

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ УКРАЇНИ

*Р.М. Говдяк*

*ТОВ «ІК «Машекспорт», 04655, м. Київ, Кудрявський узвіз, 7, тел. (044) 4980273,  
e-mail: office@ik-me.com*

*Розглянуто речовини впливи і впливи, що виникають у ході роботи газотурбінних газоперекачувальних агрегатів компресорних станцій магістральних газопроводів і забруднюють навколишнє середовище. Наведено шляхи та обладнання, що знижують цей шкідливий вплив і підвищують енергоекологічну безпеку роботи КС газопроводів.*

**Ключові слова:** компресорна станція, магістральний газопровід, газоперекачувальний агрегат, зовнішнє середовище, екологія.

*Рассмотрены воздействия и вещества, возникающие при работе газотурбинных газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов и загрязняющие окружающую их среду. Показаны пути и оборудование, которые снижают это вредное влияние и повышают энергоэкологическую безопасность работы КС газопроводов.*

**Ключевые слова:** компрессорная станция, магистральный газопровод, газоперекачивающий агрегат, окружающая среда, экология.

*Influence and substances emerging in gas-lift compressor units of gas turbine compressors at main gas pipelines are considered, focus on their polluting effect. Ways to reduce their negative effect and to increase energy-ecology safety of gas-compressor units are described, as well as equipment to be used for this.*

**Keywords:** compressor station, main gas pipeline, gas-lift compressor unit, environment, ecology

Як відомо, газотранспортна система (ГТС) України, крім забезпечення природним газом власних споживачів, виконує важливу функцію транзитної системи, яка постачає на експорт у країни Центральної, Західної Європи, до Молдови та Південних областей Росії близько 104 млрд. кубометрів російського газу (2011 рік) [1].

ГТС України налічує понад 36,6 тис. км газопроводів (22,2 – магістральних газопроводів, 14,4 – газопроводів-відводів), 71 компресорну станцію (КС), 108 компресорних цехів загальною потужністю до 5380 МВт, оснащених 691 газоперекачувальними агрегатами вітчизняного та закордонного виробництва, 13 підземних сховищ із загальною активною ємністю 30,8 млрд. м<sup>3</sup>, 1425 газорозподільних станцій. З'єднані у систему мережею газопроводів підземні сховища забезпечують високу надійність функціонування всієї газотранспортної системи України, що є гарантом безперебійного постачання газу внутрішнім споживачам, а також транзиту газу до Європи.

До парку газоперекачувальних агрегатів (ГПА) ГТС України входять 437 газотурбінних, 158 електроприводних ГПА і 96 поршневих газомотокомпресорів. Частка газотурбінних агрегатів за встановленою потужністю в ДК «Укртрансгаз» складає до 82%. Майже 16% парку газотурбінних ГПА виробили свій моторесурс, до 50% таких ГПА фізично і морально застаріли, мають порівняно низький ефективний ККД 24-26%, незадовільні екологічні характеристики за рівнем шуму і концентрації шкід-

ливих речовин, теплових і газових викидів ГПА у навколишнє середовище.

Щорічно всі КС споживають на власні потреби приблизно 4,5 млрд. кубометрів природного газу, 1,5 млрд. кВт·год електроенергії.

Підприємствами ДК «Укртрансгаз» на рік використовується до 2·10<sup>6</sup> кубометрів води і відводиться в природні об'єкти більше ніж 800 тис. кубометрів, у тому числі без очищення – до 300 тис. кубометрів води.

Щороку газотурбінні та поршневі ГПА викидають з викидними газами понад 108·10<sup>9</sup> МДж теплоти [2].

Таким чином, компресорні станції магістральних газопроводів є складними технологічними комплексами, які забезпечують транспортування природного газу. Вони витрачають на власні потреби значну кількість газу, електроенергії, води і є джерелами забруднення навколишнього середовища, екологічно-, вибухо-, пожежонебезпечними об'єктами. У першу чергу, це стосується КС з газотурбінними ГПА, частка яких за встановленою потужністю в ДК «Укртрансгаз» складає майже 80%.

Газотранспортні підприємства України, в основному КС, викидають на рік у середньому до 120 тонн шкідливих речовин.

Аналіз даних із викидів компресорних станцій в атмосферу свідчить, що найбільшу частку забруднювальних речовин дають продукти згоряння природного газу: оксид вуглецю – понад 13%, оксиди і діоксиди азоту ≈15%. Окрім того, річні викиди природного газу складають до 70%. Інші забруднювальні речовини складають незначну величину. І все це без ура-

хування викидів вуглекислого газу, що містяться в продуктах згорання газу.

Із загальної кількості викидів природного газу на КС, майже 85% припадає на технологічні викиди під час запусків і зупинок ГПА, продування пиловловлювачів, до 10% пов'язано з різного роду витіканнями газу через свищі і нещільності запірно-регульованої арматури і до 5% втрат газу пов'язані з проведенням різного виду ремонтних робіт, ліквідації аварійних ситуацій та ін. Викиди газу мають, в основному, періодичний характер.

Параметри викидів забруднювальних речовин змінюються залежно від сезонних коливань об'ємів газу, що транспортується, та метеоумов (температури зовнішнього повітря тощо). Лінійна частина газопроводу може бути джерелом викиду, насамперед природного газу, який складається в основному з метану, азоту, парів важких вуглеводнів та ін. Причому пара важких вуглеводнів газового конденсату, що викидається з природним газом в атмосферу, є шкідливою речовиною, а природний газ діє як задушлива, наркотична речовина.

Екологічна проблема в районі розташування КС поглиблюється ще й тим, що такі шкідливі речовини, як діоксид вуглецю, можуть перебувати в атмосфері 5-10 років, оксиди азоту – 2,5-4 роки, оксид вуглецю – 0,2-0,5 року, метан – 4-7 років [1]. Як відомо, ці речовини призводять до таких негативних явищ, як кислотні дощі, парниковий ефект, а метан руйнує озоновий шар в атмосфері.

Окрім того, температура викидних газів ГПА, що експлуатуються на КС, знаходиться в межах 250-530°C, що й визначає високий залишковий тепловий потенціал.

Таким чином, до основних дій і речовин, що забруднюють навколишнє середовище поблизу КС, відносяться продукти згорання природного газу в камерах газотурбінних ГПА, печач опалювальних котелень, значні викиди природного газу, теплове і шумове забруднення газоперекачувальними агрегатами.

Проблема зменшення викидів CO, CO<sub>2</sub> з викидними газами газотурбінних ГПА на компресорних станціях найближчим часом буде частково вирішена оптимізацією параметрів і напрямків транспортування газу з використанням методу математичного моделювання і обліком реальних умов експлуатації газопроводів. Це дасть змогу одержати значну економію паливного газу ГПА з еквівалентним зниженням екологічного навантаження на навколишнє середовище. Модернізація газотурбінних ГПА і впровадження нових типів більш економічних агрегатів з підвищеним ККД до 35% і вище також сприяє зменшенню шкідливих викидів на КС.

Підвищенню екологічної безпеки сприятиме також запланована заміна на КС устаткування з пожежогасіння з вогнегасними речовинами – хладонами і галонами – з використанням рідкої вуглекислоти високого та низького тисків, згідно з Монреальським протоколом та Постановою Кабінету Міністрів від 04.03.04 р. №256 «Про затвердження програми припинен-

ня виробництва і використання озоноруйнівних речовин на 2004-2030 рр.».

Дотепер практично не вирішена проблема забруднення навколишнього середовища КС викидами природного газу під час пуску, зупинки ГПА, продуваннями пиловловлювачів та ін.

Понад чверть століття тому в газовій промисловості розроблено і частково впроваджено комплекс науково-технічних рішень зі скорочення технологічних втрат природного газу в 2,5-3 рази. Так, ВНПІтрансгаз розробив і впровадив на газорозподільних станціях (ГРС) принципово нову безвідкаткову систему продування пиловловлювачів.

Для уникнення викидів газу під час запуску газотурбінних ГПА у новостворюваних ГПА і тих, що експлуатуються, як робоче тіло використовують стиснене повітря у пусковій турбіні, а також застосовують електродвигуни для запуску агрегатів.

Уперше в Україні запуск газотурбінних ГПА за допомогою електродвигунів здійснило ВАТ «Сумське НПО ім. М.В. Фрунзе» на агрегатах ГПА-Ц-16С для КС Тарутине магістрального газопроводу Ананьїв – Тирасполь – Ізмаїл. Для уникнення викидів газу в ході ремонту газопроводу застосовують перекачування природного газу з непрацюючого у працюючий газопровід за допомогою пересувного ГПА. У ВАТ «Сумське НПО ім. М.В. Фрунзе» була розроблена технічна пропозиція зі створення пересувного ГПА для утилізації газу під час ремонтів газопроводів, але далі цього справа не пішла.

Концентрації NO<sub>x</sub> у викидних газах агрегатів, особливо таких як ГТК-10, ГТ-750-6, ГТ6-750 та ін., значно перевищують гранично допустимі норми. Проблема забруднення навколишнього середовища на КС оксидами азоту вирішується повільно і важко. Розробляються кілька напрямків її вирішення: створення малотоксичних камер згорання для нових агрегатів, їх реконструкція для експлуатованих ГПА, впорскування води, водяної пари в проточну частину газової турбіни, устаткування каталітичних реакторів на викидних шахтах агрегатів і т.п. Невдовзі проблема викидів NO<sub>x</sub> з викидними газами газотурбінних устаткувань (ГТУ) буде практично вирішена через організацію малоємісного спалювання газу, в тому числі каталітичного, як це вже здійснюється за кордоном.

У зв'язку з підвищенням рівня світової науки і техніки, міжнародної співпраці в цьому напрямку, необхідно розробити єдині і жорсткіші міжнародні норми з викидів газотурбінних ГПА. Уже зараз можна вважати нормою величину концентрації викидів оксидів азоту з викидними газами нових газотурбінних агрегатів ≤50 мг/м<sup>3</sup> (за O<sub>2</sub>=15%) [3]. Реальність цієї величини підтверджується досвідом створення ГТУ в класі потужностей до 25 МВт закордонними фірмами АВВ і Solar, а також вітчизняним досвідом за створення парогазового устаткування «Водолій» НВП «Машпроект» і НТУУ «КПІ» [4, 5].

Шкідливий тепловий вплив на навколишнє середовище поблизу КС створюється викидними газами ГПА. Середньозважений коефіцієнт ККД вітчизняних газотурбінних агрегатів, що перебувають в експлуатації на КС, складає майже 26%. У новостворених ГПА на базі авіаційного або суднового привода він досягає 34-35% завдяки збільшенню початкових параметрів термодинамічного циклу: температури і тиску продуктів згоряння перед турбіною. Це означає, що тільки 26-35% хімічної енергії газу, що спалюється в камерах згоряння агрегатів, використовують з користю. Інша частина, що складає 65-74%, у вигляді теплоти викидається з викидними газами в атмосферу і викликає теплове забруднення навколишнього середовища.

Проведена оцінка свідчить, що сумарна потужність теплового потенціалу всіх газотурбінних ГПА газотранспортної системи України становить до 12000 МВт, що майже в 2,7 рази перевищує їх сумарну номінальну потужність [6].

Основним шляхом боротьби з тепловим забрудненням навколишнього середовища є впровадження заходів і обладнання за найповнішим корисним використанням хімічної енергії пального. Розгляньмо кілька напрямків:

1. Перше і найрадикальніше – це створення і впровадження ГПА простого циклу з високим ефективним ККД, що насамперед залежить від створення жаростійких матеріалів з високою робочою температурою для камер згоряння і турбін, розроблення і впровадження нових систем охолодження лопаток турбін.

2. Розроблення і впровадження бінарного і монарного парогазового устаткування (ПГУ). Прикладом монарного ПГУ є ГПА типу «Водолій» з низькою температурою викидних газів на виході, конденсацією водяної пари і високим ефективним ККД.

3. Утилізація і використання остаточного теплового потенціалу викидних газів ГПА (ВЕР) у першу чергу на технологічні потреби станції.

Як відомо, основним напрямком перспективного розвитку газової промисловості є енергозбереження, яке базується на впровадженні енергетично, екологічно й економічно ефективних технологій і нової техніки.

На даний час розроблено програму науково-технічного прогресу газової промисловості України до 2030 р., яка містить повний комплекс енергетично, екологічно й економічно ефективних заходів, нових технологій і обладнання для транспортування газу.

Загалом у галузі визначили і частково реалізують на практиці такі основні шляхи енергозбереження, як: заміна морально і фізично застарілих ГПА на агрегати з покращеними енергетичними і екологічними характеристиками; утилізація теплових вторинних енергоресурсів (ВЕР) на КС з газотурбінними ГПА; утилізація паливних ВЕР КС під час продування пиловловлювачів, запуску, зупинки ГПА та ін.; утилізація надлишкового тиску природного газу на КС, газорозподільних станціях (ГРС), газорегу-

ляторних пунктах (ГРП) крупних споживачів газу та ін.

У даний час в Україні, незважаючи на економічні труднощі, розробляють і впроваджують прогресивні суднові й авіаційні газотурбінні двигуни, а на їх основі створюють ГПА з передовим рівнем основних експлуатаційних показників енергетичної ефективності, надійності, екології.

Широке застосування на КС газопроводів газотурбінних ГПА зумовлене такими перевагами: невисокими витратами на паливний газ, широким діапазоном регулювання основних параметрів, можливістю автоматичного керування агрегатів.

Проте вітчизняні агрегати ще й сьогодні мають низку недоліків: невисокий ефективний ККД ГПА, що експлуатуються, незадовільні екологічні характеристики (рівень шуму, токсичність викидних газів), залежність потужності і ККД агрегатів від температури зовнішнього повітря, що спричиняє зниження економічних показників транспортування газу в літню пору року і особливо в південних районах країни.

Електроприводи агрегати (ЕГПА) не мають зазначених недоліків.

Великий досвід експлуатації електроприводних ГПА виявив їх переваги порівняно з газотурбінними агрегатами: високу надійність, великий моторесурс (25 років), низький рівень шуму і високу екологічну чистоту, а також значні недоліки вітчизняних агрегатів: відсутність регулювання частоти обертання ротора електродвигуна, неможливість повторного пуску агрегату з гарячого стану. Роботи з усунення цих недоліків проводять у Росії у ТОВ «ВНІГаз», АТ «Привод». Вони розробили новий електродвигун – агрегат СДГ-12500, позбавлений зазначених недоліків.

Позитивний досвід використання частотно-регульовальних електроприводних ГПА імпортного виробництва у виконанні проектів реконструкції електропровідних КС газопроводу ГПЗ-Парабель-Кузбасс ТОВ «Газпром транс газ Томськ» одержано фахівцями ТОВ «ІК «Машекспорт». За їх проектом на сьогодні завершено реконструкцію і успішно експлуатуються дві компресорні станції, ще три – у стадії реконструкції (рис. 1). У 2013 р. планується завершити реконструкцію усіх шести компресорних станцій, що дасть змогу разом з виведеною на проектні тиски лінійною частиною одержати сучасний магістральний газопровід, де повною мірою будуть реалізовані нові технології диспетчерського керування, автоматизації технологічних процесів. Буде одержано додатковий ощадливий і економічний ефект не лише завдяки сучасному компресорному устаткуванню, але і завдяки розрахунку і реалізації оптимальних режимів транспорту газу по газопроводу в динаміці

Створення систем автоматизованого керування технологічними процесами транспорту газу з використанням мікропроцесорної техніки в процесі реконструкції КС дає можливість централізувати диспетчерські служби газотран-



**Рисунок 1 – Реконструкція електроприводних компресорних станцій.  
Газопровід ГПЗ – Парабель – Кузбас ТОВ «Газпром трансгаз Томск» КС Парабель**

спортного об'єднання і значно зменшити чисельність персоналу.

Реалізація цих проектних рішень реконструкції електроприводних компресорних станцій дасть змогу:

- підвищити надійність і безпеку експлуатаційної діяльності,
- забезпечити істотне зниження експлуатаційних витрат за рахунок якісної оптимізації режиму роботи газопроводу;
- організувати експлуатацію обладнання на принципах малолюдних технологій;
- підвищити економічну ефективність виробництва загалом [7].

В умовах надлишку електроенергії в деяких районах України, а також високих тарифів на електроенергію регульовальний електропривод може забезпечити скорочення споживання електроенергії на 25-30%, високий ККД – понад 0,96%, термін служби – понад 25 років, високу надійність роботи ЕГПА, необмежену кількість запусків з гарячого стану, позитивні екологічні характеристики. Це робить ЕГПА перспективним для широкого застосування на КС газопроводів, у результаті чого питомо енергоємність газопроводів можна знизити на 30-50%, і це відповідатиме рівневі передових закордонних газотранспортних компаній.

Для електрозабезпечення ГПА на КС можливе встановлення високоефективних газотурбінних або парогазових електростанцій з ККД 38-58%. Такі електростанції, крім власних технологічних потреб, можуть частину електричної і теплової енергії передавати зовнішнім користувачам [8].

Наприкінці ХХ століття було визнано, що глобальне потепління атмосфери через викиди парникових газів може призвести до катастрофічних змін клімату Землі. Згідно з Кіотським протоколом (грудень 1997 р., Японія) до списку основних парникових газів-забрудників атмо-

сфери входять діоксид вуглецю, метан, водяна пара, оксиди азоту, замітники фреону, а також гексафторид сірки. Зазначимо, що в останні роки виявлено активну роль метану у формуванні парникового ефекту. Через господарську діяльність людини вміст метану в атмосфері зростає приблизно на 1% на рік. Джерелами емісії метану є: тварини, рисові поля, смітники, болота і тундри, системи видобування та транспортування нафти і газу, видобування вугілля та ін., які дають у світі близько 540 млн. т газу на рік. Для стабілізації клімату Землі достатньо зменшити емісію:  $\text{CO}_2$  – на 50-80%, оксидів азоту – на 80-85%, метану – на 10-15% [9]. Серед усіх парникових газів за своїми масштабами головну небезпеку становить діоксид вуглецю  $\text{CO}_2$ , основним джерелом якого є продукти згоряння органічних палив. За даними Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату найбільшим джерелом викидів парникових газів є енергетика. Вона дає 50% промислових викидів.

Тільки газотранспортні підприємства ГТС України, за умови споживання до 4,5 млрд. кубометрів природного газу на рік, викидають в атмосферу 4,5 млрд. кубометрів вуглекислого газу.

Як приклад, у табл. 1 наведено структуру викидів  $\text{CO}_2$  в Україні на кінець ХХ століття [10].

З іншого боку, загальновідомо, що вуглекислота в різних агрегатних станах (газ, рідина, лід) використовується з користю в різних галузях промисловості, побуту та ін. Споживачами вуглекислоти є виробництва безалкогольних, слабоалкогольних напоїв і розлив мінеральних вод, заводи (зварювальні роботи в середовищі вуглекислого газу) та ін. Застосовується вуглекислота також у сільському господарстві для боротьби з гризунами і в приготуванні сирного корму, в парфумерній і медичній про-

Таблиця 1 – Структура викидів CO<sub>2</sub> в Україні на кінець XX століття

№ з/п	Найменування джерела CO <sub>2</sub>	Величина викидів, %
1	Виробництво тепла й електроенергії	50
2	Комунально-побутовий сектор	20
3	Промисловість	19
4	Транспорт	7
5	Аграрний сектор	3
	Інші	1

мисловостях – як розчинник для виробництва екстрактів з рослинної сировини та ін. Починаючи з кінця XIX століття, вуглекислий газ широко використовується як вогнегасна речовина (ВР) у системах пожежогасіння (ПГ). Відповідно до загальноприйнятої думки і як показує практика, вуглекислий газ є ефективною, надійною, технологічною, доступною і дешевою ВР широкого спектра дії.

Таким чином, перед людством стоїть актуальна проблема створення таких технологій, що дають можливість одержувати вуглекислоту з продуктів згоряння палив з мінімальними витратами і використовувати її як цінний продукт для різних технічних і побутових потреб, обмежуючи при цьому її потрапляння в атмосферу. Традиційною вже понад півстоліття є технологія одержання CO<sub>2</sub> з продуктів згоряння вуглеводневих палив, в основному природного газу, з повітрям зі вмістом вуглекислого газу близько 9,5% через поглинання його розчином моноетаноламіну (MEA).

В Україні рідку вуглекислоту для різних потреб виробляють чотири великих вуглекислотних заводи в Києві, Дніпропетровську, Запоріжжі, Одесі. Вуглекислотні станції використовують для власних потреб на окремих підприємствах (Миколаївський суднобудівний завод), фірмах (Кока-Кола) під Києвом, спиртних заводах, у цехах морозива тощо.

Нами проведено дослідження можливості виробництва рідкої вуглекислоти на компактному блочно-комплектному вуглекислотному обладнанні фірми «UNION INGEERING» (Данія) використовуючи для одержання вуглекислоти побічний продукт – димові гази газової опалювальної котельні компресорної станції. За результатами цих досліджень розроблено технічну пропозицію щодо організації виробництва рідкої вуглекислоти з димових газів газових опалювальних котелень на компресорних станціях магістральних газопроводів з використанням їх вторинних теплових і матеріальних ресурсів.

З екологічної точки зору технічна пропозиція спрямована на зниження викидів вуглекислого газу.

Колективом авторів [11] пропонується створити на КС з електроприводними і газоту-

рбінними агрегатами, які використовують для власних потреб теплопостачання опалювальні котельні, вуглекислотне устаткування з використанням обладнання фірми «UNION INGEERING», зображеним на рисунку 2.

До складу обладнання входять: вуглекислотне устаткування 7, котельня 10 (основна або резервна), димохід роздвоєний 9 із вбудованим шибером 8, димосос 6. Під час відкритого шиберу і працюючого димососа димові гази від котельні надходять у вуглекислотне устаткування, де і відбувається технологічний процес одержання рідкої вуглекислоти, а потім через димову трубу 5 викидаються в атмосферу. Під час вимкнення вуглекислотного устаткування шибер 8 закритий. Димові гази котельні і через обхідний байпас і димову трубу викидаються в атмосферу.

Для покриття власних потреб вуглекислотного устаткування в насиченій водяній парі, електроенергії можливе використання утилізованої в паровому котлі-утилізаторі теплоти викидних газів газотурбінних агрегатів КС з подаванням частини пари безпосередньо до блоків вуглекислотного устаткування, а іншої частини – у парогазове устаткування 16 для вироблення електроенергії. Таким чином, у результаті збільшиться ефективність використання вторинних енергетичних і матеріальних ресурсів компресорних станцій магістральних газопроводів.

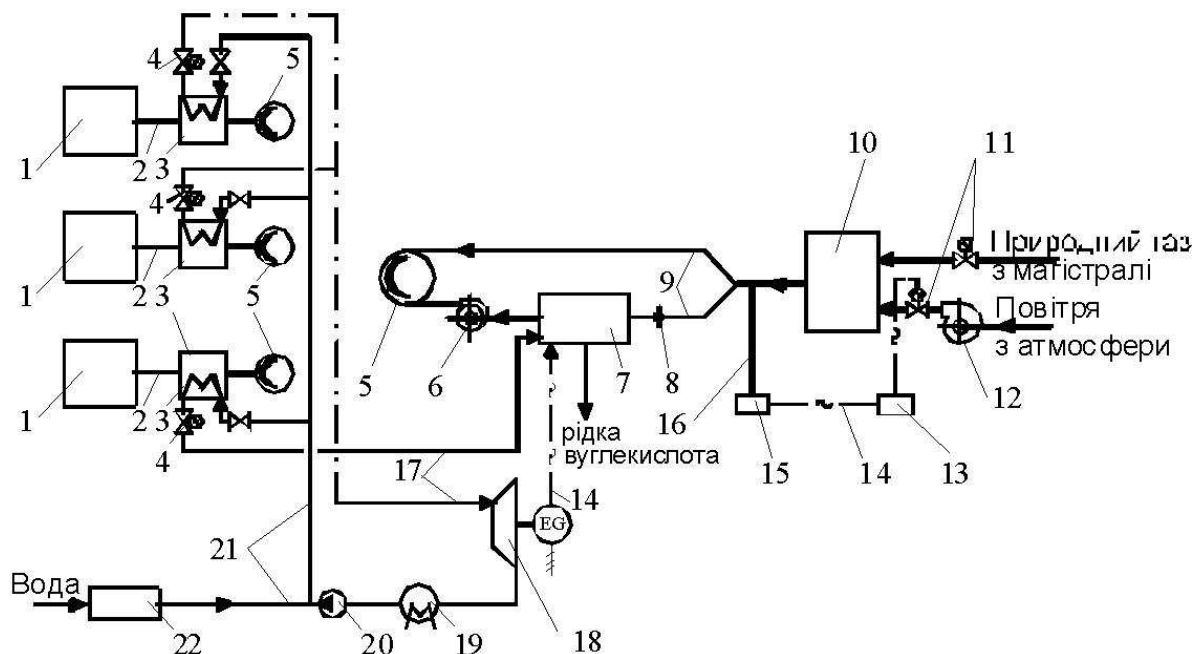
Оцінки показують, що за тривалості роботи вуглекислотного устаткування 8000 годин на рік, річний економічний ефект становитиме приблизно 500000\$ США, а термін окупності капіталовкладень – 2 роки

У даний час, на відміну від громіздких, енергомістких вуглекислотних заводів, фірмою «UNION ENGINEERING» (Данія) випускається компактне блочно-комплектне устаткування з виробництва рідкої переохолодженої вуглекислоти (P = 1,8 МПа, t = мінус 28°C) продуктивністю 40, 80, 145, 285, 500 і 1000 кг/год з димових газів котельні вуглекислотного устаткування, що працюють по циклу середнього тиску.

Під час виробництва вуглекислоти на КС надлишок її може продаватися зовнішнім споживачам: для систем пожежогасіння, заправлення вогнегасників, заводам із виробництва безалкогольних і слабоалкогольних напоїв, заводам із розливу мінеральних вод, заводам для зварювання в середовищі вуглекислого газу і інших цілей, підприємствам парфумерної, медичної промисловості, сільського господарства та ін.

CO<sub>2</sub> широко застосовується для створення ефективних систем пожежогасіння на об'єктах різного призначення.

На сьогодні розпочато промислове освоєння на КС газопроводів України, Росії систем газового пожежогасіння із застосуванням CO<sub>2</sub>. Рідку вуглекислоту привозять і надалі мають намір привозити на КС з вуглекислотних заводів. Це вимагає фінансових затрат і не завжди можливо (віддаленість КС від вуглекислотних заводів, важкодоступні райони розміщення КС).



1 – газотурбінний газоперекачувальний агрегат; 2 – випускний тракт агрегату; 3 – паровий котел-утилізатор; 4 – парова засувка з електроприводом; 5 – димова труба; 6 – димосос; 7 – вуглекислотне устаткування; 8 – шибер; 9 – димохід; 10 – котельня; 11 – газова або повітряна засувка з електроприводом; 12 – вентилятор; 13 – блок управління; 14 – електричні комунікації; 15 – газоаналізатор; 16 – відвід димових газів; 17 – паропровід; 18 – парова турбіна з електрогенератором; 19 – конденсатор; 20 – конденсатний насос; 21 – трубопровід води або конденсату; 22 – блок водопідготовки

**Рисунок 2 – Принципова технологічна схема одержання вуглекислоти з використанням вторинних ресурсів КС газопроводів**

Економічнішим, вигіднішим і зручнішим є варіант організації виробництва рідкої вуглекислоти безпосередньо на КС.

Широкі перспективи має вуглекислота і у паливно-енергетичному комплексі. Це:

- нагнітання  $\text{CO}_2$  у нафтові пласти з метою радикального підвищення нафтовіддачі;
- застосування  $\text{CO}_2$  як буферної подушки під час видобування газу з вироблених родовищ і експлуатації підземних сховищ газу;
- профілактика вугільних шахт від вибухів метану за рахунок його періодичного (раз у кілька років) витиснення за допомогою  $\text{CO}_2$  і використання метану як палива;
- спалювання твердих палив з рідким шлаковидаленням і поділом шлаків на цінні феросплави і високоякісні гідрофобні силікати;
- вуглекислотно-киснева газифікація вугілля з одержанням газів з високою теплою згоряння;
- флотаційне збагачення низькосортних вугілля у рідкій вуглекислоті.

Як свідчать проектні розробки і техніко-економічні розрахунки, серед зазначених вище можливостей одним з найефектніших напрямків є автономне енергопостачання нафтогазових родовищ з накачуванням  $\text{CO}_2$  у нафтові пласти з метою підвищення нафтовіддачі. Для цього необхідне ефективне використання попутних нафтових газів.

Багаторічний досвід експлуатації нафтових родовищ США свідчить, що нагнітання  $\text{CO}_2$  у

нафтові пласти забезпечує підвищення нафтовіддачі до 86-94% у той час як середнє значення цього показника в країнах СНД (наприклад, Росії) не перевищує 30% [12].

Негативний вплив на навколишнє середовище в ході роботи ГПА на КС здійснює шумове забруднення. Необхідність зменшення шумового забруднення особливо зростає в процесі експлуатації нового покоління газотурбінних ГПА через зростання швидкості газів у проточній частині турбомашин, різку зміну швидкостей, зростання тиску і температури у газовому тракті приводного двигуна разом зі зменшенням його металоємності (особливо авіаційних і суднових приводів). Все це приводить до збільшення амплітуди коливань деталей, вузлів і, як наслідок, до збільшення інтенсивності шуму, що погіршує умови роботи обслуговуючого персоналу та у низці випадків навіть унеможливує оптимальний вибір промислової ділянки КС.

У цій ситуації перед проектувальниками компресорних станцій стоять серйозні завдання боротьби із шумом КС у напрямку розроблення комплексу заходів щодо зниження рівня шуму станцій і захисту обслуговуючого персоналу та прилеглих населених пунктів. Розроблено і впроваджено науково обґрунтований комплекс заходів, який забезпечує зниження рівня шуму КС та інтенсивність його поширення на місцевості.

До цього комплексу заходів входить:

– виявлення визначальних джерел шуму на КС на основі застосування уточненої методики визначення звукової потужності агрегатів і виявлення напрямків поширення шуму від агрегатів;

– виконання акустичних розрахунків КС та їх аналіз;

– розроблення рекомендацій щодо захисту від шуму населених пунктів у районі КС та визначення необхідних розмірів санітарно-захисної зони.

Інтенсивним джерелом шуму на КС є викидні шахти газоперекачувальних агрегатів, де для зниження рівня шуму застосовують одно- або двоступеневі глушники, які мають низьку акустичну ефективність (приблизно 5 дБа) і експлуатаційну надійність. Під динамічним впливом швидкісного потоку гарячих (понад 350°C) викидних газів ГПА відбувається руйнування поверхонь перфорованих пластин та суттєве зменшення ефекту шумоглушіння.

Разом з тим, зменшення рівня шуму можна досягти встановленням у викидних шахтах ГПА шумоглушників-утилізаторів (ШУТ), що забезпечують зниження шуму викиду агрегатів з одночасною утилізацією теплоти їх викидних газів для підігріву води, повітря й інших теплоносіїв у системах теплопостачання КС.

Зазначимо, що боротьба та захист від шуму КС повинні вирішуватись спільними зусиллями науково-дослідних, проектних інститутів, заводів-виробників ГПА з урахуванням чинника шуму в процесі створення нових газоперекачувальних агрегатів, розроблення акустично-ефективних глушників шуму на всмоктуванні та викиді ГПА [2].

Також необхідно зазначити, що під час очищення природного газу на КС із застосуванням циклонних пиловловлювачів, фільтрів-сепараторів, та очищенні внутрішньої порожнини труб газопроводів за допомогою очисних поршнів на компресорних станціях накопичуються значні об'єми твердих і рідинних забруднюючих речовин, до складу яких входять рідинні нафтопродукти, метанол, диетиленгліколь, вода, мастила, шлам, механічні домішки тощо. Якість і повнота утилізації цих видів забруднювальних речовин багато в чому визначає екологічну чистоту ґрунту і водоймищ у зоні розташування компресорної станції. На компресорних станціях накопичуються значні об'єми відпрацьованих масил із системи змащування і ущільнення елементів ГПА, яке потребує відповідної утилізації [13].

Джерелом забруднення навколишнього середовища можуть бути стічні води, які утворюються в процесі експлуатації КС і мають у своєму складі залишки різних солей, нафтопродуктів, масил і побутових відходів. Якісне очищення стічних вод і утилізація виділень забруднювальних речовин, із застосуванням сучасних технологій, також дасть можливість значно знизити негативний вплив КС на навколишнє середовище.

## ВИСНОВКИ

Невеликий ККД агрегатів, застосування ресурсовитратних технологій породжує значні об'єми вторинних енергоресурсів на КС магістральних газопроводів, які використовуються недостатньо і, в основному, викидаються в атмосферу, забруднюючи навколишнє середовище. У всьому цьому містяться значні резерви енергоресурсозаощадження, які можуть бути реалізовані через:

– використання вторинних енергоресурсів – палихих, теплових і 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;

– застосування в ГТС України сучасних ЕГПА з регулювальним електроприводом.

До теперішнього часу в Україні, в основному, вже розроблена достатня кількість екологічних енергоресурсоощадливих технологій і обладнання для КС магістральних газопроводів. Вони дають можливість вже сьогодні 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 (із впровадженням парогазового устаткування типу „Водолій”). Для проведення і впровадження цих робіт необхідні значні інвестиції, а також підтримка на законодавчому рівні.

## Література

1 Україна в 2011 році транспортувала майже 157 млрд.м<sup>3</sup> природного газу // Трубопровідний транспорт. – 2012. - № 1 (73). – С. 6.

2 Энергоекотологична безпека нафтогазових об'єктів / Р.М. Говдяк, Я.М.Семчук, Л.Б.Чабанович [та ін.]. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2007. – 556 с.

3 Седых А.Д. ГПА нового поколения / А.Д. Седых, В.А.Щуровский // Газовая промышленность. – 1997. – № 5. – С. 36-37.

4 Щуровский В.А. Ограничение выбросов оксидов азота / В.А. Щуровский, А.З. Шайтхундинов, С.Ф.Жданов // Газовая промышленность. – 1996. – № 9-10. – С. 72-73.

5 Романов В.І. Підвищення ефективності функціонування утилізаційного контуру КППТУ «Водолій» / В.І. Романов, В.М. Коломеев, М.О. Дикий // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 6. – С. 43-46.

6 Когенерационноутилизационные технологии на базе газотурбинных установок / Г.Н. Любчик, Р.М. Говдяк, Б.И. Шелковский [и др.]. – К.: Варта, 2008. – 108 с.

7 Говдяк Р.М. Підвищення енергоефективності газотранспортної системи / Р.М. Говдяк // Трубопровідний транспорт. – 2011. – № 5 (71). – С. 18-19.

8 Ремизов В.В. Экономия ресурсов природного газа: энергоэффективные технологии / В.В. Ремизов // Газовая промышленность. – 1999. – № 5. – С. 22-24.

9 Рубан А.Д. Проблемы геотехнологии и энергосбережения в угольной промышленности России // Ведомости МГЭА. Специальный выпуск № 22. Первый Московский Международный форум. «Энергетика и общество» (23-25 июня 1988, Москва). – М.: ГазОйл пресс. – 1988. – С. 246-253.

10 Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / [Шидловський А.К., Стогній Б.С., Кулик М.М. та ін.]. – К: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.

11 Декларацийний патент України №14877 МПК (2006), F04Д 25/02, F17Д1/07(2006.01), В01Д53/14 Газоперекачувальна компресорна станція магістрального газопроводу / [Говдяк Р.М., Пужайло А.Ф., Шелковський Б.І. та ін.]. Опубл. 13.05.2006. Бюл. № 5.

12 Перспективные экологические безопасные технологии сжигания органических топлив и горючих отходов с эффективным улавливанием и полезным использованием CO<sub>2</sub> / Р.Б.Ахмедов, Е.Р.Ахмедов // Первый Московский Международный Форум «Энергетика и общество», 23-25 июня, Москва, 1988 // Ведомости МГЭА. – Специальный выпуск №22.. – Изд. ГазОйл Пресс. – С. 288-294.

13 Энергосберегающие технологии при магистральном транспорте природного газа / Б.П.Поршаков, А.Ф.Калинин, С.М. Купцов [и др.]. – М: МПА – Пресс, 2006. – 311 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії*

*06.03.12*

*Рекомендована до друку професором*

*Семчуком Я.М.*