

Yeraltı qaz anbarlarında yüksək təzyiqlərdə kompressorların məhsuldarlıq-güc balansının tənzimlənməsi

E.X. İskəndərov, t.e.d.,

Ə.N. Bağırov, t.e.n.,

Ş.Ə. Bağırov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: yeraltı qaz anbarı, kompressor, məhsuldarlıq-güc balansı, pnevmatik tənzimləmə, hidravlik tənzimləmə.

DOI.10.37474/0365-8554/2023-04-29-32

e-mail: shahriyar.baghirov@gmail.com

Регулирование производительно-мощностного баланса компрессоров при высоких давлениях в подземных газохранилищах

Э.Х. Искендеров, д.т.н., А.Н. Багиров, к.т.н., Ш.А. Багиров
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: подземное хранилище газа, компрессор, баланс мощности и производительности, пневматическое регулирование, гидравлическое регулирование.

Статья посвящена регулированию баланса мощности и производительности компрессоров подземных хранилищ газа в условиях высоких давлений всасывания и нагнетания.

Для решения задачи были проведены исследования и расчеты на базе мотор-компрессоров типа AJAX и подготовлены основные технические предложения.

В диапазоне высоких давлений рост производительности при увеличении давления всасывания приводит к соответствующему увеличению потребляемой мощности, а при недостаточной мощности привода возникает необходимость в регулировании.

Проведены расчеты параметров компрессоров в зависимости от роста давления нагнетания и построены соответствующие графики. С целью регулирования баланса производительности и мощности поршневых компрессоров проанализированы способы деактивации всасывающих клапанов и проведена оценка снижения производительности.

Показано, что по сравнению с механическим и пневматическим регулированием гидравлическое регулирование обеспечивает более высокую производительность.

The regulation of productivity-power balance of compressor units at high pressures in the underground gas storages

E.Kh. Iskenderov, Dr. in Tech.Sc., A.N. Baghirov, Cand. in Tech.Sc., Sh.A. Baghirov
Azerbaijan State University of Oil and Industry

Keywords: underground gas storage, compressor, balance of power and productivity, pneumatic and hydraulic control.

The paper is dedicated to the control of the balance of power and productivity of compressor units in the underground gas storages at high pressures of absorption and injection.

The studies and calculations based on the motor-compressors of AJAX brand have been carried out, and major technical suggestions prepared to solve the task.

The increase of productivity in the high pressure diapason while absorption pressure rises, leads to the relevant increase of consumed power, and in the case of lack of drive power, a control necessity occurs.

The parameters of the compressors depending on the increase of injection pressure have been conducted, and the corresponding graphs developed as well. To control the balance of productivity and power of piston-type compressors, the ways of deactivation of absorption valves have been analyzed and the productivity decrease estimated.

It is shown that compared to the mechanical and pneumatic control, hydraulic regulation provides higher productivity.

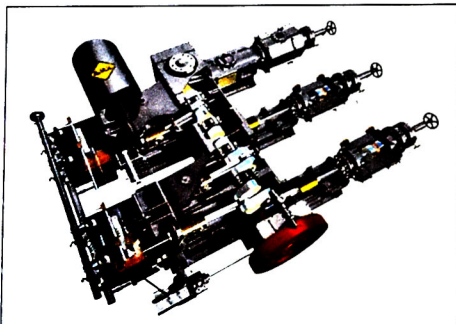
Çıxış təzyiqinin geniş diapazonda dəyişməsi şəraitində böyük gücə malik olan kompressor qurğularının aşağı təzyiqlərdə tənzimləmə tələb etməsi daha az güclü intiqalların seçilməsini səciyyələndirir. Təhlillər göstərir ki, yüksək təzyiqlərdə tənzimləmə əksinə, yəni məhsuldarlığın azaldılması istiqamətində aparılmalıdır. Qaz anbarlarında yüksək çıxış təzyiqi (18–35 MPa) qazvurma mövsümünün son aylarına təsadüf edir ki, bu müddətdə kompressor stansiyasının (KS) məhsuldarlığı minimum səviyyəyə enir. Bu aspektdən yüksək qəbul təzyiqi şəraitində kompressorların məhsuldarlıq-güc balansının tənzimlənməsi üsullarının tədqiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir [1–3].

Məsələnin həlli üçün AJAX tipli motor-kompressorlar əsasında hesablamalar aparılmış və əsas texniki təkliflər hazırlanmışdır. Baxılmış variantlara alternativ modelin işlənməsi məqsədilə aparılmış axtarış və təhlil nəticəsində AJAX tipli motor-kompressorların bir sıra konstruktiv, texnoloji və istismar üstünlükləri müəyyən edilmişdir.

AJAX 2804 tipli motor-kompressor gövdə (rama) üzərində yerləşdirilmiş dirsəkli valdan, üfüqi müstəvidə qoşulmuş 4 ədəd güc silindrinə və 3 ədəd KS-dən ibarətdir. Qaz anbarının KS-nin dəyişən çıxış təzyiqləri şəraitində kompressor silindrlərinin 37.9 MPa təzyiqlə kimi olan intervalda işləmə qabiliyyəti müəyyən üstünlüklər yaradır.

AJAX 2804 tipli motor-kompressorun əsas parametrləri aşağıdakılardır.

Model	DPC AJAX 2804 St
Nominal gücü	0.63 MVt
Nominal dövrlər sayı	440 dövr/dəq.
Güc silindrinin diametri, düym	15
Pistonun gediş məsafəsi, düym	16
Qabarit ölçüləri, LxSxH, m	6 × 4.3 × 2.2



Şəkil 1. AJAX 2804 tipli motor-kompressorun ümumi görünüşü

Qaz anbarı üçün nəzərdə tutulan konstruksiyada üç kompressor silindri paralel olaraq birpilləli rejimdə işləyir. AJAX 2804 tipli motor-kompressorun ümumi görünüşü şəkil 1-də əks olunmuşdur.

AJAX 2804 motor-kompressorun güc-məhsuldarlıq balansının hesabı göstərir ki, sıxılmanın birinci pilləsi olan aşağı təzyiqlər intervalında (giriş təzyiqi 4 MPa, çıxış təzyiqi 15 MPa) məhsuldarlığın tənzimlənməsinə ehtiyac qalmır.

Yüksək təzyiqlər intervalında (giriş təzyiqi 14.5 MPa, çıxış təzyiqi 16–35 MPa) işlədiyi halda giriş təzyiqinin 3.6 dəfə artması səbəbindən məhsuldarlığın da müvafiq dərəcədə artması sərf olunan gücün artması ilə nəticələnir və tənzimləməyə ehtiyac yaranır.

Real kompressorun valında yaranan güc aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$N_c = \frac{p_1 V \ln \frac{p_2}{p_1}}{10^3 \eta_{iz} \eta_{mex}} \eta,$$

burada p_1, p_2 – kompressorun sorma və basqı (çixış) təzyiqləri, MPa; η_{iz}, η_{mex} – kompressorun izotermik və mexaniki faydalı iş əmsallarıdır.

Hesablamaların nəticələri cədvəldə verilmişdir.

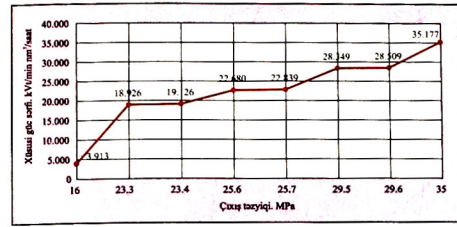
Cədvəldən göründüyü kimi, çıxış təzyiqi 16–23.3 MPa intervalında olduqda motor-kompressorun gücü klapanların dezaktivləşdirməsini aparmadan nominal məhsuldarlıqla işləməyə imkan verir.

Çıxış təzyiqinin 23.4–25.6 MPa intervalında kompressorun üç silindrinin artıq birində mövcud olan iki sorucu klapanndan biri dezaktivləşdirilməlidir, yəni həmin klapan silindrdən çıxarılmalı, yaxud müəyyən idarəetmə sistemi vasitəsilə lövhə sıxılmaqla klapanın keçidi bağlanmalıdır. Bu vəziyyətdə tənzimlənmə aparılmış silindr 50 % yüklənmiş olacaq və nəticədə kompressorun ümumi məhsuldarlığı 16.6 %-ə qədər azalmaqla qurğunun güc imkanları çərçivəsində işləməsinə imkan yaradacaqdır.

Təzyiqin 25.7–29.5 MPa diapazonunda üç silindrdən artıq ikisində mövcud olan iki sorucu klapanndan biri dezaktivləşdirilir. Ümumi məhsuldarlıq 33.3 % azaldılmaqla qurğunun güc imkanları həddində işləməsi təmin edilir.

Çıxış təzyiqinin 29.6–35 MPa intervallarında isə üç silindrin hər birində bir sorucu klapan dezaktivləşdirilir. Ümumi məhsuldarlıq 50 % azaldılmaqla qurğunun güc imkanları həddində işləməsi təmin edilir.

Çıxış təzyiqi, MPa	Tələb olunan güc, kVt	Dezaktivləşdirilən klapan sayı, ədəd	Sərf olunan güc, kVt	Məhsuldarlıq, min. m ³ /saat	Xüsusi güc sərfi, kVt/min m ³ /saat
16	124	0	124	31.690	3.913
23.3	599.77	0	599.77	31.690	18.926
23.4	606.10	1	505.08	26.408	19.126
25.6	718.71	1	598.93	26.408	22.680
25.7	723.77	2	482.51	21.127	22.839
29.5	898.39	2	598.92	21.127	28.349
29.6	903.45	3	451.73	15.845	28.509
35.0	1114.76	3	557.38	15.845	35.177



Şəkil 2. Çıxış təzyiqinin artmasından və klapanların dezaktivləşdirilməsindən asılı olaraq qazın sıxılması-xüsusi güc sərfinin dəyişməsi

Çıxış təzyiqinin artması ilə əlaqədar olaraq, klapanların dezaktivləşdirilməsi ilə bağlı 1 saat ərzində min m³ qazın sıxılmasına sərf olunan gücün (kVt) dəyişməsi şəkil 2-də göstərilmişdir.

Şəkildən göründüyü kimi, çıxış təzyiqinin 16–23.3 MPa intervalında xüsusi güc sərfi 3.913–18.926 kVt/min m³/saat təşkil etdiyi halda, 29.6–35 MPa intervalında 28.509–35.177 kVt/min m³/saat arasında dəyişir, yəni 2 dəfədən çox artıqdır. İkinci halda, kompressorun daha yüksək təzyiqlərdə işləməsi ilə bağlı gördüyü iş müvafiq olaraq daha çox olduğundan, alınmış nəticə termodinamika qanunlarına tam uyğundur.

Pistonlu kompressorların müasir istismar təcrübəsində məhsuldarlıq-güc balansının tənzimlənməsi məqsədilə sorucu klapanların dezaktivləşdirilməsinin üç üsulu məlumdur.

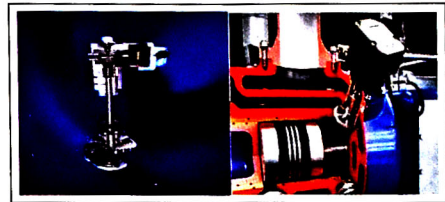
1. Sorucu klapanların mexaniki olaraq, silindrdən çıxarılması. 2010-cu ildə Qalmaz YQA-nın KS-ində yenidənqurma işləri aparılanadək bu üsuldən geniş istifadə olunmuşdur. Belə ki, konstruktiv olaraq çıxış təzyiqi 12.5 MPa səviyyəsində nəzərdə tutulmuş, lakin texniki vəziyyəti qənaətbəxş olmayan 10QKNA1/55-125 tipli qazmotokompressorların tam gücü ilə işləmələri mümkün olmadığından çıxış təzyiqi artıq 11 MPaya yüksəldikdə klapanların çıxarılması zərurəti yaranmışdır.

2. Pnevmatik idarəetmə sistemindən istifadə

etməklə sorucu klapanların lövhəsinin sıxılması vasitəsilə klapanın keçidinin bağlanması.

3. Hidravlik idarəetmə sistemindən istifadə etməklə sorucu klapanların lövhəsinin sıxılması vasitəsilə klapanın keçidinin bağlanması.

Hidravlik idarəetmə sisteminin əsas elementləri şəkil 3-də göstərilmişdir.

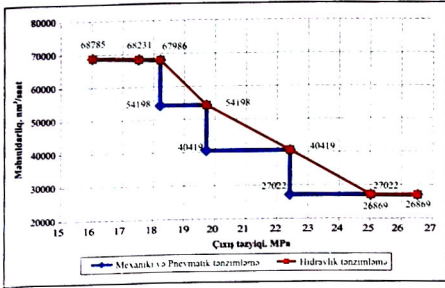


Şəkil 3. HydroCOM hidravlik idarəetmə sisteminin əsas elementləri

Bu üsulların bir sıra oxşar və fərqli xüsusiyyətləri, üstünlük və çatışmazlıqları qeyd olunmalıdır:

– klapanın silindrdən çıxarılmasının mənfi xüsusiyyəti onunla bağlıdır ki, bu əməliyyat üçün kompressorun işinin dayandırılması və klapanın çıxarılması vaxt itkisinə səbəb olur. Digər tərəfdən, yüksək təzyiqlə (10–25 MPa) işləyən kompressorlarda maşın zalı şəraitində çoxsaylı klapan dəyişmə əməliyyatlarının aparılması hermetikliyin pozulma riskini artırmış olur. Pnevmatik və hidravlik idarəetmə sistemləri isə bu çatışmazlıqlardan azaddır;

– klapanın silindrdən çıxarılması üsulundan və pnevmatik idarəetmə sistemindən istifadə etdikdə məhsuldarlığın tənzimlənməsi pilləvari şəkildə həyata keçirilir ki, bu zaman kompressor növbəti tənzimləməyə kimi tam yüklənməmiş şəkildə işləyir. Hidravlik idarəetmə sistemi tətbiq edildikdə tənzimləmə təcridən aparıldığından məhsuldarlığın azalması rəvan tərzdə təmin edilir və kompressorun gücündən hər zaman kəsiyində tam istifadə olunur.



Şəkil 4. Çıxış təzyiqindən asılı məhsuldarlığın dəyişilməsi

Qeyd edilənləri nəzərə alaraq, belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, qaz anbarlarının geniş çıxış təzyiqləri diapazonunda istismar olunan kompressor qurğularının məhsuldarlıq-güc balansının tənzimlənməsi məqsədilə sorucu klapanların dezaktivləşdirilməsinin hidravlik idarəetmə sistemindən istifadə etməklə aparılması daha məqsədəuyğun və səmərəlidir.

Bu halda digər üsullara nisbətən təzyiqlin 18.2–19.7 MPa intervalında 12.7 %, 19.7–22.4 MPa intervalında 17 %, 22.4–25 MPa intervalında

24.8 %-dən artıq məhsuldarlığın əldə olunması təmin olunur.

Çıxış təzyiqindən asılı olaraq məhsuldarlığın dəyişilmə dinamikası şəkil 4-də göstərilmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi, hidravlik tənzimləmə daha rəvan idarəetmə sistemi olmaqla yanaşı həm də yüksək məhsuldarlığın əldə olunmasına imkan verir. Bu isə layihələndirmə zamanı hidravlik tənzimləmə üsulunun tətbiqinin yeraltı qaz anbarlarının KS-nin işində yüksək səmərəliliyin əldə olunmasına imkan verəcəkdir.

Nəticə

1. Yüksək təzyiq şəraitində yeraltı qaz anbarlarının kompressorlarının məhsuldarlıq-güc balansının tənzimlənməsi üçün tədqiqatlar təklif edilmişdir.

2. KS-lərdə yüksək təzyiqlərdə pistonlu kompressorların klapanlarının hidravlik üsulla dezaktivləşdirilməsinin üstünlüyü göstərilmişdir.

3. Aparılan hesablamalar digər üsullarla müqayisədə hidravlik tənzimləmə üsulunun tətbiqilə məhsuldarlığın 12–25 %-dən çox artırılmasına imkan verdiyini göstərmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. *Калинин А.Ф., Коновалов А.А.* Оптимизация работы компрессорного цеха компрессорной станции подземного хранилища газа, оснащенного агрегатами различной единичной мощности // Территория "НЕФТЕГАЗ", 2015;(2):9–95.
2. *Вертепов А.Г.* Практические расчёты режимов компримирования газа на компрессорных станциях газопроводов: монография. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011, с. 224.
3. *Искендеров Э.Х., Багиров А.Н., Багиров Ш.А.* Метод регулирования мощности и производительности компрессоров ПХГ при низкой степени сжатия. Материалы Международной научной конференции "Высокие технологии и инновации в науке", май 2022 г., Гуманитарный национальный исследовательский институт "Нацразвитие", Санкт-Петербург, с. 114–117.

References

1. *Kalinin A.F., Kononov A.A.* Optimizatsiya raboty kompressornogo tsekha kompressornoy stantsii podzemnogo khranilishcha gaza, osnashchyonnoy agregatami razlichnoy yedinichnoy moshchnosti // Territoriya "NEFTEGAZ", 2015;(2):91-95.
2. *Vertepov A.G.* Prakticheskie raschyoty rezhimov komprimirovaniya gaza na kompressornykh stantsiyakh gazoprovodov: monografiya. – M.: Izdatel'skiy tsentr RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2011, s. 224.
3. *Iskenderov E.Kh., Bagirov A.N., Bagirov Sh.A.* Metod regulirovaniya moshchnosti i proizvoditel'nosti kompressorov PKHG pri nizkoj stepeni szhatiya. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Vysokie tekhnologii i innovatsii v nauke", may 2022 g. Gumanitarniy natsional'nyy issledovatel'skiy institut "Natsrazvitie", Sankt-Peterburg, s. 114–117.