

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 621.5

УТИЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ТИСКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ТУРБОДЕТАНДЕРНИХ УСТАНОВКАХ НА ОБ'ЄКТАХ ГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Р.М. Говдяк

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

Розглянуто історію створення та основні напрямки використання утилізаційних турбодетандерних установок. Наведено принципові схеми установок, опис їх роботи, конструктивні особливості. Дані технічні характеристики турбодетандерних установок, які розробляються і випускаються підприємствами України. Відображено їх енергетичну та економічну ефективність від впровадження на об'єктах газової промисловості України.

Ключові слова: утилізація, турбодетандерна установка, компресорна станція, газорозподільна станція, газорегуляторний пункт.

Рассмотрена история создания и основные направления использования утилизационных турбодетандерных установок. Приведены принципиальные схемы установок, описание их работы, конструктивные особенности. Даны технические характеристики турбодетандерных установок, разработанных и выпускаемых предприятиями Украины. Показана их энергетическая и экономическая эффективность от внедрения на объектах газовой промышленности Украины.

Ключевые слова: утилизация, турбодетандерная установка, компрессорная станция, газораспределительная станция, газорегуляторный пункт.

The history of creation and main directions of use of the utilization turbine expanders are examined. Principal unit structure diagrams, their operation descriptions, and design features are described. Technical features of the turbine expanders, designed and produced by Ukrainian enterprises, are presented. Their power and economic efficiencies due to their introduction at Ukrainian gas industry enterprises are shown.

Key words: utilization, turbine expander, compressor station, gas distribution station, gas control unit.

На сьогоднішній день енергія редукційного природного газу вважається однією із значних, проте мало використовуваних резервів вторинних енергоресурсів об'єктів газової промисловості.

Україна є однією із перших країн у світі в галузі утилізації енергії тиску природного газу та її використання для виробництва електроенергії і розробки утилізаційних турбодетандерних установок (УТДУ) для компресорних станцій (КС) газопроводів, газорозподільних станцій (ГРС), газорегуляторних пунктів (ГРП).

Як відомо, магістральні газопроводи працюють з робочим тиском 5,5-7,4 МПа. Потім газ редукується в ГРС до 0,3; 0,6 або 1,2 МПа і подається в розподільну мережу і далі – на ГРП і споживачам. При цьому енергія надлишкового тиску втрачається.

Інше відбувається в турбодетандерних установках. Процес розширення газу в утилізаційних турбодетандерних установках (УТДУ) близький до ізоентропійного, що забезпечує одержання максимальної величини енергії з одиниці маси установки, а, отже і мінімальної собівартості виробництва.

Крім того, на основі багаторічного досвіду робіт низькотемпературної підготовки природного газу в газовій промисловості відомо, що застосування турбодетандерних агрегатів обумовлює простоту, надійність, низьку металоємність конструкцій і широкий діапазон режимів, мінімальну кількість обслуговуючого персоналу, відсутність впливу на навколишнє середовище і невисокі капітальні і експлуатаційні витрати.

Турбодетандерні утилізаційні установки застосовуються на компресорних станціях магіст-

ральних газопроводів, ГРС, на ГРП різних енергетичних об'єктів, наприклад, теплових електричних станцій (ТЕС) та ін. Потужність турбодетандерів найчастіше використовується для приводу електрогенераторів. За оцінками фахівців, зокрема, АТ "Кріокор" (Росія), питомі капітальні витрати на спорудження подібних установок однічною потужністю порядку 5 МВт, впроваджених на ТЕС, у 2-3 рази нижчі, ніж у звичайних газо- і паротурбінних установках.

У деяких випадках турбодетандери служать для приводу компресорів, насосів і т.п. Зниження температури газу в турбодетандерах іноді використовується для одержання холоду.

Можна навести багато прикладів створення комплексних установок, наприклад, для одержання електроенергії і холоду. До них, зокрема, відносяться енергокриогенні комплекси, розроблені АТ "Кріокор".

Вперше використовувати перепад тиску природного газу на ГРС (ГРП) для вироблення електроенергії за допомогою турбодетандерів запропонували група інженерів і вчених на чолі з академіком М.Д. Міліонщиковим у 1947 р. У 1948 р. пропозицію цих авторів було експериментально перевірено на турбодетандерній установці ГРП Дашавського сажового заводу О.В. Александровим. Тиск газу на вході в турбодетандер становив 0,6-1 МПа, на виході – 0,12-0,13 МПа. Потужність установки становила 50-80 кВт.

У 1959 р. згідно проекту Інституту газу АН УРСР на ГРС-1 м. Києва було змонтовано дослідну установку виробництва електроенергії і холоду. У 1960÷1961 рр. вона випробувана групою інженерів під керівництвом О.П. Кліменка.

Систематичні дослідження і вирішення проблем раціонального використання потенційної енергії дросельованих потоків газу почалися у 80-х роках в об'єднанні "Союзтурбогаз", нині ВАТ «Турбогаз». Тут зроблено оцінювання ресурсів потенційної енергії газу на ГРС і КС «Мінгазпрому», розроблено технологічні схеми утилізаційних установок, визначено параметри і характеристики обладнання установок і їхню економічну ефективність. Результати цих досліджень послужили основою рішення науково-технічної ради «Мінгазпрому» колишнього СРСР від 04.11.83 р. зі створення об'єднанням "Союзтурбогаз" утилізаційних установок УТДУ-2500 потужністю 2500 кВт для ГРС і УКС2-300 потужністю 300 кВт для КС газопроводів.

Існує декілька схем використання УТДУ.

Сьогодні, як відомо, перед транспортуванням по магістральних газопроводах газ проходить осушування (за необхідності і очищення) за допомогою спеціального обладнання, зокрема установок комплексної підготовки газу. При цьому від газу відокремлюється велика частина рідких (високикипаючих) високотемпературних або киплять за високої температури компонентів і вологи. Однак у газі перед ГРС і ГРП ще залишається деяка кількість парів води і високикипаючих домішок.

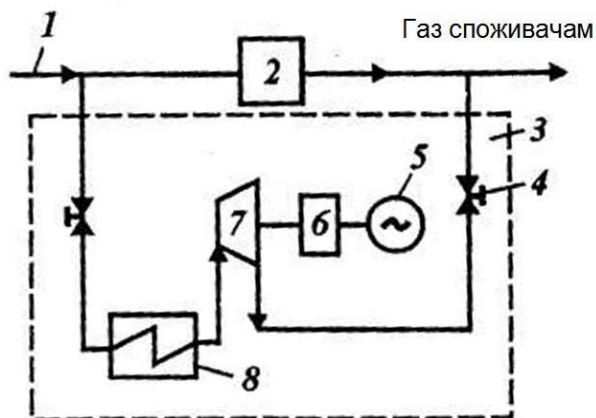
У результаті розширення газу в турбодетандері і відповідного зниження його температу-

ри можливе утворення конденсату і гідратів у газопроводах і арматурі і, як наслідок, їхнє забруднення і навіть закупорка (забивання засмічення). Крім того, при зниженні температури газу можливе замерзання вологи на зовнішніх поверхнях газопроводів і обмерзання ґрунту навколо них, що може призвести до їх деформації і руйнування. Помірної температури, як правило, вимагають і споживачі газу, наприклад енергетичні котли.

Для запобігання цих явищ у більшості УТДУ газ перед надходженням у турбодетандер підігривається до певної температури, що залежить від призначення установки, ступеня осушування і складу газу і ступеня розширення газу в турбодетандері. Зазвичай, такий підігрів відбувається за температури газу після УТДУ (на вході до споживача газу) не нижче, ніж 0-2 °С. В деяких установках застосовується підігрів газу і після турбодетандера.

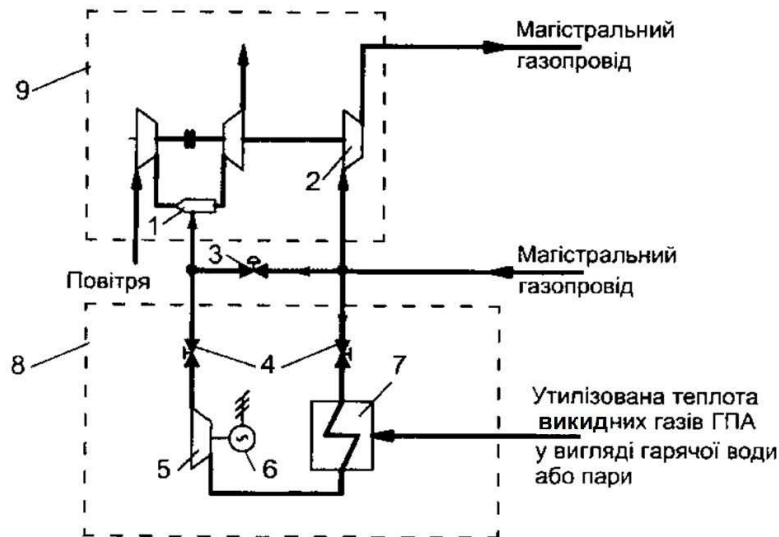
У відомих УТДУ підігрів газу до 60-100°С і більше здійснюється проміжним теплоносієм (водою, паром і т.п.) у спеціальних підігрівачах. Гарячий теплоносій на ГРС і ГРП, зазвичай, одержує тепло від зовнішніх джерел (від парових котлів, теплових мереж). Краще становище в цьому відношенні на КС газопроводів і ТЕС, де для підігріву газу може використовуватись теплота викидних газів ГПА.

Переважна кількість УТДУ в Україні, Росії і інших країнах використовується для одержання електроенергії, тобто турбодетандери служать для приводу електрогенераторів. Типова схема такої установки щодо ГРС і ГРП зображено на рис. 1. Турбодетандерна установка підключається паралельно ГРС (ГРП). Оскільки при малих витратах газу через турбодетандер доцільно мати підвищену частоту обертання, між турбодетандером і електрогенератором розміщується редуктор. При великих витратах газу турбодетандер зв'язують з електрогенератором безпосередньо.



1 – підведення газу до ГРС; 2 – ГРС (ГРП);
3 – УТДУ; 4 – кран; 5 – електрогенератор;
6 – редуктор; 7 – турбодетандер;
8 – підігрівач газу

Рисунок 1 – Принципова схема УТДУ для вироблення електроенергії на ГРС (ГРП)



1 - камера згоряння ГТУ; 2 - нагнітач природного газу; 3 - вузол редукування; 4 - крани; 5 - турбодетандер; 6 - електрогенератор; 7 - підігрівник газу; 8 - УТДУ; 9 - газотурбінний агрегат

Рисунок 2 – Принципова схема УТДУ для вироблення електроенергії на КС

Схему типової УТДУ на КС зображено на рис. 2. Відвід газу до неї виконаний з магістрального газопроводу паралельно блоку підготовки і редукування паливного газу перед його подаванням в камери згоряння агрегатів.

Аналогічну схему застосовано і для газотурбінної електростанції, тільки в цьому випадку замість нагнітача природного газу встановлюється електрогенератор.

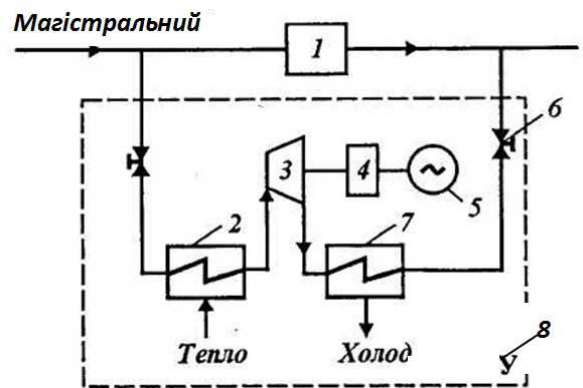
Практика проектування і експлуатації таких установок свідчить, що при одержанні 1 кВт·год додаткової електричної енергії витрачається 1,15-1,2 кВт·год теплоти.

Значна кількість УТДУ використовується для спільного одержання електроенергії і холоду. Схему однієї з можливих установок зображено на рис. 3 стосовно ГРС і ГРП. Порівняно з УТДУ (рис. 1), у даному випадку після турбодетандера розміщений споживач холоду, так що газ перед ним має необхідну мінусову температуру, достатню для рішення багатьох виробничих задач.

Одержання дуже низьких температур, необхідних, наприклад, для зрідження природного газу (метану), реалізується в УТДУ за дещо іншою схемою. На рис. 4 зображено принципіву схему простої установки для зрідження метану на невеликий ГРС. Характерними рисами цієї УТДУ є відсутність підігріву газу, застосування теплообмінника для охолодження газу перед турбодетандером холодним зворотним потоком газу і дотискувального компресора. За опублікованими даними, у такий спосіб зріджується до 5 % від загальної витрати газу.

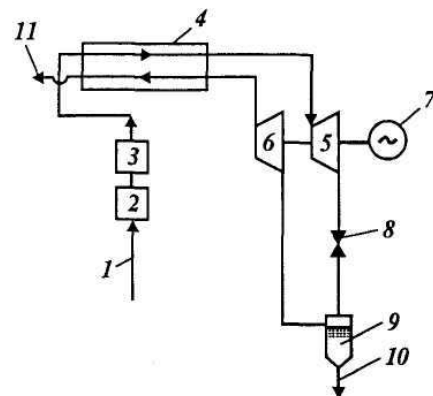
Наведені приклади схем утилізаційних установок не вичерпують усього різноманіття відомих у даний час схем інших установок.

У теперішній час в Україні турбодетандерні установки потужністю від 8 до 6000 кВт за сучасною технологією можуть виготовляти ВАТ „Турбогаз”, Криворізьке підприємство



1 - ГРС (ГРП); 2 - підігрівник газу; 3 - турбодетандер; 4 - редуктор; 5 - електрогенератор; 6 - кран; 7 - споживач холоду; 8 - УТДУ

Рисунок 3 – Принципова схема для виробітку електроенергії і холоду на ГРС (ГРП)



1 - підведення газу до ГРС; 2 - установка осушування газу; 3 - установка очищення газу; 4 - теплообмінник; 5 - турбодетандер; 6 - дотискувальний компресор; 7 - електрогенератор; 8 - дросель; 9 - сепаратор; 10 - відвід зрідженого метану; 11 - відвід газу споживачу

Рисунок 4 – Принципова схема для зрідження метану і вироблення електроенергії на ГРС

Таблиця 1 – Технічні характеристики утилізаційних турбодегандерних установок для виробітку електроенергії, які випускаються підприємствами України

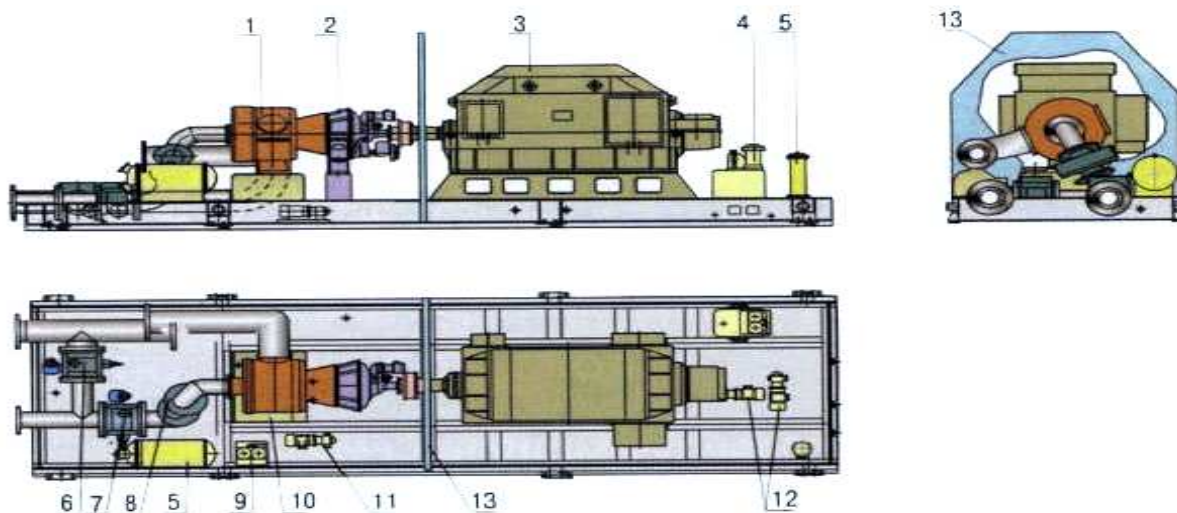
а) ВАТ „Турбогаз”

Параметр	Од. виміру	Типи утилізаційних турбодегандерних установок					
		ДГА-8-380- Т-УХ.Л2	УКС2-300	УТДУ-2500- УС-У1	БДГУ-4000	УГС-8-5,5- 6000-ЗУХ.Л4	ЕУУ-6,5
Номінальна потужність (діапазон)	кВт	8	300	2500	4000	6000	6500
Витрати газу (діапазон) через турбодегандер	млн. нм ³ /добу	0,043	0,5 (0,24÷0,55)	4,5 (0,3÷5,0)	4,32	8,0 (2,1÷8,8)	4,32 (3,84÷4,8)
Тиск газу (діапазон), на вході	МПа	(2,5÷7,5)	5,0 (3,5÷7,5)	2,2 (1,2÷2,7)	3,8	3,7 (1,8÷5,5)	3,8
на виході		(0,6÷1,2)	2,1	1,0 (0,6÷1,2)	1,2	1,3	1,2
Температура газу, на вході	°С	(5÷40)	(60÷90)	35 (не нижче)	135-150	50 (не нижче)	130
на виході		мінус 10 (не нижче)	20	мінус 10 (не нижче)		мінус 10 (не нижче)	-5 ÷ +20
Частота обертання ротора турбодегандера	об /хв	3000	24480	3000	3000	3000	3000
ротора електрогенератора		3000	3000	3000	3000	3000	3000
Загальний ресурс	год (рік)	(20)	не менше ніж (10)	до капремону не менше ніж (10)	не менше ніж (10)	не менше ніж 160000	-
Маса	т	0,6	16,0	48,0 (блок-бокс турбогенератора)	21,5	41,0 (блок турбо- генератора)	21,5 (блок детандер- генератора)
Підприємство-виробник				ВАТ „Турбогаз”			

б) ВАТ ІВП „Енергія”, ДП НВКГ „Зоря-Машпроект”, ВАТ „Мотор Січ”

Параметр	Од. виміру	Типи утилізаційних турбодегандерних установок							
		ДГА-5000	ДГА-6000	ДГА-6000ВД	ДГА-2500СД	ДГА-2500СДІ	ДГА-2500ВД	ДГА-3000СД	ЕГД-1000
Номінальна потужність (діапазон)	кВт	5000 (100÷190)	6000	6000	2200	2500	2500	3400	1000
Витрати газу (діапазон) через турбодегандер	тис. нм ³ /год		174	184	50	50	79	50	(39,2÷41,7)
Тиск газу (діапазон), на вході на виході	МПа	(0,6÷1,2) (0,1÷0,25)	(0,6÷1,2) (0,1÷0,25)	(3,0÷5,5) (0,6÷1,2)	2,3 0,25	2,3 0,19	4,0 1,02	2,5 0,22	до 5,5 (0,3÷1,2)
Температура газу, на вході на виході	°С	до 100 (0÷10)	до 100 (0÷10)	до 100 (0÷10)	+130 +15	+180 +70	+90 +10	+180 +25	30÷57 -10 ÷ +10
Частота обертання ротора турбодегандера ротора електрогенератора	об/хв	9600 3000	9600 3000	9600 3000		14000 3000			-
Загальний ресурс	год (рік)	120000	120000	120000		120000			(20)
Габаритні розміри, не більше	м	8,6х3,0х3,1	-	-		12,0х2,9х3,2			8,00х3,00х 2,35
Маса	т	не більше ніж 26	не більше ніж 36	не більше ніж 28		31-33			20
Підприємство-виробник		ВАТ ІВП „Енергія”	ВАТ ІВП „Енергія”	ДП НВКГ „Зоря-Машпроект”					ВАТ „Мотор Січ”

Примітка: При складанні таблиці використано проекти ВАТ „Турбогаз”, Мотор Січ”, матеріали, які надали ДП НАКГ «Зоря» – Машпроект», ВАТ ІВП „Енергія” і дані робіт [1, 2].



1 – турбодетандер; 2 – редуктор; 3 – електрогенератор; 4 – маслобак генератора;
5 – маслоохолоджувач; 6 – клапан байпасний; 7 – клапан регулюючий; 8 – клапан стопорний;
9 – маслофільтр; 10 – маслобак турбодетандера; 11, 12 – електромаслоагрегати;
13 – вогнестійка перегородка [46]

Рисунок 5 – Схема компонування установки ДГА-2500СД1

і ВАТ ІВП „Енергія”, ВАТ „Мотор Січ” (м. Запоріжжя), ДП НВКГ „Зоря-Машпроект” (м. Миколаїв). У Росії розробку і виготовлення УТДУ здійснює ВАТ „Констар”.

У табл. 1 наведено технічні характеристики турбодетандерних установок, які розроблені і випускаються підприємствами України.

За кордоном розробка і впровадження УТДУ почалися з 70-х років ХХ століття і у даний час охоплює більш, ніж 30 країн: США, Росію, Німеччину, Італію, Бельгію, Нідерланди, Ізраїль, Австрію тощо.

Висновки

Сьогодні в газотранспортній системі України працює 1425 газорозподільних станцій, через які щорічно надходить промисловим, комунально-побутовим та бюджетним споживачам приблизно 50 млрд. м³ природного газу.

Якщо весь природний газ, який споживається в Україні, подавати через турбодетандери, то на ГРС оціночно можливо отримати додатково понад 160 МВт генеруючих потужностей, що зможуть щорічно виробляти понад 1,4 млрд. кВт/год електроенергії [3].

У розподільній мережі експлуатується також понад 16000 газорегулювальних пунктів (ГРП), де тиск газу редукується з 1,2 або 0,6 МПа до 0,3-0,05 МПа. Якщо на всіх ГРП (теоретично) встановити турбодетандери, то можна мати понад 300 МВт генеруючих потужностей, які вироблятимуть 26,3 млрд. кВт/год електроенергії на рік.

При використанні турбодетандерів для редукування паливного газу на КС газопроводів можливо одержати приблизно 20 МВт генеруючих потужностей, які зможуть виробляти приблизно 170 млн. кВт/год електроенергії в рік.

Таким чином, якщо встановити турбодетандери на ГРС, ГРП і КС, то можна мати біля

480 МВт генеруючих потужностей, які щорічно будуть виробляти 28 млрд. кВт/рік електроенергії.

Слід зазначити, що впровадження УТДУ в Україні стримується певними факторами, основні з яких це значні питомі капіталовкладення в турбодетандерні установки.

Література

- 1 Степанець А.А. Энергосберегающие турбодетандерные установки / А.А. Степанець. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 1999. – 258 с.
- 2 Романов В.В. Новая детандер-генераторная установка НПКГ «Заря-Машпроект» / Романов В.В., Ситников В.В. // Газотрубинные технологии. – 2005. – № 2. – С. 40-42.
- 3 Костенко Д.А. Энергосберегающий потенциал надлишкового тиску природного газу у газотранспортній системі України / Д.А. Костенко, В.О. Дмитренко // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 1. – С. 54.

Стаття надійшла до редакційної колегії
20.01.14

Рекомендована до друку
професором Семчуком Я.М.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
академіком УНГА Шелковським Б.І.
(Українська нафтогазова академія,
відділення транспорту нафти і газу, м. Київ)