УДК 622.691

Чучук Ю. В.,
аспірант кафедри обліку і аудиту Івано-Франківського національно-технічного університету нафти і газу

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІН ЦІН ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ВИБІР ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ (ГПА)

У статті проаналізовано залежність витрати енергоресурсів на компресорних станціях залежно від напрацювання, а також проаналізовано доцільність експлуатації певних типів агрегатів залежно від кон'юнктури цін на енергоносії.
Ключові слова: *газотурбінні ГПА, електроприводні ГПА, компресорна станція.*

В статье проанализирована зависимость расхода энергоресурсов на компрессорных станциях в зависимости от наработки, а также проанализирована целесообразность эксплуатации определенных типов агрегатов в зависимости от конъюнктуры цен на энергоносители.
Ключевые слова: *газотурбинные ГПА, электроприводные ГПА, компрессорная станция.*

The article analyzes the dependency on energy consumption compressor station depending on the results, and to analyze the feasibility of operating certain types of aggregates, depending on the energy markets.
Keywords: *gas turbine compressor, electric compressor, compressor station.*

Постановка завдання. Зважаючи на останні події, які відбуваються на енергетичному ринку України, все більша увага приділяється економії та мінімізації витрат.

Одним із таких шляхів є переведення по можливості компресорних станцій газотранспортних підприємств на використання як палива електроенергії замість паливного газу. Ще донедавна більш економічно вигідним вважалося використовувати як джерело енергії для компримування газу магістральними газопроводами, безпосередньо природний газ.

Аналіз останніх досліджень і результатів. Як звітує Укртрансгаз, за 5 місяців 2012 року компанія, за рахунок використання електроприводних газоперекачувальних агрегатів (ЕГПА), отримала економічний ефект в розмірі 217 млн грн, що майже у 2 рази більше за показники аналогічного періоду 2011 року.

Крім того, за січень-травень 2012 року компанія зменшила використання газу на виробничо-технологічні потреби до рівня 906 млн м^3, що у 1,5 раза менше (1 364 млн м^3) за показники аналогічного періоду минулого року. Укртрансгаз максимально можливо використовує електропривід у газоперекачувальних агрегатах протягом двох років [3].

Мета і завдання дослідження. Метою статті є проаналізувати граничні межі коливання цін, які впливають на економічну доцільність застосування одного з видів палива над іншим.

Виклад основного матеріалу. Кожен з видів палива має свої переваги та недоліки. Проте останнім часом вплив фактору ціни енергоресурсу на джерело енергії особливо підвищився.

Для аналізу ефективності застосування газотурбінних та електроприводних ГПА було використано фактичні дані КС "Бар-2" Барського ЛВУМГ УМГ "Черкаситрансгаз" за 2007-2008 рік.

КС "Бар-2" ідеально підходить для аналізу, оскільки має у своєму складі дві компресорні станції:

КС-37 – три ГПА з газотурбінним приводом типу ГПА-25С з системою автоматичного керування (САК) ГПА типу "ССС";

КС-37Б – три ГПА з електроприводом типу ЕГПА-25рч з САК ГПА типу "СУРФ "Інек".

За своєю потужністю і технічними характеристиками КС-37 і КС-37Б є співрозмірними: обидві мають у своєму складі по три ГПА потужністю 25 МВт кожен. Загальна потужність станцій 75 МВт.

Для того, щоб порівнювати економічну ефективність роботи газотурбінних і електроприводних газоперекачувальних агрегатів, найкращим показником була б собівартість транспортування тис. м^3 газу. Проте існує низка чинників, які не завжди дозволяють її об'єктивно обчислити:

1. Не завжди є можливість порахувати, яку роботу виконав той чи інший агрегат з позицій щодо перетранспортованого газу.

Для прикладу, в 2008 р. через КС-39 "Прогрес" Богородчанського ЛВУМГ УМГ "Прикарпаттрансгаз" перетранспортовано 25 466 850,528 тис. м^3, проте в тому числі агрегатами лише 353 775,080 тис. м^3. Це означає, що через станцію всього пройшло 25 466 850,528 тис. м^3 газу, проте станція взяла участь укомпримуванні лише 353 775,080 тис. м^3. Решта газу пройшла через станцію так званим "транзитом" [4].

2. Важливим показником є також тиск газу на вході та виході з компресорної станції. Адже кожна компресорна станція не є відокремленою, а працює у зв'язці (як взаємопов'язана система), і тиск газу на виході зі станції – робота не лише цієї станції, але й усіх попередніх, які створили тиск на вході в станцію.

© Чучук Ю. В., 2012

3. Потрібно також враховувати показник відстані і географічні особливості місцевості. Адже при транспортуванні 1 000 м газу на 1 км буде виконана одна робота, а на транспортування на 10 км зовсім інша. Крім того, має значення рельєф місцевості, кількість і висота підйомів тощо.

Тому для порівняння економічної ефективності газотурбінних та електроприводних газоперекачувальних агрегатів скористаємось собівартістю 1 год роботи ГПА. Дані показники будуть співрозмірними, оскільки потужності агрегатів є однаковими.

А тому для початку проаналізуємо залежність витрати кожного з видів палива на одну годину роботи кожного з агрегатів. Вихідні дані для аналізу подані в таблиці 1.

Таблиця 1

Витрата палива залежно від напрацювання агрегату

Рік	Місяць	Газотурбінні ГПА		Електроприводні ГПА	
		Напрацювання, год.	Розхід пал. газу, куб. м	Напрацювання, год.	розхід ел. енергії, кВт год.
2007	січень	1 493	9 043 594	0	161 700,00
	лютий	1 100	6 528 202	0	147 972,00
	березень	971	5 925 393	0	151 272,00
	квітень	1 022	6 046 472	44	1 346 268,00
	травень	588	3 341 310	923	19 105 812,00
	червень	1 013	5 810 784	937	20 195 472,00
	липень	878	4 866 317	1202	25 959 648,00
	серпень	627	3 487 814	1174	24 011 064,00
	вересень	732	4 137 540	1436	30 050 328,00
	жовтень	1 103	6 564 705	1132	24 200 880,00
	листопад	1 417	8 424 241	391	9 210 432,00
	грудень	1 367	7 520 902	744	15 603 192,00
2008	січень	1494	8382700	908	20 371 692,00
	лютий	1296	7229591	799	18 702 948,00
	березень	1495	8318721	1012	22 478 544,00
	квітень	1440	8261558	916	20 912 628,00
	травень	1384	7756654	1381	29 942 484,00
	червень	1445	8335401	1217	27 200 448,00
	липень	1492	8964638	408	9 795 852,00
	серпень	1488	8906763	496	11 397 540,00
	вересень	1445	8336107	492	11 451 528,00
	жовтень	1489	8899060	522	11 915 508,00
	листопад	1396	8166546	0	168 168,00
	грудень	1488	8935003	0	186 648,00
	Всього	29 663	172 190 016	16134	354668028

Таким чином, виходячи з загального напрацювання обох типів агрегатів та витрати палива, можна визначити середню її витрату на 1 год роботи: для ГПА-25С – 5 804,88 м^3/год, для ЕГПА-25рч – 21 982,64 кВт·год.

Проте для проведення аналізу, важливо дослідити, адекватність цієї величини при різних напрацюваннях. Для цього проведемо дослідження функціональних зв'язків між напрацюванням та витратою палива для обох типів ГПА.

Кількість годин напрацювання агрегату будемо вважати факторною ознакою (x), а витрату палива результативною (y). З метою аналізу, припускаємо, що між факторною та результативною ознакою існує лінійний зв'язок виду: $y = ax + b$, де a і b – коефіцієнти лінійного рівняння (a – коефіцієнт при змінній, b – вільний член).

Для розрахунку параметрів лінійного рівняння скористаємося надбудовою "Пакет аналізу" для Microsoft Excel. За допомогою функції регресія, було розраховано коефіцієнти лінійного рівняння. Для газотурбінного ГПА рівняння отримало вигляд: Y = 5929,55; X – 154097,16, а для електропровідного ГПА – Y = 21230,027; X = 505948,340.

Побудуємо графіки розсіювання для обох варіантів (див. рис. 1 і 2).

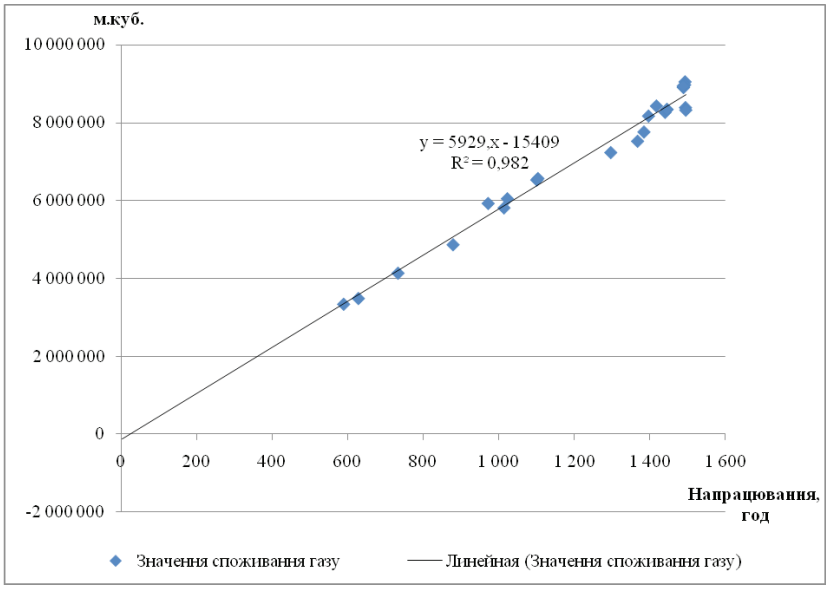

Рис. 1. Графік розсіювання та лінійної апроксимації витрати паливного газу залежно від напрацювання газотурбінного ГПА-25С

Як видно з даних рисунків, апроксимуюча пряма проходить дуже близько до фактичних даних дослідження. Про високий зв’язок факторної і результативної змінної свідчать і дуже високі коефіцієнти кореляції: 0,9827 та 0,9955 для газотурбінних та електропровідних агрегатів відповідно.

Проте рівняння апроксимуючих прямих не є адекватними по всій своїй дожині. Так, при напрацюванні 0 год. на місяць витрата паливного газу становила б від’ємне значення 154 097 м^3, а електроенергії 505 948 кВт·год, а при напрацюванні 1 год – від’ємне значення 148 167 м^3 та 527 178 кВт·год відповідно.

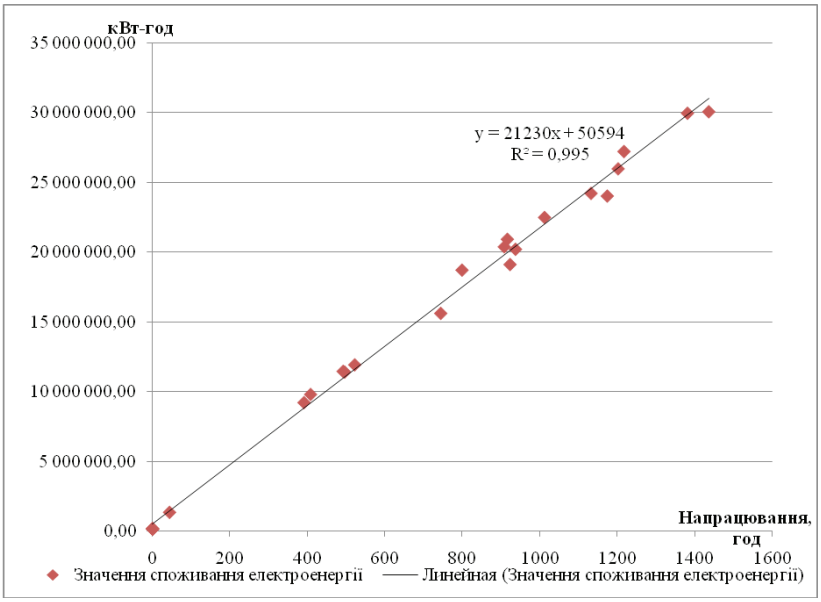

Рис. 2. Графік розсіювання та лінійної апроксимації витрати електроенергії залежно від напрацювання електропровідного ЕГПА-25рч

Крім того, на витрату пального при напрацюванні ГПА впливають кількість зупинок та запусків, технологічні втрати та інші.

Виходячи зі своїх властивостей, лінійна функція найточніші результати мала б показувати посередині інтервального ряду. А тому визначимо середнє напрацювання обох типів ГПА за досліджуваний період. З табл. 1 знаходимо, що середнє напрацювання газотурбінних ГПА на КС становило 1236 год/міс., а електропривідних 672,25 год/міс.

За формулами лінійних рівнянь розхід енергоресурсів при середніх значеннях напрацювання становив би: для ГПА-25С – 7 174 584 м^3/міс., або 5804,88 м^3/год (те саме що й проста середня), для ЕГПА-25рч – 14 777 834,5 кВт·год/міс., або 21982,65 кВт·год/год.

При цьому важливе значення для аналізу мають значення вільного члена (коефіцієнта b) лінійного рівняння. Так, оскільки його значення для рівняння витрати паливного газу залежно від напрацювання є від'ємним, то зі збільшенням напрацювання, кількість витрати паливного газу на одиницю часу роботи агрегату буде зростати. Виходячи з лінійного рівняння для електроприводних ГПА, для них тенденція буде оберненою. В основному це пояснюється тим, що в вихідних даних напрацювання електроприводних ГПА було значно нижчим, а в окремі періоди, вони взагалі простоювали, при цьому дані щодо витрати електроенергії подані для КС в цілому з урахуванням інших витрат на її потреби.

Так, для прикладу при напрацюванні КС 1400 год. на місяць, середній розхід енергоресурсів за лінійним вирівнюванням становив би: для ГПА-25С – 5 819,5 м^3/год. паливного газу, а для ЕГПА-25рч – 21 591,4 кВт·год/год електроенергії.

Оскільки для обох варіантів напрацювання (x) є незалежною змінною, виразимо за допомогою співвідношення, якій кількості паливного газу відповідає кількість використаної електроенергії.

При середніх навантаженнях КС: 5804,88 м^3 паливного газу = 21 982,65 кВт·год електроенергії, тобто 1 м^3 паливного газу виконує таку ж роботу, як і 3,79 кВт·год електроенергії, або 1 кВт·год електроенергії виконує таку ж роботу, як і 0,264 м^3 паливного газу. Виходячи з попередніх суджень, очевидно, що при збільшенні напрацювання кількість електроенергії, яка відповідатиме обсягу використаного газу для виконання однакової роботи буде зменшуватись.

Проведемо розрахунок для середнього навантаження КС (1400 год) – наближеного до максимального, а отже, і найефективнішого. Співвіднісши середній розхід енергоресурсів на 1 год роботи ГПА, отримаємо, що 1 м^3 паливного газу виконує таку ж роботу, як і 3,71 кВт·год електроенергії, або 1 кВт·год електроенергії виконує таку ж роботу, як і 0,27 м^3 паливного газу.

Отже, якщо б на прийняття рішення щодо вибору джерела енергії для роботи ГПА впливала лише вартість енергоносіїв, та вартість 1 м^3 паливного газу дорівнювала вартості 3,71 кВт·год електроенергії, з економічного погляду, перекачувати газ обома видами енергії (для ГПА типу ГПА-25С та ЕГПА-25рч) було б однаково вигідно.

Так це відбулося б, якби при теперішній ціні на газ (станом на 1 липня 2012 р.) вартість електроенергії зросла до 0,8931 грн за 1 кВт·год (або на 20%) або якби вартість газу знизилась до 2398 грн за тис. куб. м. (або на 29,1%).

Мають дані про вартість енергоресурсів, проаналізуємо, яким з видів енергії вигідніше було б проводити компримування. Для цього Приведемо ціни на паливний газ та електроенергію до спільного знаменника, наприклад грн./тис.м^3 паливного газу, тобто визначимо вартість такої кількості електроенергії витраченої на ЕГПА-25рч, яка б відповідала роботі 1000 м^3 паливного газу на ГПА-25С.

Привівши фактичну вартість електроенергії в умовну ціну за 1000 куб. м газу отримуємо такі результати (див. рис. 3).

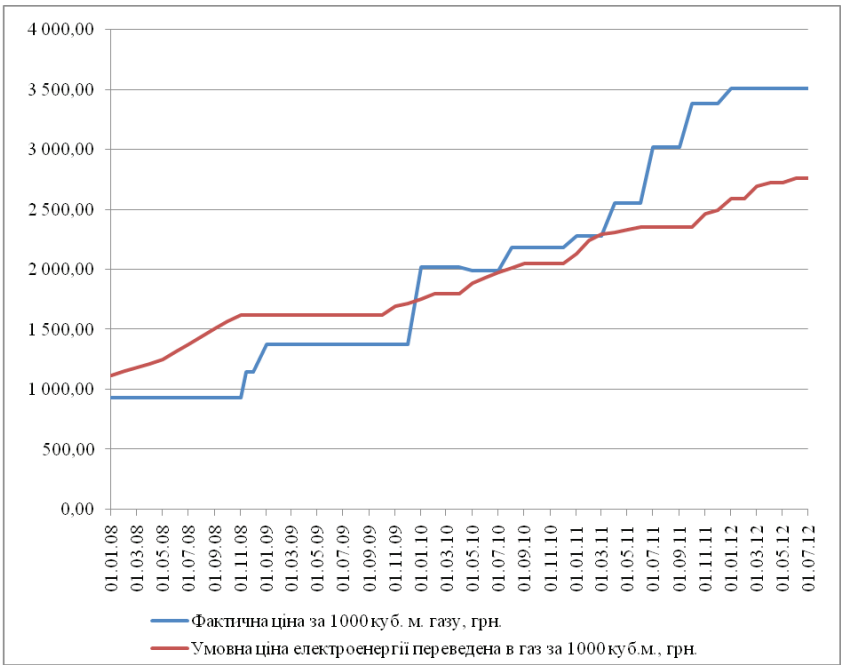

Рис. 3. Приведення цін на електроенергію до ціни природного газу в розрахунку на однакову виконану роботу

Отже, як видно з рисунка 3, в умовах українських цін на енергоресурси, до 1 січня 2010 року економічно доцільніше було здійснювати компримування газу магістральними газопроводами за допомогою газотурбінних ГПА, а починаючи з зазначеної дати – за допомогою електроприводних ГПА. Практично однакова результативність простежувалася також станом на 01.07.2010 р. та 01.03.2011 р.

Висновки:

1. Витрати паливного газу та електроенергії майже лінійно залежать від часу напрацювання ГПА.

2. Для електроприводної КС-37Б простежується скорочення витрати електроенергії зі зростанням напрацювання за місяць, а для газотурбінної КС-37 навпаки.

3. Для прийняття рішення щодо економічної доцільності застосування як джерела палива для ГПА природного газу й електроенергії, варто порівняти вартість одиниці роботи для обох видів палива. Так, якщо б на прийняття рішення щодо вибору джерела енергії для роботи ГПА впливала лише вартість енергоносіїв, та вартість 1 $м^3$ паливного газу дорівнювала вартості 3,71 кВт·год електроенергії, з економічного погляду, перекачувати газ обома видами енергії (для ГПА типу ГПА-25С та ЕГПА-25рч) було б однаково вигідно.

4. Починаючи з 1 січня 2010 року, в зв'язку з різким підвищенням цін на природний газ, економічно доцільнішим стало здійснювати компримування природнього газу магістральними газопроводами за допомогою електроприводних ГПА.

Література:

1. 178 млн грн було зекономлено Укртрансгазом за 5 місяців 2012 року [текст] // Трубопровідний транспорт № 3 (75). – 2012. – Ст. 3.

2. Аналіз ефективності експлуатації газотурбінних та електроприводних газоперекачувальних агрегатів ДК "Укртрансгаз" [текст] : [звіт про техніко-економічні дослідження] / Нормативно-аналітичний центр ДК "Укртрансгаз". – К., 2006. – 34 с.

3. Гірничий енциклопедичний словник [текст] : в 3 т. / за загальною редакцією В. С. Білецького. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2001. – Т. 1 : – 2005. – 512 с. ISBN 966-7804-14-3.

4. Орлова В. К., Чучук Ю. В. Аналіз економічної і енергетичної ефективності газотурбінних і електроприводних газоперекачувальних агрегатів (ГПА) [текст] // Науковий вісник ІФНТУНГ. – Івано-Франківськ, 2010. – № 1 (23). – 86 с.