

АВТОНОМНІ ПРОГРАМИ ОПЕРАТИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБЛАДНАННЯ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ

Описано програми для виконання експрес-діагностики технічного стану відцентрових нагнітачів та газотурбінних установок компресорних цехів магістральних газопроводів. Наведено результати оперативної діагностики газотурбінних установок і відцентрових нагнітачів компресорної станції Правохеттінська ТОВ "Тюментрансгаз".

Описаны программы для проведения экспресс-диагностики технического состояния центробежных нагнетателей и газотурбинных приводов компрессорных цехов магистральных газопроводов. Приведены результаты оперативной диагностики газотурбинных установок и центробежных нагнетателей компрессорной станции Правохеттинская ООО "Тюментрансгаз".

Системи газопостачання є одними з найбільших споживачів газу та електроенергії, тому зменшення власних потреб, технологічних і випадкових витрат – важливий напрямок енергозбереження. Одним із найважливіших засобів економії паливно-енергетичних ресурсів є оптимізація та вдосконалення технологічного процесу транспорту газу, вдосконалення технічного рівня устаткування компресорних станцій та трубопровідної частини магістральних газопроводів.

Об'єктивна й оперативна оцінка потужності та технічного стану газотурбінної установки (ГТУ) газоперекачувального агрегату (ГПА) має важливе інформаційне значення як для забезпечення надійності технологічного процесу транспортування газу, так і для поточного та прогнозного аналізу роботи газотранспортної системи. Зараз на газотранспортних підприємствах застосовуються методи визначення потужності ГПА за параметром потужності ГТУ, за перепадом на конфузори осевого компресора, за параметрами та характеристиками відцентрового нагнітача тощо. Для своєї реалізації ці методи, як правило, потребують організації спеціальних замірів з використанням первинних приладів високого класу точності, виконуються під час проведення спеціальних і контрольних іспитів із зупинкою та виведенням з роботи обладнання, вимагають залучення додаткового персоналу і тому є досить трудомісткими та дорогими заходами. Організувати поряд із загальноцеховими замір потрібних параметрів для постійної оцінки на кожній компре-

сорній станції (КС) додаткового навантаження ГПА і, що не менш важливо, технічного стану приводних ГТУ досить проблематично, враховуючи технічні та часові можливості експлуатаційного персоналу, оскільки перелік параметрів, як правило, виходить за рамки штатного набору.

В Інституті загальної енергетики НАН України разом із Інженерно-технічним центром "Оргтехдіагностика" ДАТ "Оргенергогаз" ВАТ "Газпром" за пропозиціями експлуатаційного персоналу газотранспортних підприємств було створено низку автономних програм для обчислення технічного стану окремо газотурбінної установки ("ГТУ діагностика") та відцентрового нагнітача ("ВЦН діагностика").

У цій роботі використовується метод визначення навантаження та технічного стану ГТУ, який використовує тільки штатний набір параметрів, що вимірюються на агрегаті. В основі цього методу лежить сумісне оперування базовим параметром, що ідентифікує за будь-якого технічного стану потужність ГТУ, та параметром керування, за яким персонал оцінює ступінь навантаженості агрегату. Вимоги до вибору базового параметра ГТУ – стабільна функціональна залежність від його потужності у діапазоні навантаження ГПА та входження до складу штатного набору параметрів, що вимірюються. Вимоги до параметра керування – можливість простого і якісного виміру в складі штатного набору параметрів, що вимірюються, та зв'язок із законом регулювання ГТУ.

Різноманітність типів ГТУ, що експлуатуються в ДК "Укртрансгаз" і на газотранспортних підприємствах Росії та республік колишнього СРСР, зумовлює вибір різних базових та керуючих параметрів і функціональних залежностей між ними (коефіцієнтів взаємного впливу) для різних типів ГТУ.

Методи, що застосовано в програмах "ГТУ діагностика", розраховані на використання мінімального складу вимірюваних параметрів із штатного набору.

Математичним апаратом одержання коефіцієнтів взаємного впливу ГТУ є метод малих відхилень. Одержання початкових залежностей потужності ГТУ від керуючого параметра і зовнішніх умов забезпечується рішенням системи лініаризованих рівнянь робочого процесу при відповідних законах регулювання ГТУ [1].

Програми "ГТУ діагностика" призначені для визначення в експлуатаційних умовах КС фактичної потужності, коефіцієнта технічного стану за потужністю, газодинамічних параметрів ГТУ, що відповідають режиму, та наявної потужності для газотурбінних установок.

Для розрахунку ГТУ будь-якого типу потрібно виміряти: температуру оточуючого повітря; атмосферний тиск.

Інші параметри, необхідні для виконання розрахунків, залежать від типу ГТУ.

Відповідно до пропозицій експлуатаційних організацій було розроблено програми для експрес-діагностування кількох типів ГТУ.

ГТУ з однокаскадним повітряним компресором типу ГТ-750-6, ГТК-10-4, ГТК-10-М. Порівняльний аналіз залежності фактичної потужності ГТУ від різних вхідних параметрів виявив найбільш доцільним для ГТУ цих типів використання як базового параметра – тиск повітря на вході осевого компресора (ОК), а керуючого параметра – значення температури продуктів згоряння перед турбіною або за нею.

Вхідними даними для розрахунку є:

1) тиск повітря за ОК (надмірний);

2) температура продуктів згоряння перед турбіною високого тиску та (або) температура продуктів згоряння за турбіною низького тиску.

У разі виходу розрахункової температури перед турбіною високого тиску за номінальне значення або перевищення максимального значення потужності передбачено виконання варіантних розрахунків режимів із коректуванням параметрів циклу, які було заміряно. Такий підхід дозволяє отримати адекватні результати навіть

за наявності неточних значень вимірів вхідних параметрів.

ГТУ з однокаскадним повітряним компресором та регульованим сопловим апаратом турбіни низького тиску типу ГТК-10И, ГТК-10ИР. Для ГТУ як базовий параметр використовується тиск повітря на вході осевого компресора, а як керуючий – значення температури продуктів згоряння за турбіною низького тиску. Вхідними даними для розрахунку є:

1) частота обертання валу високого тиску;

2) тиск повітря за ОК (надмірний);

3) температура продуктів згоряння за турбіною низького тиску.

У разі виходу розрахункової температури перед турбіною високого тиску за номінальне значення або перевищення максимального значення потужності передбачено проведення варіантних розрахунків режимів із коректуванням параметрів циклу.

Для ГТУ ГПА-Ц-6,3 із двигуном НК-12СТ серії 02, що регулюються за частотою обертання валу високого тиску, базовим параметром є значення тиску повітря на вході осевого компресора, а керуючим – значення частоти обертання валу високого тиску.

Вхідними даними для розрахунку є:

1) тиск повітря за ОК (надмірний);

2) частота обертання валу високого тиску;

У разі виходу розрахункової частоти обертання валу високого тиску за номінальне значення або перевищення максимального значення потужності передбачено проведення варіантних розрахунків режимів із коректуванням параметрів циклу.

Програма "ВЦН діагностика" призначена для проведення експрес-діагностики відцентрових нагнітачів та отримання їх фактичних характеристик.

Ідентифікація технічного стану ВЦН виконується на основі фактичного режиму роботи агрегату (режимні параметри) та фактичної потужності привода (її можна обрахувати за допомогою програми "ГТУ діагностика") та забезпечує визначення індивідуального технічного стану ВЦН через коефіцієнт за політропним напором і коефіцієнт за політропним ККД.

У програмі "ВЦН діагностика" передбачено коректування паспортних газодинамічних характеристик ВЦН, а також порівняльну графічну ідентифікацію еталонних і фактичних характеристик.

Коректування газодинамічних характеристик нагнітача виконується на основі отриманих коефіцієнтів технічного стану ВЦН.

Програми "ГТУ діагностика" та "ВЦН діагностика" мають доступний інтерфейс, що дозволяє легко користуватися ними працівникам газотранспортних підприємств, які не мають спеціальних знань із програмування. Нижче наведено результати експрес-діагностики технічного стану ГТУ типу ГТК-10-4, встановлених у цеху 1 КС Правохеттінська головної ділянки системи газопроводів СРГО-Центр ТОВ "Тюментрансгаз" (табл. 1), та результати розрахунку технічного стану ВЦН типу НЦ-16-76/1,44 того ж самого цеху (табл. 2).

Програми було передано для апробації в Інженерно-технічний центр "Оргтехдіагностика", де з їх допомогою було проведено розрахунки під час паспортизації обладнання на компресорній станції Сизрань. У таблиці 3 наведено зіставлення значень потужності агрегату ГТК-10-4, отриманих за замірами за допомогою приладу ІКМ і обчислених за методиками за параметрами потужності (М-1) та експрес-методом (М-2) на КС Сизрань.

Найбільше значення похибки 3,21% для режи-

му 1 пов'язано з тим, що на цьому режимі агрегат працював за межами рекомендованих значень завантаження ГТУ 60-120%. У цьому діапазоні завантаження, як зазначено в таблиці 3, похибка метода не перевищує навіть 2%.

Використання технологій та програмно-інформаційних засобів, описаних у цій роботі, дає змогу виконати оперативну діагностику газотурбінних установок та відцентрових нагнітачів цехів компресорних станцій, розрахувати коефіцієнти їх технічного стану, оперуючи невеликою кількістю штатних режимних параметрів газотранспортної системи.

Отримані коефіцієнти можна використати при виконанні подальших розрахунків режимів газотранспортних систем. Це дозволить одержати результати, що більш адекватно відбивають газодинамічні процеси в газопроводах, об'єктивно визначити та врахувати технічний стан обладнання, терміни й обсяги його ремонтів, зменшити витрати палива та електроенергії.

Таблиця 1. Результати розрахунку технічного стану ГТУ типу ГТК-10-4, які встановлено в цеху 1 КС Правохетінська (режим знято 09.10.01)

№ ГПА	Напряцьовано, годин	Тиск		Температура, град.С			1-й після рем.	До тренду	Потужність, кВт		ККД еф.	КТС	Температура, град.С				Тиск за ОК для наявної Не	
		атм., мм.рт.ст.	за ОК, Ати	вх. ОК	перед ТВГ	за ТНТ			факт.	наяв.			ТВД розрах.	ТВД наяв.	ТНД розрах.	ТНД наяв.	наявний Не, Ати	розрах., Ати
1	100	760,0	3,4688	15,0	780,0	-	Ні	Так	10000	10000	0,2888	1,000	780,0	780,0	506,0	506,0	3,469	3,469
1	100	750,0	2,8079	30,0	780,0	-	Ні	Так	7182	7182	0,2691	0,900	780,0	780,0	530,3	530,3	2,808	2,808
1	100	740,0	2,8705	25,0	780,0	-	Ні	Ні	7376	7376	0,2700	0,900	780,0	780,0	528,5	528,5	2,870	2,870
2	200	755,0	3,0944	20,0	780,0	-	Ні	Так	8344	8344	0,2777	0,900	780,0	780,0	519,7	519,7	3,094	3,094
2	200	760,0	3,2528	15,0	780,0	-	Ні	Ні	8998	8998	0,2827	0,900	780,0	780,0	513,8	513,8	3,253	3,253
2	200	745,0	3,5372	0,0	780,0	-	Ні	Так	10044	10044	0,2893	0,900	780,0	780,0	504,3	504,3	3,537	3,537
3	300	760,0	4,0111	-15,0	-	486,4	Ні	Ні	11999	11999	0,3041	0,899	779,9	779,9	486,4	486,4	4,011	4,011
3	300	760,0	4,0481	-25,0	-	461,5	Ні	Так	12000	12000	0,3052	0,900	748,0	748,0	461,5	461,5	4,048	4,048
3	300	760,0	4,0851	-35,0	-	437,1	Ні	Так	12000	12000	0,3062	0,900	716,9	716,9	437,1	437,1	4,085	4,085
3	300	760,0	4,0851	-35,0	716,9	-	Ні	Так	12000	12000	0,3062	0,900	716,9	716,9	437,1	437,1	4,085	4,085

Таблиця 2. Результати розрахунку технічного стану ВЦН типу НЦ-16-76/1,44, який встановлено в цеху 1 КС Правохетгінська (режим знято 11.07.01)

Густина газу, кг/м ³	Атмосферний тиск, мм.рт.ст.	Тиск ВЦН, Ати		Температура, град.С		Обороти ВЦН	Факт.потуж. приводу, кВт	КТС за політр. напором	КТС за політр. ККД
		входу	виходу	входу	виходу				
0,6700	760,0	54,45	72,05	15,75	41,50	4386	9794,0	0,8784	0,9048
0,6700	760,0	52,72	72,56	13,90	42,30	4758	13238,0	0,8638	0,9250
0,6700	760,0	52,59	72,56	13,90	42,30	4764	13184,0	0,8682	0,9349
0,6700	760,0	52,00	72,00	14,00	42,00	4800	1300,0	0,8683	0,9651
Середнє значення для режиму								0,8697	0,9325

Таблиця 3. Потужності агрегату ГТК-10-4 КС Сизрань

Номер режиму	Оберти СТ, об/хв.	Потужність заміряна, кВт	Потужність за М-1, кВт	Похибка, %	Потужність за М-2, кВт	Похибка, %
1	4160	4930	4972,7	0,87	4776,6	-3,21
2	4300	5403	5353,2	-0,92	5337,5	-1,23
3	4450	6526	6336,8	-2,90	6518,8	-0,11
4	4600	7609	7386,4	-2,93	7601,9	-0,09
5	4400	6086	6048,6	-0,61	6096,9	0,18
6	4300	5405	5406,9	0,04	5391,6	-0,25

1.Вертепов А.Г. Экспресс-метод оценки загрузки и технического состояния ГТУ // Сб. Совершенствование машин и агрегатов газовой промышленности. – М., ВНИИГАЗ, 1994. – С. 44-45.

2.Получение и учет фактических характеристик оборудования при расчетах режимов компрессорных станций магистральных газопроводов / Линецкий И.К., Лещенко И.Ч., Вертепов А.Г. // Проблемы загалльної енергетики. – 1999. – №1. – С. 40-47.