Фізико-технічні проблеми транспорту та зберігання енергоносіїв

УДК 621.64.029

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПОТУЖНИХ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ БАГАТОНИТКОВИХ СИСТЕМ

[1] В.Я. Грудз, [1] Я.В. Грудз, [2] В.І. Слободян

[1] ІФНТУНГ, 76019,м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42157
e-mail: public@nung.edu.ua

[2] УМГ "Прикарпаттрансгаз" філія ДК "Укртрансгаз" НАК "Нафтогаз України", 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Незалежності,48, тел. (0342) 750923
e-mail: ifip.ptg@naftogaz.net

Подається оцінка величини ККД компресорного цеху багатоцехової компресорної станції при ступінчастому регулюванні режимів роботи системи шляхом відключення газоперекачувальних агрегатів великої одиничної потужності
Ключові слова: газоперекачувальний агрегат, регулювання.

Дана оценка величины КПД компрессорного цеха многоцеховой компрессорной станции при ступенчатом регулировании режимов работы системы путем отключения газоперекачивающих агрегатов большой единичной мощности.
Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, регулирование

The estimation size EFFICIENCY of compressor shop multishop compressor station is given at step regulation of modes operations system by switching-off of units for swapping gas of the large individual capacity
Keywords: gas compressor unit, control.

Аналіз функціонування багатониткової газотранспортної системи (ГТС) свідчить, що у разі зміни режиму її роботи найважче забезпечувати ефективність тих компресорних станцій (КС), в яких переважають цехи з газоперекачувальними агрегатами (ГПА) великої одиничної потужності (25 МВт і 10 МВт). Вимкнення і увімкнення таких агрегатів викликає найбільші зміни режиму в сусідній ГПА і цехах, причому цей процес супроводжується значними перетіканнями середовища міжцеховими перемичками. Необхідно, щоб у всіх режимах нагнітачі працювали в зоні найбільш високих ККД, а навантаження газотурбінного привода було близьке до номінального. Труднощі, що при цьому виникають, можна простежити на прикладі нагнітача 650-21-2 з приводом від ГТУ .

На рис. 1 зображено розрахункові характеристики ділянок газопроводу діаметром 1400, довжиною 95, 100 і 105 км за коефіцієнта ефективності ділянок газопроводу $E = 0{,}95$ і тиску на виході $p_1 = 7{,}5$ МПа. Там само зображені характеристики ділянок зі зниженим коефіцієнтом ефективності до 0,85, які можна одночасно розглядати як характеристики з $E = 0{,}95$, але за тиску на виході $p_2 = 7{,}2$ МПа. На графіку нанесені криві сумарних характеристик двох відцентрових нагнітачів (ВН) 650-21-2 за різних відносних частот обертання. Також нанесені лінії ККД ВН згідно із заводською характеристикою зі значеннями від 0,82 до 0,76. Також вказана лінія сумарної внутрішньої потужності двох ВН 45 МВт, побудована для ККД процесу стискування 0,78. Як видно з графіків, зона максима-

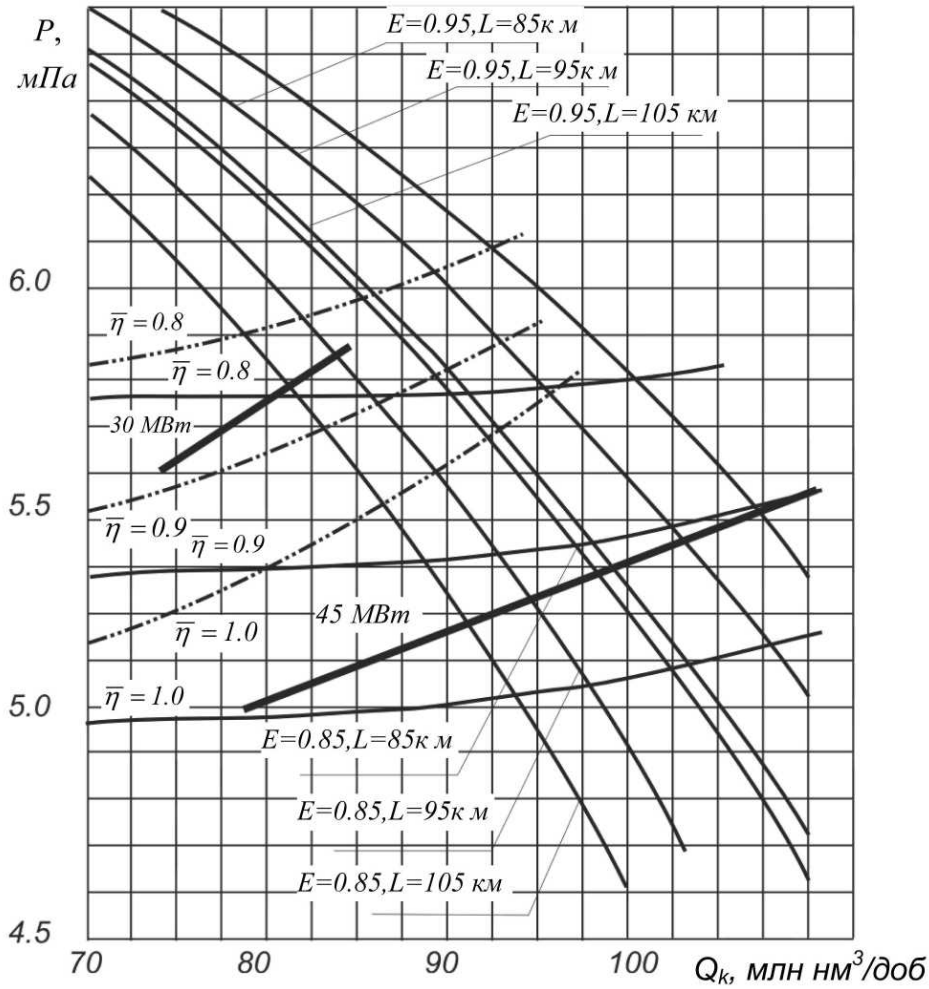

Рисунок 1 – Загальна характеристика двох паралельно працюючих нагнітачів ВН 650-21-2 з двома паралельними нитками газопроводу

льних ККД під час роботи двох агрегатів розташована в області розрахункових режимів.

Однак здебільшого при існуючих режимах газопроводу робочі точки не можна нанести на цю характеристику, оскільки внаслідок перетікань газу в менш завантажені або вільні нитки, дійсна характеристика газопроводу проходить правіше вказаної на рис. 1. З метою більш повного завантаження працюючих агрегатів у пониженого проти нормального значення ступеня стискування КС і роботі в цеху двох ВН ГПА 25 їхні робочі точки на діаграмі розташовуються праворуч від зони максимальних ККД, а це дає безсумнівний енергетичний виграш. При вимиканні ж одного агрегату ВН 650-21-2 характеристика цеху не перетинає робочу зону характеристики ділянки газопроводу, тобто в цьому випадку перетікання повинні походити від сусідніх цехів. Тому для оптимізації роботи складної ГТС перетікання необхідні. Перетікання між компресорними цехами повинні забезпечувати повне завантаження привода і роботу нагнітача в зоні високих ККД. Однак у випадку існуючої проточної частини ВН 650-21-2 за зниженого значення ступеня стискування КС це досить складно і на даний час ще не реалізовано.

У зв'язку з цим для забезпечення більш ефективної роботи ВН ГПА потужністю 25 МВт у сформованих умовах експлуатації ГТС необхідно розробити більш сучасну, спеціально призначену для більшості КС проточних частин ВН на номінальну частоту обертання 4670 об/хв. Така конструкція повинна мати робочі колеса просторового типу і лопаткові дифузори в обох ступенях [1, 3].

Під час роботи двох таких ВН із номінальною потужністю привода із ступенем стискання 1,30…1,37 газ об'ємом 20-30 млн. нм^3/добу можна перемичкою передавати в сусідній цех (чи цехи) 20-30 млн. нм/добу. Після вимкнення одного з ГПА той, що залишився, може ефективно працювати з ККД, вищим 80%, з витратою до 70 млн. нм^3/добу. Отже, перетікання із сусідньої нитки для вирівнювання навантаження у трубопроводах буде істотно меншим, ніж у випадку наявних ВН 650-21-2, RP-2BB-36 та ін. Тобто, переваги такої проточної системи безсумнівні.

Отже, при сформованих режимах роботи газотранспортної системи для більшості агрегатів потужністю 25 МВт значну частину часу необхідне зниження ступеня стискання ВН до 1,30... 1,35, внаслідок чого в умовах паралель-

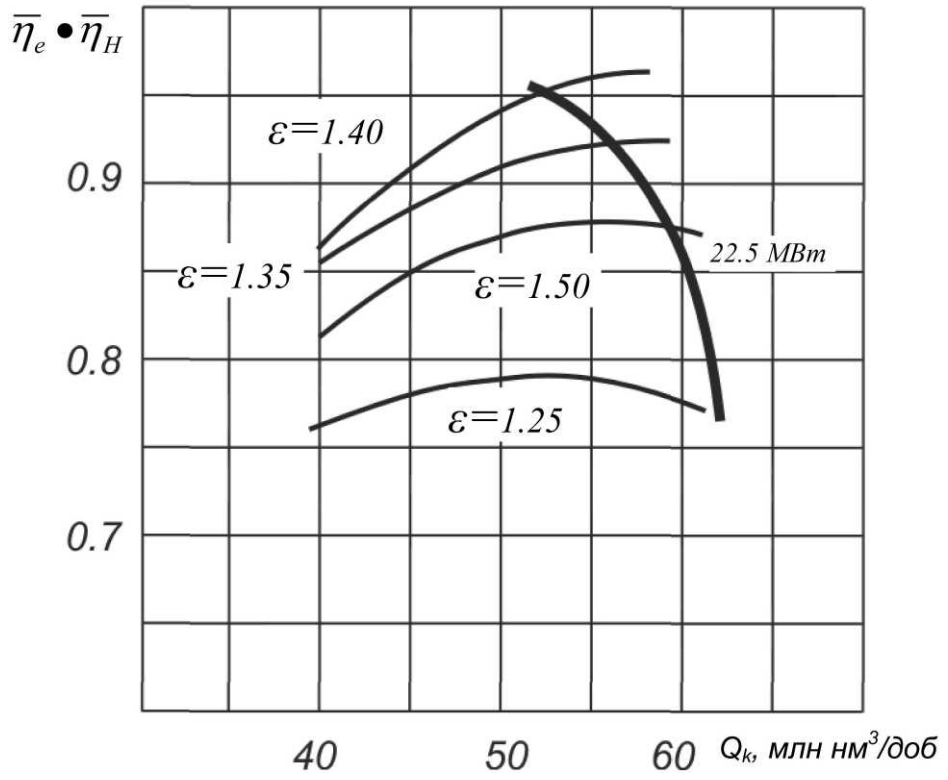

Рисунок 2 – Залежність $\overline{z}_e \cdot \overline{z}_н$ від витрати Q_k за різних значень $e_{цн}$

ної роботи двох ГПА і використання повної потужності привода витрата складе 120-130 млн. нм^3/добу. Щоб робочі точки ВН не потрапляли до зони знижених ККД, необхідне розширення зони ефективної роботи існуючих нагнітачів, і, крім того, розташування її в області великих витрат. Для вирівнювання витрат по трубопроводах неминучі перетікання перемичками в сусідні менш завантажені лінії.

З метою запобігання наближенню характеристик нагнітачів, що працюють в цеху, до границі стійкості ГПА повинні бути завантажені приблизно рівномірно. Для визначення оптимального завантаження одного агрегату пропонується такий метод.

Будується залежність ККД ГПА від продуктивності і режиму роботи. Тоді ККД газоперекачувального агрегату [2] становитиме:

$$\eta_{ГПА} = K_{дод}\eta_e\eta_H \ ,$$

де: $K_{дод}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати енергії;

η_e – фактичний ефективний ККД ГТУ, що залежить від відносної приведеної потужності і враховує температуру атмосферного повітря та технічний стан ГТУ;

$\eta_н$ – ККД ВН, що залежить від витрати, ступеня стискування і технічного стану нагнітача.

Якщо втрати, пов'язані з технічним станом ГТУ і ВН, включити в $К_{дод}$, то визначальними чинниками для ККД ГТУ буде наявна ефективна потужність, а для відцентрового нагнітача – комерційна продуктивність.

Очевидно, що найменша витрата паливного газу на ГПА буде досягнута (за інших рівних умов) при максимальному добутку $\eta_e \cdot \eta_н$, (де $\eta_e \cdot \eta_н$ – величини ККД, віднесені до номінальних режимів). Максимальні значення η_e за відомої потужності можна визначити за діаграмою режимів ГТУ, а $\eta_н$ – за характеристикою нагнітача.

На рис. 2 зображено залежності $\eta_e \cdot \eta_н$ від $Q_к$ для агрегату ГТН-25 із ВН 650-21-2 за декількох значень $\varepsilon_{КС}$ від 1,25 до 1,40. При $\varepsilon_{КС}$=1,45 досягатиметься максимальне значення добутку, тобто $\eta_e \cdot \eta_н$=1,0. Показане також розміщення лінії внутрішньої потужності N_i=22,5 МВт, розраховане при $\eta_н$=0,78. Отримана графічна залежність підтверджує, що максимальний ККД цього ГПА зростає з наближенням ступеня стискування до номінального значення і має максимум приблизно при $Q_к \approx 50$ млн. нм^3/добу.

Такі криві є важливим інформаційним матеріалом для експлуатаційного персоналу. Для цеху вигідно утримувати потужність ГТН-25, близькою до номінальної, завдяки пологій залежності добутку $\eta_e \cdot \eta_н$ від витрати. Надлишкову для даного цеху витрату варто передавати перемичкою в сусідній лінії. У випадку зниження ступеня стискування $\varepsilon_{КС}$ з ВН 650-21-2 неминуче зросте питома витрата паливного газу.

Для згаданої вище проточної частини ВН фірми GHH-Borsig завдяки сприятливо розташованій і широкій зоні високого ККД за будь-якого ступеня стискування вигідне максимальне завантаження привода.

З аналізу спільних характеристик ділянок газопроводу довжиною 85-105 км і нагнітачів різних типів ГПА потужністю 25МВт випливає, що цими ВН у цехах газотранспортної системи можна виконувати ефективне східчасте регулювання з підтримкою високих ККД ВН тільки раціонально використовуючи наявні перемички між цехами для здійснення заздалегідь обчислених перетікань, домагаючись максимально можливого завантаження газотурбінного привода і забезпечення режиму роботи ВН у зоні високих ККД.

Для компресорних цехів з агрегатами потужністю 25 МВт перепади тисків між нитками повинні вимірюватися диференціальним способом, щоб можна було більш точно задавати підвищений режим роботи цеху, в який доцільно збільшити приплив газового потоку для збільшення навантаження ГПА, чи, навпаки, знизити його режим роботи для повернення в зону високих ККД відцентрового нагнітача.

Література

1 Ковалко М.П. Трубопровідний транспорт газу // [М.П. Ковалко, В.Я. Грудз, В.Б. Михалків та ін.]. – К.: АренаЕКО, 2002. – 600 с.

2 Поршаков Б.П. Методика определения состояния и технологических показателей ГПА с применением параметрической диагностики / [Б.П. Поршаков, А.В. Матвеев, А.С. Лопатин и др.] // Трубопроводный транспорт нефти и газа: Тр. МИНХиГП им. И.М. Губкина. – 1973. – Вып. 95. – С. 155-164.

3 Дурнов П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры / П.И.Дурнов. – К.–Одесса: Вищ.шк. Головное изд-во, 1985. – 262 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 20.10.10

Рекомендована до друку професором ***Д.Ф. Тимківим***