

НОВА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ПОДГРЯВАНЕ НА ПИЛОТЕН ГАЗ В АВТОМАТИЧНИТЕ ГАЗОРЕГУЛАТОРНИТЕ СТАНЦИИ (АГРС)

Мартин М. Бояджиев¹, Гергана Стойчева²

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; martinb@mgu.bg

²Овергаз Инк. АД, София

РЕЗЮМЕ. В доклада са изследвани и представени възможности за подгряване на пилотния газ в газорегулаторните станции на базата на принципно ново технологично и енергоспестяващо решение патентовано в САЩ и представено в България от компанията *Universal Vortex Europe Inc.* Новата за условията на България екологична технология за подгряване на газа е разработена на основата на термодинамичните принципи на тръбата на Ранк. Вихровия ефект се реализира в специално конструирано устройство без движещи се части (Вихрова тръба – ВТ), където кинетичната енергия на газа се преобразува в топлинна при процеса на неговата декомпресия. По тази технология се заменя класическото подгряване на газа чрез допълнително изгаряне на гориво за технологични нужди. Разгледан е икономическия и екологичен ефект като са очертани перспективите за развитие за повишаване на ефективността при процесите на подготовка на газа за транспорт, както и при преноса и разпределението на природния газ на база ВТ. Количествено ефективността от използването на новата технология се оценява чрез икономисаното гориво за подгряване на целия поток от газа, съчетани с по-малката амортизация на основните съоръжения от газорегулаторната станция.

NEW TECHNOLOGIES FOR PILOT GAS WARMING-UP IN NATURAL GAS REGULATION STATIONS

Martin M. Boyadzhiev¹, Gergana Stoicheva²

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" 1700 Sofia; martinb@mgu.bg

²Overgas Inc., Sofia

ABSTRACT. This paper presents a review of actual problem to application practice project and design of heater for pilot gas in Gas distribution station. New for conditions of Bulgaria, environmental technology for heating of gas is developed on the basis of thermodynamic principles of the Rankine tube. Vortex effect is realized in a special device without moving parts Vortex tube (VT), where the kinetic energy of the gas is converted to heat in the process of its decompression. By this technology is replaced classical heating gas by additional heating of fuel for technology needs.

Въведение

Повишеното търсене и нарастващото потребление на природен газ са тенденции обусловени от икономическите, технологичните и екологични предимства на газовото гориво. Преноса на природен газ до потребителите се осъществява по мрежи високо налягане около 5.5 МПа или чрез бутилки с високо налягане до 22 МПа (компресиран природен газ). Преди постъпването на газа в газоразпределителните мрежи в градовете и при неговото декомпресиране до условията при консуматорите налягането на газът се редуцира до използването в съоръженията за природен газ. При редуциране налягането на газа в газорегулаторните станции (ГРС) или бутилковите инсталации за компресиран газ вследствие на дросел ефекта се понижава и температурата на газа. Като следствие е налице възможност за получаване на кристалохидрати, а като резултат заскрежаване и замръзване на газовата арматура. Следва спиране на газоподаването, аварийни ситуации и щети за производствените предприятия както и социално-битов дискомфорт в резултат на спряното отопление в битовия и обществено административен сектор. За да не се допусне

това явление, е необходимо газът да се подгрява преди да постъпи в регулаторите, за компенсирание на температурната разлика след декомпресията му. За целта към редуциращите съоръжения се включва подгревателна инсталация, с която се осигурява гореща вода с параметри 80°/60°C на изхода и входа. Подгряването на газа става в топлообменни апарати, като процеса се регулира автоматично.

Топлинна енергия необходима за подгряването на газа зависи от температурата на входящия газ и неговото количество и се определя по формулата:

$$N = Q * \Delta T * C_p \quad (1)$$

където:

N – необходимата мощност за подгряване, W

C_p – специфичният топлинен капацитет, J/kg.K

ΔT – температурната разлика, K

Q – масовият дебит на подгряваното количество газ, kg/s

В таблицата са представени данни за количеството горивен газ, необходимо за подгряването на общия поток газ в ГРС при входно налягане 50 бара и изходно налягане 4 бара и различни дебита.

Таблица 1

Рвх/Ризх, МПа	ΔT К	Общ дебит, scm/h	Газ за подгряване scm/d	Горим газ, scm/year
5/0.4	20	5 000	127	44 350
-	-	10 000	253	88 700
-	-	20 000	1014	177 400
-	-	100 000	2534	887 000
-	-	200 000	5070	1 774 000

Както се вижда и от таблицата при дебит 100 хил. кубични метра на час, каквито са голяма част от АГРС обслужвани от газопреносната компания Булгартрансгаз, годишните разходи за горим газ са около 900 хил. кубични метра, което при цените след намалението от 1 юли 2009 прави 323 хил. лева. Чрез представената нова технология тези количества газ, респективно парични средства могат да бъдат икономисани.

Технологична схема на АГРС

Кратка характеристика на изследвания обект

АГРС е разположена в открит навес с лек покрив. Използва се за захранване с газ на промишлени и битови консуматори. АГРС е с две паралелни идентични регулиращи линии, всяка от които с капацитет 5000 scm/h, и две измерителни линии за търговско мерене.

Предвидена е и допълнителна регулаторно-измервателна линия с капацитет $Q_{max}=10$ scm/h и налягане 20 mbar за подаване на газ към подгревателната инсталация.

Входното, изходните налягания и падът на налягане във филтрите се следят със манометри, разположени върху стойки за КИП.

Технически характеристики

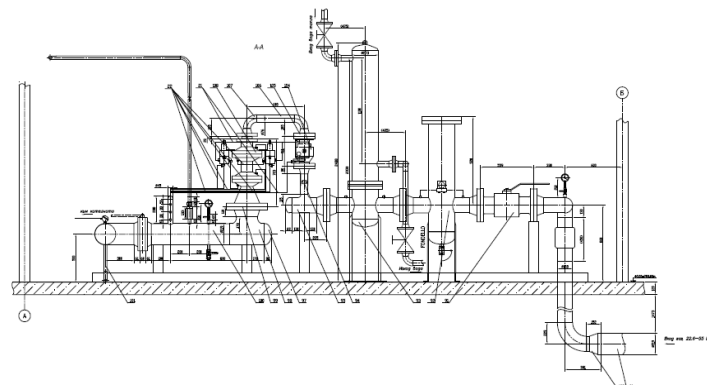
Входно налягане: 3.6÷5.5 МПа

Изходно налягане: 0.4 МПа.

Максималният дебит на всяка от регулиращите линии е 5000 m³/h.

Отсекателите затварят – в основната регулираща линия при налягане над 5.2 bar и под 2.0 bar, а в резервната регулираща линия – при налягане над 5.7 bar и под 2.0 bar. Предпазните клапани отварят при налягане над 4.8 bar. Максимален дебит на основната измерителната линия – 10000 m³/h. Максимален дебит на малката измерителната линия – 5000 m³/h.

Редуциране на налягането на газа и измерване на разхода се извършва съгласно технологична схема представена на фиг. 1. АГРС е изолирана от входящия и изходящия газопровод с електроизолиращи фланцови съединения. Входното налягане се измерва с манометър, монтиран на стойка за КИП.



Фиг. 1. Технически чертеж на газорегулаторна станция

Очистването на газа от механични примеси се осъществява от филтри. Газът се подгрява предварително в топлообменници с топлоносител антифриз, загряван в котли чрез газови горелки.

За извършване на профилактични или ремонтни работи по филтрите, топлообменниците, дебитомерите, монитор-регулаторите и отсекателите са предвидени изолиращи кранове. Падът на налягане във филтрите е в зависимост от замърсяването на филтриращите елементи и се измерва с диференциални манометри.

Принципът на работа на регулиращата линия

При повишаване на изходното налягане (например изключване на голям консуматор) и невъзможност на основния регулатор да реагира поради някаква причина, при достигане на налягане 4.4 bar започва да работи мониторът (регулаторът и мониторът са в общ корпус). Ако по някаква причина и мониторът също не може да редуцира налягането, при достигане на налягане 4.8 bar предпазните клапани започват да изпускат газ в атмосферата през свещта.

Ако налягането на изхода продължава да се вдига, при достигане на налягане 5.2 bar затваря отсекател и налягането на изхода на АГРС започва да пада. При достигане на 3.6 bar отваря резервната линия, която работи аналогично на основната. Ако налягането отново започне да се повишава и достигне 5.7 bar, затваря и отсекателя на резервната линия. Подаването на газ към консуматорите се прекратява. От основната линия е изведена регулаторно-измервателната линия към подгревателната инсталация, включваща: спирателни сферични кранове, регулатори с вграден отсекател, предпазен клапан и мембранен дебитомер.

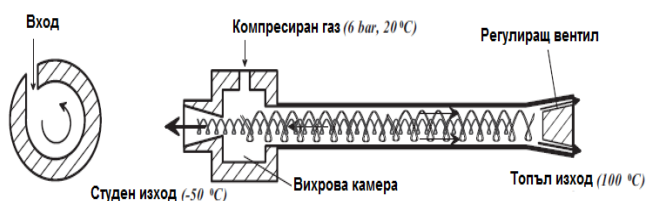
История на вихровата тръба

Вихровата тръба е уред който генерира студен и топъл поток от газ който е предварително компресиран, както е показано на фиг. 2 (Wu, Ge, 2007). Устройството му включва следните части: една или повече входящи дюзи, вихрова камера, отвор за студен поток, вентил за регулиране и тръба за топлият поток. Когато компресиран газ се подаде тангенциално към вихровата камера, посредством входящите дюзи в нея се създава вихров поток. Когато газът се завихри до центърът на камерата той се разширява и охлажда. Във вихровата камера част

от газа се предвижда до топлия край, а друга директно до студеният край. Част от газа се обръща от аксиалната компонента на скоростта и от топлият край се пренасочва към студеният край. В студеният край газа напуска тръбата с по-висока температура от началната, а в студеният с пониска. Това явление е открито от Rangué (1933), а също така и от Hilsch (1947). В чест на техния принос вихровата тръба е известна още като "Вихрова тръба на Ранк", "Вихрова тръба на Хилш" и "Вихрова тръба на Ранк-Хилш" (ВТРХ).

ВТРХ има следните преимущества пред нормалните охладителни уреди: по проста конструкция, липса на движещи се части, липса на електроенергия или химични вещества, малки размери и тегло, ниска цена (капиталовложение), няма нужда от поддръжка, незабавно генерира студен поток, дълъг период на експлоатация (направена от неръждаема стомана и работа с незамърсяващ работен флуид), възможност за нагласяне на изходната температура. Вихровата тръба също така има и недостатъци най-важният от които е ниският топлинен коефициент, също така шумът и необходимостта на компресиран газ ограничават употребата ѝ. Следователно когато компактните размери, надеждността и ниската цена са с по-голяма тежест от ефективността RHVT става идеално средство за затопляне, охлаждане, почистване, изсушаване и разделяне на газове. Също може да се използва за, втечняване на природен газ и още много възможности.

Физичният принцип на действие по който се осъществява охлаждането на газа не са напълно установени до сега. Изследването на вихровата тръба засяга няколко аспекта: динамика на компресирани газове за турбулентно и неустановено течение, термодинамика и пренос на топлина. Тези въпроси правят изследването сложно. Интересът към феномена датират от изследването му от Westley (1954), който заявява: "Освен че постижима и важна като действащ уред, вихровата тръба открива нов и интригуващ феномен в Динамиката на флуидите".



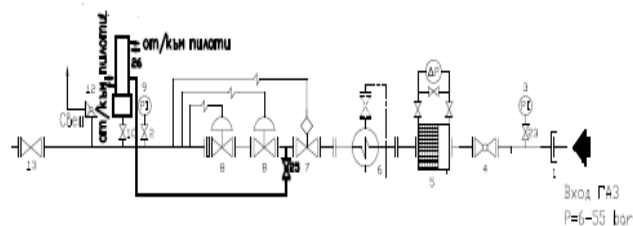
Фиг. 2. Принцип на действие на Вихрова тръба

Нова технологична инсталация на АГРС с включен вихров подгревател на пилотния газ

Използваната нова технология за подгръване на пилотния газ е разработена на принципа на работа на вихровата тръба с цел елиминирание на подгревателните инсталации в АГРС и по-конкретно за подгръване на пилотния газ в конвенционалните АГРС. Настоящия доклад разглежда въвеждането на технологията за условията на АГРС в република България.

Към технологичната част на съществуващия АГРС, която включва филтриране, подгръване на входящия газ и

редуциране на налягането се внедрява съоръжение за подгръване на пилотния газ чрез "Вихрова тръба на Ранк" на фирма UNIVERSAL VORTEX (фиг. 3). На по-късен етап е възможно и разработване на схема и технология за внедряване на самоподгръващ се регулатор на същия принцип.



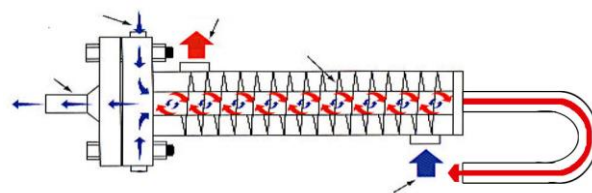
Фиг. 3. Технологична схема на АГРС с вихрова тръба

Описание на вихревия нагревател за пилотния газ

Вихровата тръба на VORTEX е разработена на базата ефект, патентован в Съединените американски щати (САЩ) през 1934 г.: United States Patent 1952281 от 27 март 1934 г., международен клас F25B 9/02 (20060101).

Принцип на работа на пилотния подгревател на газа

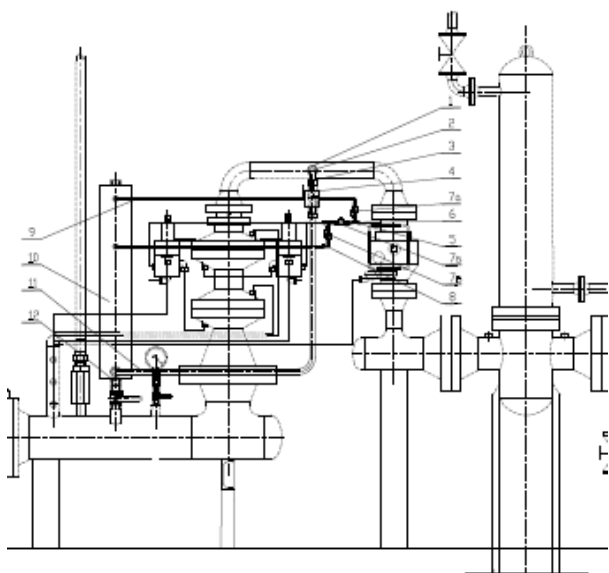
Във вихревия подгревател на пилотния газ се извършва самоподгръването на газа на следния принцип. Газ с високо налягане взет преди регулатора се дроселира в тангенциалните дюзи на вихревата тръба, при което се намалява налягането на потока на газа. Вихревия нагревател преобразува този завихрящ се поток с висока кинетична енергия във високо и нискотемпературни потоци. Доколкото потокът с висока температура е разположен покрай стените на нагревателя, топлинната му енергия се подава на пилотния газ чрез теплообменник радиаторен тип. Схема на принципа на действие е показан на фиг. 4.



Фиг. 4. Принципна схема на подгревател на пилотния газ

Монтиране на вихровата тръба

Вихревия нагревател на пилотния газ трябва да се монтира във вертикално положение. Препоръчва се подаването на газа към тръбата да става през горния и край. След монтажа на вихровата тръба тя и входящия и изходящия манифолд трябва да бъдат топлоизолирани. При правилен монтаж показанията на входа на вихровата тръба трябва да са равни на високото налягането преди регулатора и съответно налягането на изхода на вихровата тръба да е равно на изходящото след основния регулатор. На фиг. 5 е представена схемата за монтирането му.



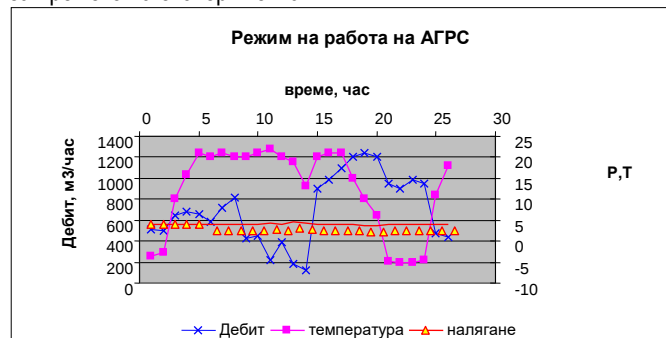
Фиг. 5. Монтиране на пилотен подгревател на газа (позиция 10)

Експлоатация на съоръженията

Експлоатация на вихревата тръба

Газовия поток с налягане равно на налягането на газа постъпващ в АГРС се разширява във входната дюза на нагревателя с последващо разделяне енергията на газа. След което газа с ниско налягане предава своята топлинна енергия на пилотния газ и напуска вихревата тръба. Пилотният газ с високо налягане постъпва в топлообменника на вихровия нагревател и под същото налягане се отправя към пилотите.

При малка консумация на газ след АГРС, когато се повишава налягането преди основния регулатор неговата работа може да се прекъсне и вихревата тръба изцяло да го замести. По този начин се избягват пулсациите и се намалява износването на основния регулатор. Работата на АГРС след включването на вихровия подгревател на пилотния газ е представена на фиг. 6. На графика са показани профила на налягането, дебита и температурата за времето на експеримента:



Фиг. 6. Режим на работа на АГРС

Експериментални резултати

За включването на пилотния подгревател към съоръженията на АГРС беше реализиран следния технически план:

1. Спиране на газа по основната линия;
2. Прехвърляне на потока газ по втората линия на газорегулаторната станция;

3. Заваряване на щюцер към линията за високо налягане, от който чрез монтиран кран газа се отвежда към пилотния подгревател;
4. Монтиране на подгревателя на линията за ниско налягане;
5. Монтиране на захранващата тръба на подгревателя;
6. Свързване на импулсните линии на пилотите с подгревателя и съоръженията от АГРС;
7. Изпитване за херметичност;
8. Загазяване на основната линия;
9. Експериментално наблюдение на протичащите процеси.

След изключването на подгриването на целия поток от газа, температурата на изхода му се намали до минус 2 градуса, при входна температура 10°C. Налягането от 38 бара на входа се редуцираше устойчиво до 4 бара. Измерената температура при вихровия подгревател достигна над 80°C, а температурата на пилотния газ се поддържа около 55°C. При тези условия газорегулаторната станция работи устойчиво при дебити до 200 m³/h. По време на експеримента по-малки не бяха наблюдавани.

Изводи и препоръки

Въз основа на извършената изследователско-приложна работа могат да бъдат направени следните изводи и препоръки: направен е обзор на принципите и технологиите на основата на тръбата на Ранк; разработена е конкретен проект за прилагането на пилотен подгревател на газа на газорегулаторна станция; внедрено е първото съоръжение за подгриване на газа на принципа на Ранк в България; в резултат от използването и на конкретния АГРС биха могли да се спестяват около 10000 m³ горим газ.

Към така проектираната технологична схема е удачно да се добави и клапан, който да прекратява подаването на газ към вихровия подгревател в случай на ограничено потребление на газ в газоразпределителната мрежа.

Благодарности. Авторският колектив изказва благодарност на фирма "Овергаз Инк" АД и "Газтек БГ" за оказаното съдействие, материална и техническа подкрепа при провеждането на изследванията и анализите.

Литература

- Hilsch, R. 1936. The use of the expansion of gases as a cooling process. – *Review Sci. Instruments*.
- Khodorkov, I. L. 2005. The vortex tube-a universal device for heating, cooling, cleaning and drying gases and separating gas mixtures. – *Chem. Petrol. Engineering*, 39.
- Ranque, M. G. 1933. Experiences sur la détente avec production simultanées dun echappement dair chaud et dun schappement dair froid. – *J. Physique et de Radium*.
- Schroeder, D. W. Jr. 2001. *A tutorial on pipe flow equations*. Stoner Associates, Inc., August 16, 2001.
- Shashi Menon, E. 2005. *Gas Pipeline Hydraulics*. M. Dekker.
- Westlay, R. 1954. Vortex tube performance data sheets. – *College of Aeronautics*.
- Wu, Y. T., M. C. Ge, 2007. Modification and experimental research on vortex tube. – *Intern. J. Refrigeration*, 30.

Препоръчана за печат от
Катедра "Сондиране и добив на нефт и газ", ГПФ