

UDC 622.542.73

DOI 10.52171/herald.242

The Effect of Condensate Accumulation in the Gas Pipeline on the Transport Pressure

M.F. Shukurlu

Azerbaijan State University of Oil and Industry (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

Shukurlu Mahammad / e-mail: mahammadshukurlu@gmail.com

Abstract

Unlike natural gases, the long-distance transportation of associated gases in a monophasic state is impossible. The increase in export gas volumes has made it necessary, under modern conditions, to collect, process, and transport associated gases produced alongside oil to their final destinations. Compared to dry gases, the collection and transportation of associated petroleum gases are accompanied by several challenges. One such challenge is the filling of the pipeline with condensate due to the condensation of associated gas. This requires the calculation of gas condensation along the pipeline route. The article investigates the changes in the transportation pressure of a gas pipeline at various gas flow rates, depending on the degree of pipeline filling with condensate. It was found that during the multiphase flow of associated gas, an increase in pressure is observed in the gas pipeline due to the accumulation of condensate.

Keywords: natural gas, associated gas, condensation, transportation pressure, equilibrium filling volume, gas flow rate, liquid separation.

Submitted 3 Dec 2023

Published 17 Mar 2025

For citation:

M.F. Shukurlu

[The Effect of Condensate Accumulation in the Gas Pipeline on the Transport Pressure]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (1), pp. 45-50

Qaz kəmərinə kondensatın yığılmasının nəqli təzyiqinə təsiri

M.F. Şükürlü

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Təbii qazlardan fərqli olaraq səmt qazlarının uzaq məsafəyə monofaza şəklində nəqli qeyri-mümkündür. İxrac qaz həcmlərinin artması isə müasir şəraitdə neftlə birlikdə hasil edilən səmt qazlarının da yığılması, hazırlanması və son məntəqəyə nəql edilməsini zəruri etmişdir. Quru qazlarla müqayisədə səmt neft qazlarının yığılması və nəqli bir sıra çətinliklərlə müşayiət olunur. Bu zaman səmt qazının kondensləşməsi hesabına kəmərin kondensatla dolması halı baş verir. Bu isə qazın yol boyu kondensləşməsinin hesablanması tələb edir. Məqalədə qazın müxtəlif sərtlərində qaz kəməri üçün nəqli təzyiqinin kəmərin kondensatla dolma dərəcəsindən asılı olaraq dəyişməsi tədqiq edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, səmt qazının multifazlı axını zamanı qaz kəmərinə kondensatın yığılması ilə təzyiqin artması müşahidə olunur.

Açar sözlər: təbii qaz, səmt qazı, kondensləşmə, nəqli təzyiqi, taraz dolma həcmi, qazın sərfi, mayenin təmizlənməsi.

Влияние накопления конденсата в газопроводе на транспортное давление

М.Ф. Шукурлу

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (Баку, Азербайджан)

Аннотация

В отличие от природного газа, транспортировка попутного газа на большие расстояния в однофазном состоянии невозможна. Увеличение объемов экспорта газа сделало необходимым сбор, подготовку и транспортировку попутного газа, добываемого вместе с нефтью, без потерь до конечного пункта. В сравнении с сухими газами, сбор и транспортировка попутного нефтяного газа сопровождается рядом трудностей. В ходе этого процесса газопровод может заполняться конденсатом из-за конденсации попутного газа. Эта ситуация требует расчета конденсации газа вдоль маршрута трубопровода. В статье исследуется изменение транспортного давления в газопроводе в зависимости от степени заполнения трубопровода конденсатом. Установлено, что при многофазном потоке попутного газа наблюдается увеличение давления вследствие накопления конденсата в газопроводе.

Ключевые слова: природный газ, попутный газ, конденсация, транспортное давление, объем равновесного заполнения, расход газа, отделение жидкости.

Giriş

Məlumdur ki, neftin hazırlanması qurğusunun çıxışında qazın temperaturu onun karbohidrogenlərə və suya (nəmliyə) görə şəh nöqtəsi temperaturuna bərabər olur. Bu parametrlər, bir qayda olaraq neftin separasiya temperaturu və təzyiqi ilə dəqiq üst-üstə düşür. Bu onu göstərir ki, qazın temperaturunun azalması zamanı onun nisbətən ağır komponentləri maye halına keçir. Yeraltı qaz kəmərlərində isə, qazın soyuması kəmərin çəkildiyi xəndəyin dərinliyində temperaturun separasiya temperaturundan xeyli aşağı qiymətlərində baş verir [1-3].

Əgər qazın emal zavoduna verilmə məsafəsi 30-35 km-dən çox olarsa, onda kondensləşən multifazlı qazı separasiya təzyiqi altında nəql etmək mümkün olmur və bu zaman kompressor stansiyasının tikilməsi qazın maya dəyərini xeyli artırmış olur. Nəticədə qazın yığılması müəssisəyə ziyan gətirir [2, 4].

Qeyd olunanları nəzərə alaraq, səmt neft qazlarının səmərəli şəkildə istifadə olunmasını müəyyən edən texniki qərarların qəbul edilməsi üçün qazın istehlakı sistemlərində onun özünü necə aparmasını və onun nəticələrinin hesablanmasını bacarmaq lazımdır. Qaz kəmərinin trasında qazın maksimal kondensləşmə nöqtəsinin təyini zamanı 10 ədəddən az olmayaraq hesablama seriyaları həyata keçirilir. Bir qayda olaraq, bu hesablamlar “təzyiq-temperatur” parametrləri üçün PK0 (sıfırıncı) piketi, trasın son nöqtəsi, qazın temperaturunun minimum olduğu nöqtə və PK0 ilə minimal temperatur arasında bir neçə nöqtə üçün aparılır. Bu hesablamlar zamanı rast gəlinən ilk problem ondan ibarət olur ki, PK0 piketində (başlanğıcda) qazın şəh nöqtəsi temperaturu neftin separasiya temperaturuna uyğun gəlmir. Bir qayda olaraq, bu temperatur separasiya temperaturundan 30-70°C az ola bilər. Bu o demək-

dir ki, aparılan hesablamaların nəticəsində, qaz kəmərinə ümumiyyətlə kondensatın olması heç aşkar olunmayacaq. Lakin praktikadan yaxşı məlumdur ki, separasiyanın 1-ci pilləsindən sonra (adətən, 40°C temperaturda və ya kompressor qurğusundan sonra) hər zaman qaz kəmərinə kondensat aşkar edilir [5-7].

Misal üçün, texnoloji yığım sistemlərindən biri üçün qazın komponent tərkibinin dəyişilməsini nəzərdən keçirək. Separasiyanın 1-ci pilləsi üçün təzyiq və temperatur parametrləri uyğun olaraq 0.8 MPa və 333 K təşkil edir.

Rast gəlinən ilk problem kondensləşmə prosesi zamanı C_{6+} qalığının necə identifikasiya olunmasından ibarətdir. Hesablamlar, bir qayda olaraq faza tarazlığı əmsalından istifadə olunması ilə yerinə yetirilir. Lakin, C_{6+} qrupu üçün, hansına ki, bir deyil bir neçə komponent qeyri-müəyyən nisbətdə daxil olur, faza tarazlığı əmsalı müəyyən deyildir. Ona görə də ilkin hesablama üçün qəbul edirik ki, qrup ancaq C_{6+} -dan ibarətdir. Əvvəlcə şəh nöqtəsi temperaturu (və ya qazın son qaynama temperaturu) hesablanır. Daha sonra C_{6+} komponentlər qrupunu C_7 , C_8 , C_9 , C_{10} və C_{11} komponentləri ilə əvəz etməklə hesablamlar aparılır.

Alınan nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, kondensata görə hesablanmış şəh nöqtəsi və ya son qaynama temperaturuna görə qazın tərkibi (hansında ki, C_{6+} qalığı C_{10} kimi identifikasiya olunur) uyğun gəlir: 57.12°C. Uzunluğu 120 km, diametri 0.2 m olan qaz kəməri təmsalında maksimal kondensləşmə nöqtəsində $P=1.89$ MPa, $T=273$ K olduqda, kondensatın 4.18 % kütlə payı əmələ gəlir və komponent tərkibi cədvəl 2-də göstərilən kimi olur. Kondensatın komponent tərkibini bilərək, aşağıdakı parametrləri təyin etmək olar: $T=273$ K (0°C) temperatur

və atmosfer təzyiqində kondensatın buxarlanma payı (bu göstərici kondensatın açıq sisternə doldurulması zamanı onun buxarlanma payının təyini üçün vacibdir); Kondensatın atmosfer təzyiqi və $T=313\text{ K}$ (40°C) temperaturda buxarlanma payı (bu göstərici yay aylarında kondensatın daşınması zamanı kondensat itkisinin təyini üçün vacibdir); Kondensatın $T=311.8\text{ K}$ (38.8°C) temperaturda buxar elastikliyi təzyiqi (bu parametrlər kondensatın statusunun təyini üçün çox vacibdir, yəni, kondensat maye karbohidrogen qazıdır, yoxsa yüngül özlü maye); Kondensatın $T=313\text{ K}$ (50°C) temperaturda buxar elastikliyi təzyiqi (kondensatın bu xarakteristikası onun daşınması məqsədilə avadanlığın seçilməsi üçün çox əhəmiyyət kəsb edir).

Kondensatın qeyd olunan parametrlərinin təyini üzrə alınan nəticələr cədvəl 3-də verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, qaz kamərinin trasında alınan kondensat $t=38.8^\circ\text{C}$ -də buxar elastikliyi təzyiqi $P_{b.e.}=1,6\text{ MPa}$ olan maye karbohidrogen qazıdır. Ona görə, onun daşınması xüsusi avtomobil və ya dəmiryolu sistemlərində həyata keçirilməlidir.

Bu sistemlər maye propan üçün nəzərdə tutulmuş sistemlər olmalıdır. Məlumdur ki, belə tərkibə malik kondensatın benzin daşınması üçün nəzərdə tutulmuş avtosistemlərdə daşınması, bir qayda olaraq, onların doldurulması zamanı kütlə payı ilə qışda 34%, yay aylarında isə 62%-ə qədər itkilərlə müşahidə olunur.

Qaz tələbatçılarından 30 km-dən uzaqda yerləşən yataqların abadlaşdırılması zamanı neftin separasiyası təzyiqi altında xarici tələbatçılara qazın nəql variantlarının planlaşdırılmasının mümkünlüyü haqqında məsələyə baxılmalıdır.

Cədvəl 1 – C_{6+} qrupu üçün hesablanmış nəticələr
Table 1 – Calculated results for the C_{6+} Group

C_{6+}	Təzyiq, MPa	Temperatur, K	Son qaynama temperaturu, K ($^\circ\text{C}$)
C_6	0.8	333	269.47 (-3.53)
C_7	0.8	333	282.78 (9.78)
C_8	0.8	333	298.82 (25.82)
C_9	0.8	333	314.9 (41.09)
C_{10}	0.8	333	330.12 (57.12)
C_{11}	0.8	333	343.05 (70.05)

Cədvəl 2 – Maksimal kondensləşmə nöqtəsində ($P=1.89\text{ MPa}$, $T=273.16\text{ K}$) əmələ gələn kondensatın (4.18 %) tərkibi

Table 2 – The composition of the condensate (4.18%) formed at the maximum condensation point ($P=1.89\text{ MPa}$, $T=273.16\text{ K}$)

Komponent	Qatılığı, kütlə, %	Komponent	Qatılığı, kütlə, %
C_1	2.57	i- C_5	10.361
C_2	1.257	n- C_5	14.272
C_3	12.147	C_{10}	32.897
i- C_4	6.925	CO_2	0.184
n- C_4	19.102	N_2	0.015

Cədvəl 3 – Kondensatın parametrləri
Table 3 – Parameters of condensate

Göstəricilərin adları	Qiymətləri
Kondensatın buxarlanma payı, %, $P=0,1\text{ MPa}$, $t=0^\circ\text{C}$	14 (C_2 -4.2; C_3 -29.4; C_4 -41.5; C_5 -17;)
Buxarlanma payı, %, $P=0,1\text{ MPa}$, $t=40^\circ\text{C}$	62
Buxar elastikliyi təzyiqi, MPa, $t=38.8^\circ\text{C}$	1,6
Buxar elastikliyi təzyiqi, MPa, $t=50^\circ\text{C}$	1,8

Problemə bu cür yanaşmanın əsas səbəbi qazın multifazlı nəqlinin xüsusiyyəti ilə bağlıdır. Belə ki, separasiya təzyiqi altında qazın

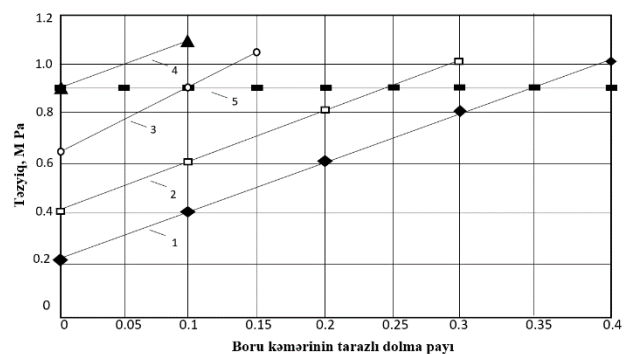
30 km-dən uzaq məsafəyə boru kəməri ilə nəql olunması mümkünsüzdür. Odur ki, qazdan istifadə olunması məsələsinə aşağıdakı məntiqə əsaslanaraq baxılmalıdır. İlk növbədə qazın mədəninin özündə yerli məqsədlər üçün istifadə olunmasının mümkünlüyü müəyyən edilməlidir. Təəssüf ki, mədən obyektlərinin qaza olan xüsusi tələbatları qaz resursları ilə müqayisədə çox aşağıdır. Səmt neft qazlarının istifadəsi məqsədilə əsasən aşağıdakı variantlara baxılır: Mədən elektrik stansiyasında qazın elektrik enerjisinə çevrilməsi; Qazın multifazlı vəziyyətdə qaz emalı zavoduna kompressorla nəqli; Qazın separasiya təzyiqi altında bir fazlı şəkildə qaz emalı zavoduna nəqli; Neftin separasiya təzyiqi altında qazın bir fazlı şəkildə qaz emalı zavoduna nəqli. Bu nəql kompressorsuz qazın neftin separasiyası temperaturunda izotermik nəqlini nəzərdə tutur; Qaz kəmərinə kondensatın çıxarılması ilə kompressorsuz, qazın kombinə olunmuş nəqli; Kəməre təmizləyici qurğular buraxmaqla qazın multifazlı nəqli.

Ədəbiyyat mənbələrində tez-tez səmt neft qazının neft verimini artırmaq üçün laya vurulması və qazlift istismarının reallaşması məqsədilə istifadə olunması təkliflərinə rast gəlinir. Lakin hər iki metod səmt qazının istifadə texnologiyasına aid deyil, ona görə ki, hər iki halda söhbət ancaq qazın sirkulyasiyasından gedir [8, 9].

İndi isə səmt qazlarının qaz emalı zavoduna nəql üsulları variantlarının araşdırılmasına baxaq. Nəql variantlarının iqtisadi təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, baxılan texniki həllərin hamısı heç də səmərəli hesab edə bilməz. Baxılan bu variantın məqsədi obyektlərin tikintisinə sərf olunan xərclərin azaldılması zamanı qazın mümkün olan səmərəli istifadə səviyyəsinin təyininə ibarətdir. Bu variantda kondensatın porşenlə təmizlənməsi

ilə qazın multifazlı nəqlinə baxılır. Nəql üçün diametri 0.25 m, uzunluğu isə 73 km olan qaz kəməri qəbul edilir. Bu cür kəmərdə neftin separasiya təzyiqində ($P=0.9$ MPa) qazın monofazlı şəkildə nəqlinə imkan verir.

Baxılan qaz kəməri üçün ($D=0.25$ m) qazın müxtəlif sərtlərində nəql təzyiqinin kəmərin kondensatla dolma dərəcəsindən asılı olaraq dəyişməsi şəkildə göstərilmişdir. Kondensatla dolma dərəcəsi maye faza ilə boru kəmərinin tarazlı dolma həcmindən hissələrlə müəyyən edilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, boru kəmərinin tarazlı dolma payı çoxaldıqca qaz sərfinin bütün qiymətlərində nəql təzyiqi çoxalır.



Şəkil – Qaz kəmərinin kondensatla dolmasının qazın nəql təzyiqinə təsiri (1÷4 uyğun olaraq qaz sərfinin 1.5; 3.0; 4.5 və 6.5 min m³/saat qiymətlərində, 5-təzyiqin 0,9 MPa qiymətində)

Figure – The effect of filling the gas pipeline with condensate on the gas transportation pressure (according to 1÷4 at the gas consumption values of 1.5, 3.0, 4.5 and 6.5 thousand m³/h, at the 5-pressure value of 0.9 MPa)

Qaz kəməri monofazlı vəziyyətdə 6.5 min m³/saat sərfində qazı özündən buraxmaq qabiliyyətinə malikdir. Əgər multifazlı axına yol verilmiş olarsa, onda qaz kəmərinə kondensat yığılması ilə təzyiqin artması müşahidə olunacaq. Nəql təzyiqini neftin separasiya təzyiqi səviyyəsində saxlamaq üçün qazın sərfinin 4.5 m³/saat səviyyəsinə qədər azaldılması vacibdir. Sərfin bu qiymətində qazın separasiya

ya təzyiqində nəqli həтта kondensatın taraz həcmindən 12.5%-ə qədər toplanması zamanı da mümkün olur. Odur ki, qazın nəql sisteminin normal işini təmin etmək üçün kifayətdir ki, qazın sərfi 4.5 min m³/saat səviyyəsində saxlanılsın. Qaz kəmərinin girişində təzyiq 0.85 MPa olduqda qaz kəmərinin dolma payı taraz həcmnin təqribən 12%-ni təşkil edir. Kəmərdə təzyiq 0.85 MPa olduqda kəməre təmizləyici qurğunun buraxılması vacibdir. Təmizləyici qurğunun buraxılmasından sonra qaz kəmərinin girişindəki təzyiq 0.64 MPa səviyyəsində qərarlaşacaqdır. Bundan sonra qaz kəmərinə girişdə təzyiqin artması müşahidə olunan kondensatın yığılmasının yeni tsikli başlayır.

Nəticə

Kondensləşən neft qazlarının resursları nəzərə alınmaqla qaz kəmərinin kondensatla dolmasının qazın nəql təzyiqinə təsiri tədqiq olunmuşdur.

Müəyyən edilmişdir ki, boru kəmərinin kondensatla tarazlı dolma payı çoxaldıqca qazın sərfinin bütün qiymətlərində nəql təzyiqi xətti qanunauyğunluqla çoxalmış olur. Bu zaman kəmərdə kondensatın tarazlı həcmi qazın sərfi çoxaldıqca monoton olaraq azalır.

Maraqlar münaqişəsi

Müəllif bu məqalədə araşdırılması tələb olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını qeyd edir.

REFERENCES

1. İsmayilov G.G., İsmayilova F.B., İskəndərov E.X., Adıgözəlova M.B. Neftqazçıxarmada multifazali texnologiyalar. – Bakı: ELM nəşriyyatı, 2017. - 248 s.
2. Mamaev V.A., Odishariya G.E., Klapchuk O.V. i dr. Dvizhenie gazo-zhidkostnoy smesi v trubakh. - M.: Nedra, 1978. - 270 p.
3. Mirzadzhanzade A.Kh., Kuznetsov O.L., Basniev K.S. i dr. Osnovy tekhnologii dobychi gaza. - Moskva: Nedra, 2003. - 806 p.
4. İskəndərov E.X. Neftin, qazın nəqli və saxlanması nəzarət-diaqnostika üsulları. – Bakı: ELM nəşriyyatı, 2023. - s.337
5. Iskandarov E.Kh., Hasanova M.M., Ibadova S.A. Hydrocarbon losses arising from phase transformations in field collection pipelines // NGGP K ETI-nin Xəbərləri, vol. 23, №. 1, 2023, pp. 89-94
6. Ismayilov G.G., Iskandarov E.Kh., Fataliev V.M., Gurbanov Ali, Ismayilova F.B. Nekotorye aspekty povysheniya effektivnosti osvoyeniya gazokondensatnykh resursov v morskikh usloviyakh // SOCAR Proceedings, № 4 (2023) pp. 99-105
7. İsmayilova F.B., İskəndərov E.X. Təzyiqin multifazali neft kəmərinin buraxma qabiliyyətinə təsiri haqqında. // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı, 2021, Cild 13, № 2, s. 78-83
8. Iskandarov E.Kh., Ismayilova F.B. Shukurlu M.F. Dinamicheskiye nagruzki v multifaznykh truboprovodakh // Truboprovodny transport - 2023, XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 16-17 noyabrya 2023 g. UFA, UGNTU, 2023, p. 86-87
9. Iskandarov E.Kh., Ismayilova F.B., Shukurlu M.F., Ismayilova P.Sh. // Changes in energy characteristics of pipeline systems considering hydrodynamic loads // SOCAR Proceedings, № 2 (2024) pp. 105-108