

Значення рівнів амплітуди на характерних частотах визначались як середнє арифметичне значення для вибраної кількості фрагментів сигналу.

Проведений детальний аналіз спектрів з врахуванням кінематики ГПА показав, що для подальших досліджень доцільно вибирати частоти обертання ротора КНТ і ТНТ, ротора КВТ і ТВТ, а також ротора СТН та перші п'ять її гармонік, а також лопаткові частоти і перші три її гармоніки.