

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ**

**М.Б. Кузик, М.О. Карнаш**

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 506611,  
e-mail: kuzyk.misha@gmail.com*

*Розглядаються напрямки зниження витрат енергоносіїв, які підвищують ефективність використання природного газу на компресорних станціях. Проведено аналіз енергоефективних технологій в газових мережах, а саме детандергенераторної технології, використання вторинних енергоресурсів та промислових установок "Водолей". Визначено напрями підвищення енергетичної ефективності та раціонального використання енергетичних ресурсів управліннь магістральних газопроводів.*

Ключові слова: виробничо-технологічні втрати газу, детандер-генераторний агрегат, вторинні енергетичні ресурси.

*Рассматриваются направления снижения затрат энергоносителей, повышающие эффективность использования природного газа на компрессорных станциях. Проведен анализ энергоэффективных технологий в газовых сетях, а именно детандергенераторной технологии, использование вторичных энергоресурсов и промышленных установок "Водолей". Определены направления по повышению энергетической эффективности и рациональному использованию энергетических ресурсов управлений магистральных газопроводов.*

Ключевые слова: производственно-технологические потери газа, детандер-генераторный агрегат, вторичные энергетические ресурсы.

*The ways of reducing the consumption of energy sources, which increase the efficiency of natural gas use at compressor stations are considered. The energy-efficient technologies in gas supply systems, namely the expander-generator technology, the use of secondary energy resources and "Aquarius" production units are analyzed. The ways of increasing the energy efficiency and rational use of energy resources to control main gas pipelines are defined.*

Keywords: engineering and manufacturing gas losses, expander-generator unit, secondary energy resources.

### **Вступ**

Енергозбереження в Україні є необхідним завданням для забезпечення потреби в паливі в умовах дефіциту паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), що дасть змогу заощадити його як в натуральному, так і в грошовому еквіваленті. Окрім того, свідке зростання вартості енергоресурсів на світових ринках потребує від споживачів застосування енергозберігаючих технологій і методів, що дають змогу суттєво знизити обсяги їх споживання. Особливої уваги потребують питання енергозбереження у газотранспортній галузі. Оскільки економіка України залишається енергоємною: витрати ПЕР на одиницю ВВП орієнтовно в 3 рази перевищують показники розвинених країн світу [1].

Відомо, що основні потужності газотранспортної системи (ГТС) України спроектовані, побудовані та введені в дію у 60-80-х роках минулого століття. Про необхідність модернізації ГТС та інвестицій в її модернізацію стали замислюватися вже в 2000-х роках, коли вперше відмітили високий знос ГТС [2]. Велике споживання країнами Західної та центральної Європи вуглеводнів та нерівномірність розміщення їх родовищ робить Україну, через її географічне розташування та наявну розвинуту мережу газо-, нафтопроводів, важливим транспортним вузлом між країнами-експортерами та країнами-споживачами. Для збереження конкурентоспроможності і привабливості для експортерів актуальною є задача зменшення енерге-

тичних витрат на транспортування природного газу та підвищення надійності лінійної частини системи, компресорних станцій та підземних газосховищ.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

В процесі експлуатації газових мереж виникає багато проблемних питань пов'язаних з втратами і витратами газу від вирішення яких залежить ефективність використання енергоресурсу. Це потребує комплексного підходу, детального аналізу проблем та пошуку альтернативних шляхів їх вирішення.

Великий внесок у вивчення шляхів підвищення енергетичної ефективності газотранспортної системи України зробили багато вчених, у тому числі: В.П. Захаров, А.С. Патиченко, Б.І. Щелковський, М.О. Дикий, Ю.М. Бондин, Р.М. Говдяк, Л.Б. Чабанович, В.І. Романов, Y. Yurkevych, O. Savchenko, В.М. Коломєєв, В.Ю. Богданович, О. М. Суходоля, О.М. Складенко, А.Р. Чабанович.

Багатьма дослідниками проводився аналіз напрямів по зменшенню споживання енергетичних ресурсів, але вони розглядали це питання лише з одного боку. Нами було проведено комплексний аналіз шляхів підвищення енергетичної ефективності ГТС України з врахуванням втрат і витрат на компресорних станціях та втратах при транспортуванні енергоресурсів.

Основною складовою ГТС України є мережа магістральних газопроводів та газопрово-

дів-відгалужень і є єдиним технологічним комплексом, який працює в безперервному робочому режимі. Загальна довжина газопроводів по Україні становить 38,55 тис. км, у тому числі магістральних газопроводів – 22,16 тис. км і газопроводів-відгалужень – 16,39 тис. км. Кількість газорозподільних станцій (ГРС) становить 1 455. По всій довжині газопроводу рівномірно (кожні 100–150 км) розподілені компресорні станції, які виконують функцію підтримання необхідного тиску та швидкості руху газу в трубі (оскільки через тертя газу до стінок труби два останні показники через велику протяжність газопроводів знижуються). Компресори підтримують тиск (а відповідно і пропускну здатність газопроводу), додаючи потрібний об'єм газу. Парк газоперекачувальних агрегатів ПАТ «Укртрансгаз» налічує 702 одиниці, у тому числі з газотурбінним приводом – 448, з електроприводом – 158, газомотокомпресорів – 96, загальною потужністю 5440 МВт. Вони розміщені на 72 компресорних станціях (КС), у складі яких знаходиться 108 компресорних цехів. Крім того, КС обладнуються устаткуванням для осушення, очищення, одоризації газу. На компресорних станціях є хімічні лабораторії, де періодично аналізують склад води, мастила та інших робочих речовин, а також перевіряють загазованість об'єктів [3].

Щоб підвищити енергетичну ефективність необхідно зменшити споживання енергетичних ресурсів, зокрема природного газу. Під час транспортування ГТС зменшити споживання природного газу можна за рахунок зменшення його втрат. Відповідно до наказу Міністерства палива та енергетики України № 264 від 30.05.2003 втрати природного газу бувають виробничо-технологічними та втратами на власні потреби [4]. Виробничо-технологічні втрати – це газ, що втрачається під час транспортування газу газорозподільними та внутрішньобудинковими мережами, а також під час виконання профілактичних робіт і поточних ремонтів. Власні потреби підприємств газового господарства – це витрати газу, які безпосередньо не пов'язані з технологічним процесом транспортування газу, наприклад, витрати на потреби систем опалювання, гарячого водопостачання, вентиляції приміщень підприємств постачання та реалізації газу.

#### **Мета і завдання досліджень**

Мета статті полягає у визначенні оптимальних шляхів підвищення енергетичної ефективності газотранспортної системи України.

Задачами дослідження є визначення та аналіз основних напрямів по зменшенню споживання енергетичних ресурсів на компресорних станціях і при транспортуванні газу.

#### **Виклад основного матеріалу**

Аналізуючи газотранспортну систему нашої держави, відзначимо, що значним споживачем паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в галузі є об'єкти транспортування газу. Власні потреби КС у паливному газі становлять

8–10 % від обсягу газу, що транспортується. Але технічна потужність становить, як відомо, тільки 30–35 % теплоти, яка виробляється газогенератором газотурбінного привода. Решта теплоти у вигляді високо- і низькопотенційних теплових потоків розсіюється у навколишньому середовищі. Тому ще одним напрямком економії ПЕР в галузі є підвищення ефективності їх використання в газотранспортній системі, зокрема за рахунок утилізації вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР).

Вторинними енергетичними ресурсами називаються теплові відходи технологічних виробництв промислових підприємств, комунальних, побутових, житлових та інших об'єктів. До категорії ВЕР можливо також зарахувати геотермальні води; гарячі мінеральні джерела, теплота яких не використовується в бальнеології, спалюваний супутній газ під час нафтовидобування; гаряча нафта, що видобувається тощо [5].

За видом ВЕР розділяють на три основні групи:

1) гарячі (паливні) вихідні гази печей; відходи, непридатні для подальшої технологічної переробки;

2) теплові ВЕР – фізична теплота відпрацьованих газів технологічних агрегатів; фізична теплота основної, побічної, проміжної продукції і відходів основного виробництва; теплота гарячої води і пара, відпрацьована в технологічних силових установках;

3) ВЕР надлишкового тиску, потенціальна енергія газів і рідин, яку необхідно зменшувати перед наступним рівнем використання рідин (газів) або викиду їх в атмосферу.

У зв'язку з різким зростанням цін на енергоресурси невідворотною є проблема мінімізації їх втрат шляхом утилізації ВЕР, які сьогодні безповоротно втрачаються. До таких втрат потрібно зарахувати втрати теплової енергії, якими супроводжується робота теплових двигунів, зокрема газомотокомпресорів, що є на газоперекачувальних станціях (ГПС) і транспортують газ [6].

Великим енергетичним потенціалом ВЕР наділені відпрацьовані гази (ВГ) приводів газоперекачувальних агрегатів на компресорних станціях магістральних газопроводів. До газоперекачувальних агрегатів належать і газомотокомпресори (ГМК) різних типів та модифікацій потужністю від 0,7 до 2,0 МВт, яких на підприємствах ПАТ «Укргазвидобування», ПАТ «Укрнафта» та ПАТ «Укртрансгаз» налічується понад 250 шт. Викинутий в довкілля тепловий потік ВЕР з зазначених газомотокомпресорів, становить в середньому 520 МВт. На більшості об'єктів, які обладнані такими машинами, використовується тільки теплота системи охолодження двигуна для обігрівання виробничих і побутових приміщень, решта тепла, а це 70–80 % безпосередньо втрачається [7].

Невеликий ККД агрегатів, невикористання енергозберігаючих технологій, застосування ресурсовитратних технологій тощо породжує значні об'єми вторинних енергоресурсів на КС

магістральних газопроводів В них містяться великі резерви енергоресурсозбереження, які можуть бути реалізовані через:

- використання вторинних енергоресурсів;
- використання надлишкового тиску газу з використанням сучасних технологій і обладнання;

- модернізацію і заміну застарілих ГПА на сучасні агрегати з ККД 34-35%, а також модернізацію камер згоряння ГПА шляхом заміни традиційних вихрових реєстрових пальників на прямооточні трубчасті для підвищення ефективності використання паливного газу на КС.

До теперішнього часу в Україні, в основному, вже розроблена достатня кількість екологічних енерго-ресурсозберігаючих технологій і обладнання для КС магістральних газопроводів. Вони дають змогу вже зараз значно збільшити ефективність використання природного газу на компресорних станціях і в перспективі перетворити їх у відносно екологічно чисті енерготехнологічні комплекси комбінованого виробництва різних видів енергії (механічної, електротехнічної, теплової) і води (при впровадженні парогазових установок типу „Водолій”).

Також енергоефективним є застосування на КС монарних парогазових установок (спільна розробка ДПНВК газотурбобудування “Зоря-Машпроект” (м. Миколаїв) та НТУУ “КПІ”), які працюють за циклом “Водолій” і можуть генерувати як електричну, так і механічну енергію [8]. В основу цієї технології покладено подавання пари до камери згоряння газової турбіни, утворення та подавання робочого тіла (у вигляді суміші продуктів згоряння та водяної пари) до газопарової турбіни і регенерацію вологи у вигляді водяного конденсату у контактному конденсаторі. На базі вискоефективних суднових газотурбінних двигунів типу GT10000S і GT15000S розроблено два типи промислових установок «Водолій» потужністю 16 і 25 МВт та ККД 43 і 45% в умовах ISO. Технологія „Водолій” і установки цього типу, на відміну від ГТУ простого циклу, дають змогу одержувати постійну потужність у діапазоні температур зовнішнього повітря від мінус 40 до плюс 50°C; виробляти електричну (або механічну) і теплову енергію у вигляді пари і гарячої води для теплопостачання споживачів; одержувати низькі рівні емісії NO<sub>x</sub> і CO<sub>2</sub>. На номінальному режимі (при оптимальному співвідношенні екологічної пари до паливного газу – 1,5) рівень NO<sub>x</sub> для установок потужністю 16 МВт становить приблизно 35 млн<sup>-1</sup> (близько 70 мг/м<sup>3</sup>) а потужністю 25 МВт – не більше 25 млн<sup>-1</sup> (близько 50 мг/м<sup>3</sup>). Наведені показники підтверджуються досвідом промислової експлуатації монарної ПГУ потужністю 16 МВт на КС Ставищенська ПАТ «Укртрансгаз», де спостерігається зменшення на 40% питомих викидів вуглекислого газу [9]. У перспективі установки „Водолій” мають значні потенційні можливості збільшення щодо їх ефективного ККД до 55–57%.

Одними з основних споживачів природного газу на виробничо-технологічні потреби є

підігрівники газу на газорозподільних станціях (ГРС) [10]. Природний газ в них використовується як паливний газ для безпосереднього нагрівання змійовиків підігрівників газу, або ж для нагрівання проміжного теплоносія у підігрівниках. Підігрівання природного газу на ГРС здійснюється для запобігання утворенню газових гідратів усередині регуляторів тиску газу [11]. Основними методами для попередження утворенню газових гідратів природного газу при його транспортуванні розподільними мережами до споживача є осушування та введення в газовий потік інгібіторів, які дозволяють зменшити точку роси природного газу. На ГРС газові гідрати можуть утворюватися у регуляторі тиску при редукуванні природного газу. Як відомо, основним призначенням ГРС є зменшення тиску газу від тиску у магістральних газопроводах до тиску у розподільних газопроводах, тобто в діапазоні від 10...3 МПа на вході до 1,2...0,1 МПа на виході з регулятора тиску газу. В процесі редукування внаслідок ефекту Джоуля-Томсона крім зниження тиску і температури змінюється вологовміст природного газу. В певному діапазоні значень тисків і температур відбувається процес конденсації водяної пари із газу з подальшим можливим утворенням газових гідратів. Утворення газових гідратів починається при досягненні критичної температури та критичного тиску гідрату-утворення. Для запобігання обмерзанню регуляторів тиску газу на ГРС природний газ перед дроселюванням нагрівають. Залежно від продуктивності ГРС використовують загальне нагрівання природного газу або обігрівання корпусу регулятора тиску газу. У першому випадку природний газ нагрівається перед вузлом редукування, на що витрачається значна частка енергоресурсів. Отже, підвищення ефективності цього виду нагрівання є актуальною задачею.

При редукуванні газу на газорозподільних станціях (ГРС) до необхідних тисків у розподільних мережах втрачається значна кількість потенціальної енергії надлишкового тиску газового потоку, яка була раніше передана йому на компресорних станціях. Використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), до яких відноситься енергія надлишкового тиску природного газу на ГРС, є одним із способів підвищення енергоефективності магістрального транспортування газу.

Однією з енергозберігаючих технологій виробництва електроенергії є детандер-генераторна технологія, що базується на застосуванні на станціях технологічного зниження тиску газу у системах газопостачання детандер-генераторних агрегатів (ДГА), з високою енергетичною ефективністю.

Застосування детандер-генераторних агрегатів (ДГА) замість звичайного дроселювання дозволяє отримати електроенергію за рахунок використання надлишкового тиску природного газу. Детандер-генераторний агрегат – це пристрій, в якому природний газ використовується як робоче тіло (без спалювання). До складу ДГА входять детандер, генератор, теплообмін-

не обладнання, системи контролю і регулювання параметрів роботи та ін. У детандері енергія газового потоку переходить у механічну роботу. Тиск і температура газу при цьому знижуються. Механічна енергія, отримана у детандері, може бути перетворена на електричну енергію в з'єднаному з детандером генераторі. При установленні на існуючих ГРС детандер-генераторного агрегату виникає проблема з підгрівом газу, оскільки зниження температури при розширенні у детандері буде істотно вищим, ніж при дроселюванні. Важливим питанням при впровадженні детандер-генераторних агрегатів є вибір раціонального способу підігріву.

### **Висновки**

Проведений аналіз основних напрямів по зменшенню споживання енергетичних ресурсів визначив такі напрями з підвищення енергетичної ефективності та раціонального використання енергетичних ресурсів управлінь магістральних газопроводів:

– впровадження більш економічних газотурбінних двигунів (ГТД) і газоперекачувальних агрегатів (ГПА);

– постійне дослідження об'єктів та умов фактичних витрат газу в ГТС;

– підвищення економічності роботи ГПА за рахунок використання тепла викидних газів газотурбінних установок (ГТУ);

використання більш економічних підігрівників газу.

Проаналізувавши праці вітчизняних і закордонних науковців, слід відмітити, значну кількість можливих напрямів та заходів, які дозволять підвищити енергоефективність підприємств магістрального транспорту газу, що в свою чергу, підвищить економічну безпеку та укріпить позиції України на міжнародній арені. Також запропоновані заходи дадуть можливість підвищити економію ПЕР і як результат, знизити собівартість виробництва загалом, дозволить підвищити прибутковість підприємств та зацікавленість працівників до політики енергозаощадження.

Оскільки по газотранспортній системі України багато вже досліджено, в наступних дослідженнях варто проаналізувати напрями та заходи для підвищення енергетичної ефективності газових мереж низького і середнього тиску Івано-Франківської області.

### **Література**

1 Богданович В. Ю. Механізми фінансування енергозберігаючих проектів у ринкових умовах господарювання / В. Ю. Богданович, О. М. Суходоля // Вісник НАДУ. – 2003. – № 3. – С. 221–227.

2 Технічна діагностика трубопровідних систем [Текст]: монографія / В.Я. Грудз, Я.В. Грудз, В.В. Костів [та ін.]. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2012. – 512 с.

3 Магістральні газопроводи. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://utg.ua/utg/gts/trunk-pipelines.html>

4 Наказ Міністерства палива та енергетики України N 264 від 30.05.2003. Про затвердження методик визначення питомих втрат та виробничо-технологічних витрат природного газу під час його транспортування газорозподільними мережами.

5 Yurkevych Y. Justification for use of energetic separators for gas distributive stations / Y. Yurkevych, O. Savchenko // Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва”. – Львів: Видво Львівської політехніки. – 2013. – № 756. – С.328–332.

6 Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов [Текст] / Ю.Ф. Макогон – М.: Недра, 1974. – 208 с.

7 Романов В.І. Підвищення ефективності функціонування утилізаційного контуру КПТУ „Водолій” / Романов В.І., Коломеев В.М., Дикий М.О. // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 6. – С.43–46.

8 Дикий М.О. Підвищення ефективності, надійності та екологічної безпеки газотранспортної системи України / [Дикий М.О., Бондин Ю.М., Говдяк Р.М., Чабанович Л.Б., Шелковський Б.І.] // Экологические и ресурсосбережение: Сб. тр. 8-й международной конференции „Енергетична безпека Європи XXI століття”. – 2005. – С.75–77.

9 Источники низкопотенциальной теплоты // Электронный журнал энергосервисной компании “Экологические системы”. – 2007. – № 10, октябрь. – Режим доступу: <http://www.ad.ugatu.ac.ru>.

10 Козак Ф. Нові теплоощадні технології в процесах підготовки і транспорту природного газу / Ф. Козак // Нафтогазова енергетика. – 2006. – №1. – С. 65–70.

11 Захаров В.П. Разработка и внедрение теплоутилизационного оборудования для газоперекачивающих агрегатов / [Захаров В.П., Патыченко А.С., Шелковський Б.И.] – М.: ВНИИЭгазпром, 1988. – С.21–23.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
05.11.18*

*Рекомендована до друку  
професором Грудзом В.Я.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
канд. техн. наук Петришиним І.С.  
(ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»,  
м. Івано-Франківськ)*