

УДК 622.691

## ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ НА КОМПРИМУВАННЯ ГАЗУ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИМИ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИМИ АГРЕГАТАМИ

Ю.В. Чучук

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

*Чучук Ю.В. Шляхи мінімізації витрат на компримування газу електропровідними газоперекачувальними агрегатами.*

Проаналізовано сучасний стан нормативної бази, щодо диференційованих тарифів на електроенергію в Україні та економічну доцільність їх застосування для перекачування газу.

*Ключові слова:* електропривідні газоперекачувальні агрегати, диференційовані тарифи за періодами часу, аналіз, мінімізація витрат

*Чучук Ю.В. Пути минимизации затрат на компримирование газа электропроводными газоперекачивающими агрегатами.*

Проанализировано современное состояние нормативной базы, по дифференцированным тарифам на электроэнергию в Украине и экономическую целесообразность их применения для перекачки газа.

*Ключевые слова:* электроприводные газоперекачивающие агрегаты, дифференцированные тарифы по периодам времени, анализ, минимизация расходов

*Chuchuk Yu.V. Ways of minimizing the cost of gas compression electrically compressor units.*

The current state of the regulatory framework regarding differentiated tariffs for electricity in Ukraine and the economic feasibility of their use for pumping gas.

*Keywords:* electric gas compressor units, differentiated tariffs for periods of time analysis, cost minimization

Історично склалося так, що частка газотурбінних газоперекачувальних агрегатів (ГПА) в газотранспортній системі України була значно вищою ніж електропривідних. Станом на 2008 рік частка газотурбінних ГПА і газомотокомпресорів (ГМК) у структурі Газотранспортної системи України складає 77%, електропривідних ГПА – 23% [1]. Крім того до 2009 року, вони ще й активніше використовувались через нижчу собівартість роботи порівняно з електропривідними.

Після підняття цін на газ ситуація кардинально змінилась.

Концепцією розвитку, модернізації і переоснащення газотранспортної системи України на 2009-2015 рр. було схвалено, а пізніше і впроваджено в життя активніше використання електропривідних ГПА на практиці. Одним з пунктів Концепції прозвучало передбачити застосування системи диференційованих тарифів на електроенергію, в яких враховані добова та сезонна нерівномірність навантаження електроенергетичної системи [2]. В таких умовах проблема мінімізації витрат на компримування газу електропровідними газоперекачувальними агрегатами стає все більш актуальною.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанню оптимізації витрат на транспортування газу через вибір типу приводу ГПА, присвячена значна увага іноземних (Гарріс Н.А., Кологринов М.М.) та вітчизняних вчених (Патон Б.Є., Крижанівський Є.І., Орлова В.К., Данилюк М.О., Гораль Л.Т., Моца В.Г., Комаров В.М., Слободян М.Б., Томашевський М.О. та ін.). Дослідженням диференційованих тарифів на електроенергію значну увагу приділяли Находов В.Ф., Яроцька Т.В., Горбоненко А.О. та ін. Водночас питання застосування диференційованих тарифів на електроенергію для транспортування газу недостатньо висвітлено в наукових працях.

*Метою* дослідження є проаналізувати сучасний стан нормативної бази, щодо диференційованих тарифів на електроенергію в Україні та економічну доцільність їх застосування для перекачування газу.

### Виклад основного матеріалу дослідження

При прийнятті рішення, щодо доцільності використання електроенергії або природного газу, як джерела приводу ГПА, крім ціни, слід врахову-

вати те, що природний газ Україна постійно імпортує, а електроенергію експортує.

За даними Міністерства енергетики та вугільної промисловості України в 2012 році експорт електроенергії з України склав 9,745 млрд. кВт×год., а в січні-квітні 2013 року її він збільшився ще на 26% (на 651,1 млн. кВт×год) в порівнянні з аналогічним періодом 2012 року – до 3158,8 млн. кВт×год. [3]

За даними British Petroleum, за період 1990-2012 рр. виробництво електроенергії в Україні скоротилось з 298,5 млрд. кВт×год до 198,0 млрд. кВт×год. [4] В основному зниження виробництва електроенергії пояснюється зниженням її споживання, яке скоротилось за цей період з 248,432 млрд. кВт×год до 162,834 млрд. кВт×год. За рахунок цих тенденцій втрати електроенергії під час її транспортування та розподілу зросли з 7,34% до 11,5% від її виробництва, а в абсолютному значенні, незважаючи на різке зниження виробництва, втрати практично не змінились. Отже чим більше електроенергії буде вироблятися і споживатись, тим меншими будуть її втрати. Крім того, ще й за рахунок ефекту масштабу її собівартість буде знижуватись.

Як довідково зазначено в Енергетичній стратегії України, під час транспортування природного газу в газотранспортній системі щороку витрачається (переважно на роботу газоперекачувальних агрегатів) 5,5-5,8 млрд. м<sup>3</sup> газу [5]. Проте ці дані були правдивими для ситуації 2004-2005 рр.

Починаючи з 2010 року, в основному, завдяки ширшому використанню електропривідних ГПА вдалося значно скоротити витрати паливного газу. Зокрема, лише у 2012 році ПАТ «Укртрансгаз» скоротив обсяги споживання природного газу на виробничо-технологічні потреби на 37% або 1,25 млрд. м<sup>3</sup>. Основна складова витрат газу на виробничо-технологічні потреби – це паливний газ газоперекачувальних агрегатів. Його витрати становлять біля 2% від обсягу газу, що надійшов до газотранспортної системи (ГТС). Починаючи з 2010 року використання електропривідних ГПА на основних експортних магістральних газопроводах зросло від 3 до 50%. Що дозволяє майже вдвічі скорочувати витрати дорогого паливного газу в українській ГТС [6].

Сьогодні на українській газотранспортній системі встановлено 158 електропривідних газоперекачувальних агрегатів загальною потужністю 820 МВт, що становить 14,7% від сумарної потужності усіх компресорних станцій [7].

При цьому існують резерви, які дозволять газотранспортним підприємствам економити ще більшу кількість коштів. При використанні електропривідних ГПА слід враховувати можливість розрахунків за електроенергію на основі тарифів, диференційованих за періодами часу.

В світовій практиці розрізняють наступні основні види тарифів для розрахунків за електричну енергію [8]:

- тариф за лічильником електроенергії, який передбачає плату тільки за електроенергію ( $E$ ) в кВт×год обліковану лічильниками, виходячи з його показів ( $N$ ) і тарифної ставки за 1 кВт×год електроенергії ( $T$ );
- ступінчастий тариф за лічильником, який складається з декількох прямих тарифів, які зменшуються або збільшуються залежно від обсягів споживання електроенергії. В основному в ринкових економіках зі збільшенням споживання вартість електроенергії для споживача знижується, що пов'язано з тим, що зі збільшенням виробництва (споживання) витрати на 1 кВт×год знижуються. Одним із винятків з цього правила є тарифікація споживання електроенергії населенням в Україні, яка носить соціальний характер (ціни для населення є значно нижчими ніж для інших споживачів), і передбачає зростання тарифу зі збільшенням споживання;
- диференційований тариф за лічильником, відрізняється від ступінчастого тим, що єдина тарифна ставка розподіляється не на всю кількість спожитої електроенергії, а на її частину в певному діапазоні;
- потрійний тариф передбачає крім плати за спожиту електроенергію, ще й плату за одиницю підключеної потужності і постійну плату за підключення;
- двоставковий тариф з основною ставкою за потужність приєднаних енергоспоживачів передбачає плату за сумарну потужність під'єднаних енергоспоживачів і плату за спожиту електроенергію;
- двоставковий тариф з оплатою максимального навантаження передбачає оплату, як максимального навантаження споживача, так і споживання електроенергії за лічильником;
- двоставковий тариф з основною ставкою за потужність споживача, яка бере участь в максимумі енергосистеми враховує не загальну максимальну потужність споживача, а заявлену ним одноразову потужність, яка бере участь в максимумі енергосистеми;
- одноставковий тариф диференційований за часом доби, днями тижня і сезонами року передбачає тільки плату за електроенергію обліковану лічильниками, але за різними диференційованими ставками

Суть системи розрахунків за електроенергію на основі тарифів, диференційованих за періодами часу, зводиться до того, що енергогенеруючими підприємствами в силу технологічних умов виробляється приблизно рівна кількість електроенергії в періоди часу протягом доби. При цьому її споживання не є таким рівномірним. Тарифи на електроенергію диференційовані за періодами доби широко застосовуються в багатьох країнах світу.

Тому з метою ефективнішого використання електроенергії передбачена можливість розрахунків за електроенергію на основі тарифів на

електроенергію з урахуванням добової і сезонної нерівномірності навантаження на електроенергетичну систему. Можливість такої тарифікації була запроваджена в Україні з 1995 року. На даний момент діє схема затверджена Постановою НКРЕ від 20.12.2001 р. № 1241 (зі змінами і доповненнями), яка передбачено два варіанти розрахунків за

електроенергію на основі тарифів, диференційованих за періодами часу [9]:

- двозонні тарифи, диференційовані за періодами часу (табл. 1);
- тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу (табл. 2).

Таблиця 1. Двозонні тарифи, диференційовані за періодами часу

Тариф	Період	Тривалість періоду, годин	Тарифні коефіцієнти
Денний	з 7-00 до 23-00	16	1,5
Нічний	з 23-00 до 7-00	8	0,4

Таблиця 2. Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу

Тариф	Період			Тривалість періоду, годин	Тарифні коефіцієнти
	січень, лютий, листопад, грудень	березень, квітень, вересень, жовтень	травень-серпень		
Піковий	з 8-00 до 10-00 з 17-00 до 21-00	з 8-00 до 10-00 з 18-00 до 22-00	з 8-00 до 11-00 з 20-00 до 23-00	6	1,68
Напівпіковий	з 6-00 до 8-00 з 10-00 до 17-00 з 21-00 до 23-00	з 6-00 до 8-00 з 10-00 до 18-00 з 22-00 до 23-00	з 7-00 до 8-00 з 11-00 до 20-00 з 23-00 до 24-00	11	1,02
Нічний	з 23-00 до 6-00	з 23-00 до 6-00	з 24-00 до 7-00	7	0,35

Режим використання електричної енергії споживачами, які розраховуються за диференційованими тарифами, сприяє зменшенню величини навантаження в години ранкового та вечірнього максимумів навантаження об'єднаної енергосистеми України та частково компенсує зростаючий негативний вплив режиму споживання електроенергії побутовими споживачами [10].

Дана тарифікаційна схема неодноразово зазнавала критики.

Проведений аналіз результатів використання диференційованих тарифів показав, що за період 1995-2000 рр. кількість споживачів, що застосовували ці тарифи поступово зростала, в результаті чого відбулося помітне вирівнювання добових графіків електричного навантаження енергосистеми. Однак, починаючи з 2001 року, конфігурація добових графіків навантаження об'єднаної енергосистеми помітно не змінювалась, тобто подальшого їх вирівнювання не відбувалось. Це, зокрема, підтверджують результати аналізу суттєвості зміни нерівномірності добових графіків навантаження енергосистеми протягом останніх 10 років, який базувався на використанні статистичного критерію Фішера. Це свідчить про вичерпання можливості подальшого впливу на зміну попиту споживачів на електричну потужність [11, 12].

Фахівці виділяють наступні проблемні питання щодо використання диференційованих тарифів:

1) зниження економічної зацікавленості споживачів у використанні диференційованих тарифів (так якщо на етапі впровадження диференційованих тарифів кратність тарифних коефіцієнтів становила  $1,8/0,25=7,2$ , то постановою НКРЕ

України від 04.11.2009 р. № 1262 встановлено нові значення тарифних коефіцієнтів і на сьогоднішній день цей показник складає  $1,68/0,35=4,8$ );

2) відмінності у встановлених тарифних зонах доби для різних груп споживачів (зокрема суб'єктів господарювання і побутових споживачів);

3) низький рівень поінформованості споживачів, щодо тарифних систем [10].

Хоча дана зональна тарифікація не є ідеальною, проте і в діючому варіанті, вона дозволяє здійснювати суттєву економію для деяких споживачів.

Проведемо порівняння економічної доцільності застосування постійного тарифу і тарифів на електроенергію диференційованих за періодами часу для компримування газу на електропровідних ГПА.

При використанні простого тарифу без диверсифікації за зонами вартість електроенергії спожитої за добу становитиме:

$$V_{EE}^I = 24 \times N_{доб} \times T_E,$$

де  $N_{доб}$  – середня потужність споживання електроенергії протягом доби;  $T_E$  – тариф на електроенергію у відповідності з класом напруги.

При двозонному тарифі вартість електроенергії  $V_{EE}$  обчислюють за формулою:

$$V_{EE}^{II} = [(0,4 \times 8) \times N_H + (1,5 \times 16) \times N_D] \times T_E,$$

де  $N_H$  – середня потужність споживання електроенергії протягом нічного періоду;  $N_D$  – середня потужність споживання електроенергії протягом денного періоду.

При тризонному тарифі вартість електроенергії  $V_{EE}$  обчислюють за формулою:

$$V_{EE}^{\text{III}} = T_E \times [(0,35 \times 7) \times N_H + (1,02 \times 11) \times N_{\text{НП}} + (1,68 \times 6) \times N_{\text{П}}]$$

де  $N_{\text{НП}}$  – середня потужність споживання електроенергії протягом напівпікового періоду;  $N_{\text{П}}$  – середня потужність споживання електроенергії протягом пікового періоду.

Для проведення аналізу можна виділити два варіанти:

1) електроенергія споживається на постійній основі протягом доби;

2) електроенергія споживається нерівномірно протягом доби, при цьому є можливість переносити періоди споживання з більшою потужністю на періоди з нижчими тарифами.

Розглянемо перший варіант, коли припускається, що електроенергія споживається на постійній основі протягом доби. Якщо врахувати, що при двохзонному тарифі  $N_{\text{Доб}} = N_{\text{Доб}} + N_H$ , то вартість електроенергії спожитої за добу становитиме:

$$V_{EE}^{\text{II}} = [(0,4 \times 8) \times N_H + (1,5 \times 16) \times N_{\text{Д}}] \times T_E = [0,4 \times 8 + 1,5 \times 16] \times N_{\text{Доб}} \times T_E = 27,2 \times N_{\text{Доб}} \times T_E$$

Якщо врахувати, що при трьохзонному тарифі  $N_{\text{Доб}} = N_{\text{П}} + N_{\text{НП}} + N_H$ , то вартість електроенергії, спожитої за добу, становитиме:

$$V_{EE}^{\text{III}} = T_E \times [(0,35 \times 7) \times N_H + (1,02 \times 11) \times N_{\text{НП}} + (1,68 \times 6) \times N_{\text{П}}] = [0,35 \times 7 + 1,02 \times 11 + 1,68 \times 6] \times N_{\text{Доб}} \times T_E = 23,75 \times N_{\text{Доб}} \times T_E$$

Отже можна зробити висновок, що якщо споживання електроенергії протягом доби є приблизно рівним, і при цьому немає можливості переносити періоди споживання з більшою потужністю на періоди з нижчими тарифами, то застосування двохзонних тарифів є дуже невигідним, оскільки призводить до збільшення вартості електроенергії, спожитої за добу на 13,33%, а застосування трьохзонних тарифів, навпаки, приводить до економії трохи більше 1% витрат на електроенергію за добу. Тому, якщо розглянути другий варіант, коли є можливість переносити періоди споживання з більшою потужністю на періоди з нижчими тарифами, то застосування двохзонного тарифу може бути вигідним тільки в тому випадку коли споживання електроенергії в нічний час більш ніж в 7,5 разів перевищує споживання в денний час.

Якщо розглянути варіант, коли є можливість переносити періоди споживання з більшою потужністю на періоди з нижчими тарифами, то застосування трьохзонного тарифу в будь-якому разі буде економічнішим, адже навіть при рівній завантаженості протягом доби вартість спожитої електроенергії є нижчою, ніж при постійному тарифі.

Однією з переваг електропровідних ГПА порівняно з газотурбінними є можливість легкого запуску і зупинки двигуна, а тому, найкращий

ефект спостерігався б тоді, якщо б можна було звести до мінімуму споживання електроенергії для роботи електропровідних ГПА в пікові періоди часу.

Проведемо порівняння спожитої електроенергії електропровідним ГПА – ЕГПА-25рч при двох варіантах роботи для постійного і трьохзонного тарифу. Потужність агрегату 25 МВт. В силу специфіки галузі, компресорні станції завжди відносяться до 1 класу споживачів електроенергії, а тому тариф на електроенергію приймемо 0,7952 грн. за 1 кВт×год (без ПДВ) станом на 01.06.2013 р.

При постійному тарифі кількість електроенергії витраченої на роботу ГПА за добу становитиме (для спрощення розрахунків абстрагуємось і будемо вважати, що реальна потужність дорівнює номінальній):

$$V_{EE}^{\text{I}} = 24 \times N_{\text{Доб}} \times T_E = 24 \times 25000 \times 0,7952 = 477120 \text{ грн}$$

Якщо б можна було звести до мінімуму споживання електроенергії в пікові періоди часу, тоді вартість електроенергії спожитої за добу (18 годин роботи) одним агрегатом при трьохзонному тарифі становила б:

$$V_{EE}^{\text{III}} = T_E \times [(0,35 \times 7) \times N_H + (1,02 \times 11) \times N_{\text{НП}} + (1,68 \times 6) \times N_{\text{П}}] = 0,7952 \times [(0,35 \times 7) \times 25000 + (1,02 \times 11) \times 25000 + (1,68 \times 6) \times 0] = 271760 \text{ грн}$$

Вартість електроенергії на 1 годину роботи ЕГПА-25рч становила б при трьохзонному тарифі 15098 грн., проти 19880 грн. при постійному тарифі.

Отже економія на 1 годину роботи такого агрегату, при повній відмові від експлуатації таких агрегатів в пікові періоди електроспоживання, за трьохзонними тарифами становила б 4782 грн., а при середньому напруженні такого агрегату 4500 год./рік (250 днів по 18 год.) економія за рік склала б 21,519 млн. грн.

Проте цей варіант є утопічним і технічно невиправданим. Адже на запуск ГПА та виведення його на запланований режим роботи потрібна значна кількість електроенергії, а також те що під час запусків і зупинок агрегату відбувається найбільший знос деталей агрегату та його поломки.

Тому розглянемо третій варіант. Коли споживання при трьохзонному тарифі протягом доби є рівномірним, вартість електроенергії, спожитої протягом доби становитиме:

$$V_{EE}^{\text{III}} = T_E \times [(0,35 \times 7) \times N_H + (1,02 \times 11) \times N_{\text{НП}} + (1,68 \times 6) \times N_{\text{П}}] = [0,35 \times 7 + 1,02 \times 11 + 1,68 \times 6] \times 25000 \times 0,7952 = 472150 \text{ грн.}$$

Отже, як видно економія за одну добу використання трьохзонного тарифу при повному навантаженні і рівномірній роботі ГПА протягом доби, відносно постійного тарифу становитиме 4970



грн./добу (за увесь рік без зупинок і при повному навантаженні – це близько 1,8 млн. грн.) при використанні тільки одного агрегату, а зазвичай на компресорній станції працює два агрегати одночасно.

Додатковою перевагою застосування на компресорних станціях трьохзонних тарифів служитиме й те, що в нічний час споживання електроенергії є вищим за рахунок значних витрат на освітлення території компресорної станції.

### Висновки

Запровадження в Україні можливості застосувати тарифи на електроенергію диференційовані за періодами доби дозволило частково покращити

проблему нерівномірності її споживання протягом доби.

На основі аналізу постійного тарифу на електроенергію і тарифів, диференційованих за періодами доби, можна дійти висновку, що для компримування природного газу електропровідними ГПА найдоцільнішим є їх експлуатація за трьохзонними тарифами диференційованими за періодами часу з максимальною відмовою від експлуатації в пікові періоди часу. За найпесимістичнішими прогнозами це призводить б до економії близько 1,8 млн. грн. на рік в розрахунку на один агрегат потужністю 25 МВт.

### Список літератури:

1. Аналіз ефективності експлуатації газотурбінних та електропривідних газоперекачувальних агрегатів ДК «Укртрансгаз» [текст] : [звіт про техніко-економічні дослідження] / Нормативно-аналітичний центр ДК «Укртрансгаз». – К., 2006. – 34 с.
2. Про схвалення Концепції розвитку, модернізації і переоснащення газотранспортної системи України на 2009-2015 роки [Текст] : розпорядження від 21 жовтня 2009 р. № 1417-р // Офіційний вісник України. – 2009. – № 93. – С. 76-78.
3. Статистична інформація за січень-квітень 2013 року [Електронний ресурс] : (Офіційний веб-сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України). — Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/category?cat\\_id=35081](http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/category?cat_id=35081). — Назва з екрана.
4. Statistical Review of World Energy 2013 [Електронний ресурс] : (Офіційний веб-сайт British Petroleum). — Режим доступу: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-world-energy-2013.html>. — Назва з екрана.
5. Енергетична стратегія України на період до 2030 року : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р ; із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26 березня 2008 року [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/FIN38530.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.html)
6. Розпочато промислову експлуатацію автоматизованої системи управління SAP // Трубопровідний транспорт. – 2013. – № 1(79). – С. 4-5.
7. Халатов А. Критичний стан і шляхи вдосконалення механічного приводу для газотранспортної системи [Текст] / А. Халатов [та ін.] // Вісник Національної академії наук України. – 2009. – № 9 – С. 14-23.
8. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления [Текст] / В.В. Михайлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
9. Про тарифи, диференційовані за періодами часу: постанова Національної комісії регулювання електроенергетики України № 1241 від 20 грудня 2001 р. / НКРЕ України // Інформаційний Бюлетень НКРЕ. – 2002. – № 1.
10. Плачинда В.Д. Актуальні питання використання тарифів на електричну енергію, диференційованих за періодами часу / В.Д. Плачинда [та ін.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – № 9(79). – С. 14-22.
11. Находов В.Ф. Перспективні напрямки розвитку диференційованих за періодами часу тарифів на електричну енергію / В.Ф. Находов, Т.В. Яроцька, А.О. Горбоненко // Энергетика. Екологія. Людина. – Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – С. 94-102.
12. Праховник А.В. Аналіз основних причин нерівномірності попиту споживачів на електричну потужність та енергію (у розрізі груп споживачів та регіонів України). Управління попитом споживачів на електричну потужність та енергію шляхом подальшого розвитку системи диференційованих за часом тарифів [Звіт про виконання науково-дослідної роботи] / А.В. Праховник, В.Ф. Находов, А.І. Замулко [та ін.]. – НТУУ «КПІ» ІЕЕ, 2009. – Зареєстр. в УкрІНТЕІ № 0108U007882.

Надано до редакції 26.04.2013

Чучук Юрій Володимирович / Yuriy V. Chuchuk  
Yuriy.Chuchuk@gmail.com

### Посилання на статтю / Reference a Journal Article:

Шляхи мінімізації витрат на компримування газу електропровідними газоперекачувальними агрегатами [Електронний ресурс] / Ю.В. Чучук // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2013. – № 2 (7). – С. 28-32. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2013/n2.html>