

8- ci Fəsil

MAYE QAZLARIN BORU KƏMƏRLƏRİ İLƏ NƏQLİ

Texniki ədəbiyyatda və praktikada *maye qazlar* o qazlara deyilir ki, təmiz və ya qarışıq halda təzyiqin az miqdarda qaldırılması zamanı onlar mayeyə çevrilir. Bu cür qazlara propan, butan (izo-butan və n-butan), propilen, butilen aiddir. Hal-hazırda nəqlin səmərəliliyini artırmaq məqsədilə metan, etan, etilen qazlarını da sıxmaqla mayeləşdirilməsi həyata keçirilir. Bu qazların sıxılması, saxlanması və nəqli adətən, atmosfer təzyiqində, ancaq mənfi temperaturda (-161-dən-90⁰S-dək) həyata keçirilir.

Karbohidrogen qazlarının qaz və ya maye halına keçməsi təzyiq, temperatur, həcm və tərkibdən asılıdır. Odur ki, maye qazların tərkibinə müxtəlif tələblər qoyulur. Belə ki, maye propan-35-dən ÷45⁰ S-dək temperatur intervalında istifadə edildiyi halda butan təbii buxarlanma şəraitində 0⁰S-dən aşağı temperaturda tətbiq oluna bilməz, müsbət temperatur şəraitində propana nisbətən butanın üstünlüyü xeyli çoxdur. Maye qazların tərkibini dəyişməklə istənilən xassəni əldə etmək olar. Maye qazlarla iş zamanı təhlükəsizliyin təmini üçün aşağıdakıları bilmək lazımdır:

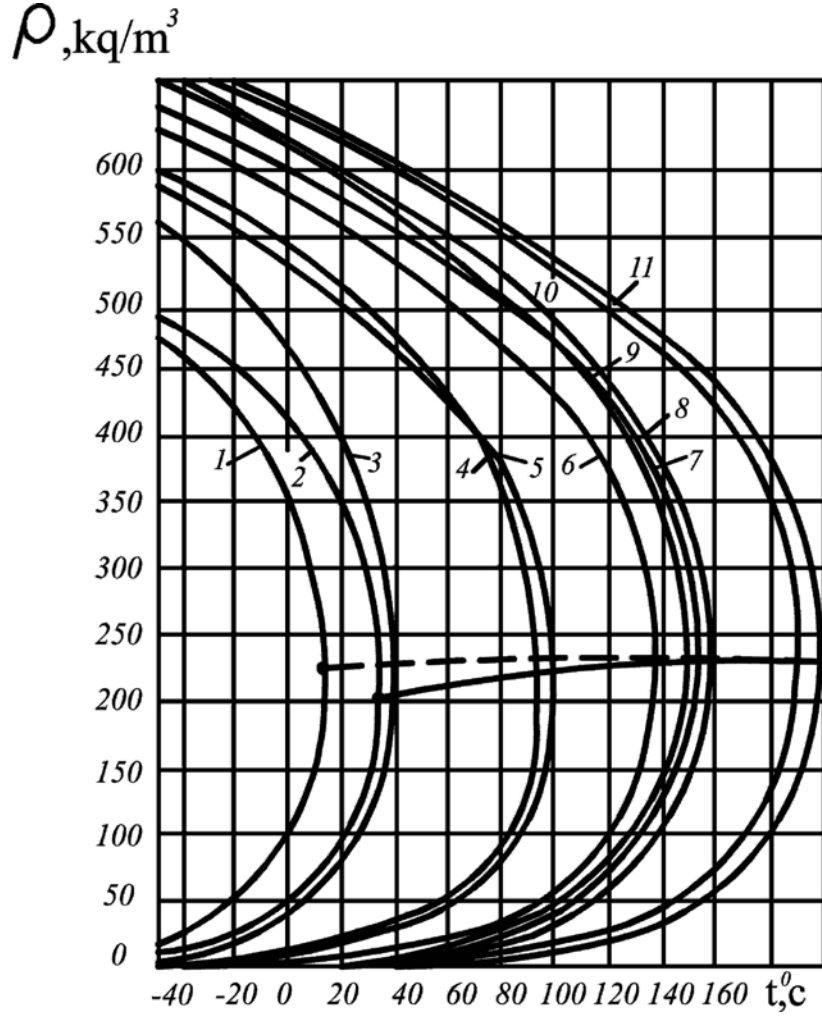
- maye qazların buxarları havadan ağırdır;
- maye qazların buxarlarının hava ilə qarışığı partlayış törədə bilər, (propan üçün bunun aşağı həddi -2%, yuxarı -95%, butan üçün isə aşağı hədd 1,8%, yuxarı -8,5% təşkil edir). Əgər propan və butanın havada miqdarı yuxarı həddən çoxdursa, onda açıq alovdan qaz-hava qarışığı yanır və yuxarı həddə çatanda partlayış törənir;

- karbohidrogen qazlarının açıq qablarda saxlayan zaman qaz buxarlanır və hətta havanın temperaturu mayeni qaynama temperaturundan aşağı olduğu şəraitdə belə hava ilə partlayış törədən qarışıq əmələ gətirir;
- qaz-hava qarışığında su buxarlarının olması onun yanma imkanın aşağı salır;
- maye qazların doymuş buxarlarının təzyiqi benzin buxarlarının təzyiqindən xeyli çoxdur;
- maye qazların ağır hissələrini yuxarlarının sürətlə çıxardıqda çəndə onların təzyiqi və temperaturu aşağı düşür, mayenin sürətlə çıxardıqda isə tutumda təzyiq azalmır;
- temperatur yüksəldikdə maye xeyli genişləndiyi üçün anbar, sisternalar və balonları tam doldurmaq olmaz və dolma dərəcəsinə nəzarət olunması vacibdir ki, o normanı keçməsin;
- Maye qazların qablara doldurulması və boşaldılması zamanı təmasda olan şəxsin buxarlanmadan baş verən soyumanın hesabına əllərinin və ya bədəninin digər hissələrinin donması mümkündür.

Maye qazların saxlanması və nəqli zamanı aparılan texniki hesablamalarda geniş istifadə olunan sıxlıq və dinamik özlülük parametrləri qazın tərkibi, temperatur və təzyiqdən çox asılıdır.

Şəkil 8.1-də maye qazların əsas komponentlərinin doymuş maye və buxar fazalarının temperaturdan asılılığı göstərilmişdir. Şəkildə böhran temperaturuna uyğun gələn sıxlıqlar (hansı ki, maye fazanın sıxlığı- ρ_m buxar fazasının sıxlığına ρ_b bərabərdir) qara nöqtələrlə göstərilmişdir.

Texniki hesablamalar üçün maye qazların sıxlığını aşağıdakı ifadəyə əsasən hesablamaq olar:



Şəkil 8.1. Karbohidrogen qazlarının doymuş maye və buxar fazalarının sıxlıqlarının temperaturdan asılılıq qrafikləri

1-etilen; 2-etan; 3-asetilen; 4-propan; 5-propilen; 6-izo-butan; 7-butan;
8-butilen-1; 9-butilen-2; 10-izo-pentan; 11-n-pentan

$$\rho_T = \rho_0 + a(T - T_0) \quad (8.1)$$

harada ki, $\rho_0 - T_0$ temperaturunda maye qazın sıxlığıdır.

Cədvəl 8.1-də ρ_0 və α əmsallarının qiymətləri göstərilmişdir.

Cədvəl 8.1

Maye qazların sıxlığının hesablanması üçün ρ_0 və α kəmiyyətlərinin qiymətləri ($T = 273K$)

Qaz	$\rho_0, \frac{kq}{m^3}$	$\alpha, kq/(m^3 \cdot K)$	Temperatur
Etilen (C_2H_4)	345,5	3,076	23-280
Propan (C_3H_8)	529,7	1,354	205-301
Sənaye propanı	533,8	1,730	273-328
Propilen (C_3H_6)	543,5	1,477	233-313
n-butan ($n-C_4H_{10}$)	581,0	1,145	223-289
İzo-butan ($i-C_4H_{10}$)	618,1	1,096	203-273
Sənaye butanı	603,6	1,210	273-328
n-pentan ($n-C_5H_{12}$)	645,5	0,950	150-332
Karbohidrogen kondensatı	602,8	1,160	273-328

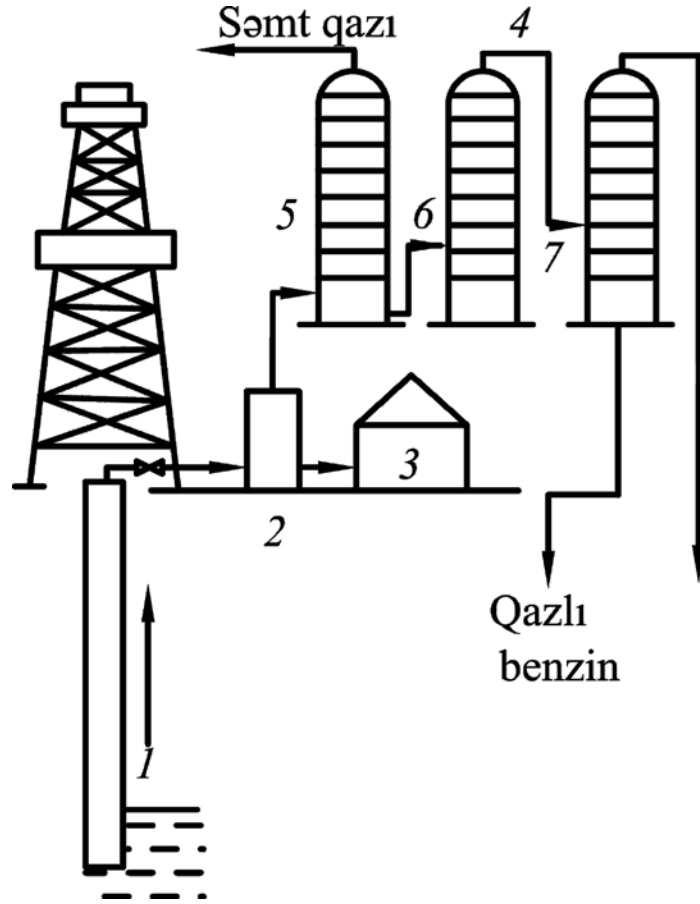
8.1. Maye qazların alınması mənbələri və özəl xüsusiyyətləri

Maye karbohidrogen qazları istehsalının əsas mənbələri səmt qazları, o cümlədən, neftin stabilləşməsindən alınan qazlar, qaz-kondensat yataqlarının təbii-yağlı qazları və neftin emalından alınan qazlar hesab olunur.

Səmt qazları və neftin stabilləşməsindən alınan qazlar neftin çıxarılması zamanı əldə olunur (şəkil 8.2).

Adətən, neft yataqlarının yuxarı hissəsində bir hissəsi neftdə həll olunan qaz papağı yerləşir. Quyudan neft həll olunmuş qazla birlikdə trap-ayırıcıya (2) daxil olur. Burada qaz neftdən ayrılır və yuxarı ştuserdən çıxır. Neft isə orta ştuserdən çənə (3) göndərilir.

Trap-ayırıcıdan qaz qaz emalı qurğusuna yönəldilir və orada absorbsiya üsulu ilə asan sıxılabilən qazlar çıxarılır. Mayeləşmiş qazlar



Şəkil 8.2. Maye qazların alınması ilə səmt qazının emal sxemi

1-neft; 2-trap-ayırıcı; 3-cən; 4-qeyri stabil qaz-benzin boru kəməri;

5- absorber; 6-desorber; 7-stabilləşdirmə kalonu

absorbentdən ayrılaraq stabilləşdirmə kalonunda (7) ayrı-ayrı karbohidrogenlərə ayrılır. Səmt qazının qaz emalı zavodunda emalı nəticəsində tərkibində olan metan, etan və propan hissəsi «quru» qaz, həmçinin maye qazlar (propan, butan, izo-butan) və avtomobil benzininin komponenti olan stabil qaz benzini alınır. Səmt neft qazından ayrı-ayrı qazların ayrılması, 3-cü fəsilə qeyd olunduğu kimi,

aşağı temperaturlu seperasiya (ATS) yolu ilə də həyata keçirə bilər. Qaz-kondensat yataqlarının qazlarının tərkibində daha ağır komponentlər (S₅-S₈) olduğundan onların ayrılması zəruridir. Çünki magistral qaz kəmərinə təzyiqin azalması zamanı onlar kondensat şəklində düşərək kəmərin buraxma qabiliyyətini aşağı salır. Ağır karbohidrogenlər və nəmlik qazın separasiya olunması nəticəsində ayrılır. Ayrılmanın səmərəliliyini yüksəltmək üçün hal-hazırda ATS-dən istifadə olunur.

Maye qazların istehsalının vacib mənbələrindən biri də neft-zavod qazları hesab olunur. Məsələn, müxtəlif neft emalı üsulları zamanı kütlə faizi ilə qazşəkilli karbohidrogenlərin çıxışı aşağıdakı kimidir:

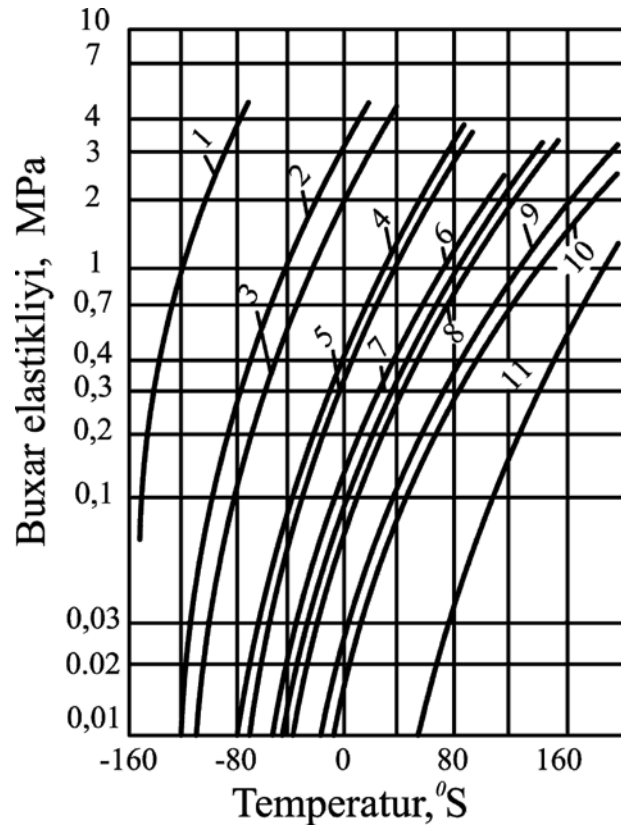
Neftin katalitik krekinqi.....	8-12
Neftin termiki riforminqi.....	15-20
Neftin qaz fazasında krekinqi.....	20-25
Neftin ikifazlı krekinqi.....	10-12
Qazoylun termiki krekinqi.....	9-10
Liqroinin termiki riforminqi.....	25-26
Qazoylun katalitik krekinqi.....	14-15

Maye qazların digər mayelərdən fərqli xüsusiyyətləri də vardır ki, onların saxlanması və nəqli zamanı nəzərə alınmalıdır. Məsələn, temperaturun artması ilə maye qaz, daha doğrusu, sıxılmış qazın maye fazası öz həcmi kəskin olaraq artırır.

Başqa mayelərdən fərqli olaraq maye qazların sıxılması xeyli yüksəkdir. Ona görə böyük təzyiqlər fərqi ilə maye qazları nəql edən boru kəmərlərinin hesablanması zamanı bu amilin nəzərə alınması zəruridir. Doymuş buxar təzyiqinin və onun dəqiq təyin edilməsinin maye qazların alınması və nəqli üçün əhəmiyyəti çoxdur.

Maye qazlar üçün boru kəmərlərinin hesablanması zamanı kəmər boyu təzyiqlin doymuş buxar elastikliyindən çox olması zəruridir. Əks halda maye qazı nəql edən kəmərdə qaz fazasının əmələ gəlməsi hesabına onun buraxma qabiliyyətinin kəskin azalması baş verəcəkdir.

Doymuş buxar elastikliyinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi bəzi karbohidrogenlər üçün şəkil 8.3-də göstərilmişdir.



Şəkil 8.3. Bəzi karbohidrogenlərin buxar elastikliyinin temperaturdan asılılığı
 1-metan; 2-etilen; 3-etan; 4-propilen; 5-propan; 6-izo-butan; 7-izo-butilen; 8-n-butan; 9-izo-pentan; 10-n-pentan; 11-su

Maye qazların saxlanması və nəqli zamanı bəzi hallarda çox sərt tələblər də qoyulur. Belə ki, sıxlaşdırılmış təbii qaz və ya metan atmosfer təzyiqində

saxlanılan zaman g r k temperaturu -162°S olsun. Bu isə digər sıxlaşdırılmış karbohidrogen qazlarının, məsələn, propanın saxlanma temperaturundan (-40°S) xeyli aşığıdır.

Maye qazlar istehsal olunduğı yerlərdən tələbatçılara təzyiq altında xüsusi qablarda, izotermik tutumlarda və boru kəmərləri ilə çatdırılır.

Maye qazlarının nəql üsulunun seçilməsi yalnız o prinsipə əsaslanır ki, verilən şəraitdə maye onun vahid kütləsinin daşınma qiyməti minimal olmalıdır. Maye qazların nəql olunması, paylanması və yerinə çatdırılması sxemlərini işləyib hazırlayan zaman  alımaq lazımdır ki, boşaltma-doldurma əməliyyatlarının sayı minimal olsun.  ks halda onların daşınmasına əkilən xərclər xeyli artmış olur. Odur ki, hər bir halda optimal nəql üsulunun təyini məqsədilə texniki-iqtisadi hesablamaların aparılması vacibdir.

8.2. Maye qazların boru kəmərləri ilə nəqlinin texnologiyası

Magistral qaz kəmərinin tikilməsi təbii qazların uzaq məsafələrə nəql olunmasına imkan verdi. Boru kəmərləri ilə nəql üsulunun bir çox üstün cəhətlərinə baxmayaraq maye qazların kəmərlər sistemi ilə səmərəli nəqli  c n kifayət qədər təcrübə toplanmamışdır.

Qazların maye halında boru kəmərləri ilə nəqlinin digər üsullara nisbətən bir sıra üstünlükləri vardır. T l batçılardan qazla təchiz olunmasının yüksək etibarlılığı, partlayış v  yanğın qorxusunun xeyli az olması, istənilən vaxt, istənilən miqdarda maye qazın verilməsinin mümkünlüyü, hava, iqlim, şəraitindən asılı olmaması, istehsalın yüksək m d niyy tli olması bu üstünlüklərə misal ola bilər. Maye propan v  butan xüsusi boru kəmərləri, ya da mövcud olan benzin kəmərləri ilə dövri şəkind  benzinlə ardıcıl olaraq nəql olunur. Eyni bir

boru kəməri ilə benzin və maye qazın ardıcıl olaraq nəqli zamanı bu məhsulların qarışması çox az olur.

Boru kəmərləri ilə nəql zamanı ən vacib texnoloji tələb ondan ibarətdir ki, kəmərdə elə təzyiq saxlanılmalıdır ki, nəql olunan maye qazın qaynamasının (buxara çevrilməsinin) qarşısı alınsın, yəni, gərək verilən temperaturlarda təzyiqin doymuş buxar təzyiqindən aşağı düşməsinə yol verilməsin. Bu tələbə əməl olunmaması boru kəmərində qaz tıxaclarının yaranmasına səbəb ola bilər. Adətən, boru kəmərində maye qazların minimal təzyiqi doymuş buxar təzyiqindən 0,6-0,8 MPa çox qəbul edilir. Bu məqsədlə hər bir nəqledici nasos stansiyası üçün boru kəməri trasının relyefindən və nəql olunan məhsulun temperaturdan asılı olaraq çıxışda tələb olunan təzyiqin qrafiki işlənilib hazırlanmalıdır.

Maye qazlar üçün boru kəmərində təzyiqin minimal qiymətləri cədvəl 8.2-də göstərilmişdir (MPa).

Cədvəl 8.2

Boru kəmərində maye qazların minimal təzyiqi

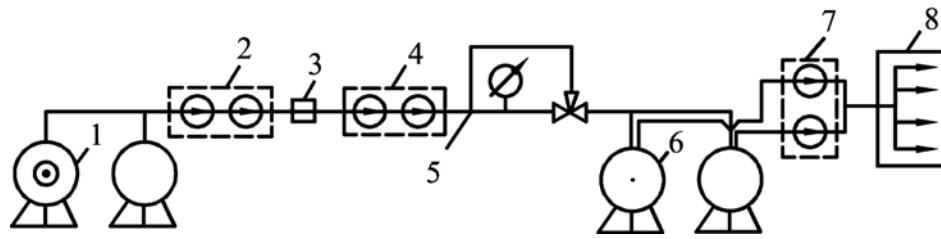
<i>Qaz</i>	<i>Ətraf mühitin temperaturu, °S</i>		
	<i>Qış</i>		<i>Yay</i>
	<i>-20</i>	<i>0</i>	<i>25</i>
<i>Propan</i>	<i>0,94</i>	<i>1,2</i>	<i>1,7</i>
<i>Butan</i>	<i>0,7</i>	<i>0,8</i>	<i>1,05</i>
<i>Propan – Butan (50+50%)</i>	<i>0,9</i>	<i>1,1</i>	<i>1,3</i>

Maye qazların boru kəmərləri ilə nəqli problemlərinə baxarkən hidratın

Yaranmasının qarşısını almağa da xüsusi diqqət verilməlidir. Hidratların əmələ gəlməsi zamanı baş verən istismar çətinlikləri qış aylarında, mənfi temperatur hallarında daha da çoxalır.

Hidratla mübarizə üsullarından ən səmərəlisi nəql olunan maye qazların boru kəmərlərinə verilməzdən əvvəl dərinə qurulmasıdır.

Maye qazları nəql edən boru kəmərlərinin texnoloji sxemi şəkil 8.4-də göstərilmişdir.



Şəkil 8.4. Maye qaz nəql edən boru kəmərlərinin texnoloji sxemi

Texnoloji sxemə uyğun olaraq maye qazlar baş nasos stansiyasında çənlərdən (1) nasoslar (2) vasitəsi ilə götürülür və ölçü məntəqəsindən (3) keçərək boru kəmərinə (5) vurulur. Baş nasos stansiyası bir başa maye qaz istehsal olunan zavodun ərazisində və ya çənlər parkı ilə ayrılıqda bir kompleksdə yerləşə bilər. Baş nasos stansiyasında qaz ehtiyatlarını saxlamaq üçün çənlər və müxtəlif nasoslarla (köməkçi, əsas və ehtiyat nasosları) təchiz olunmuş nasos stansiyası tikilir. Magistral boru kəmərinə hesablamalarla müəyyən edilən məsafələrdə aralıq nasos stansiyaları da tikilir və nasoslarla təchiz olunur. Aralıq nasos stansiyalarında maye qaz (6) nasoslara verilir və beləliklə, «nasosdan nasosa» nəql sxemi həyata keçirilir.

Maye qazları nəql edən boru kəmərinin səciyyəvi xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, nəql olunan mühitin təsiri kəmər boyu təzyiq və temperaturun

dəyişməsindən çox asılı olur.

Maye qazların nəqlini həyata keçirən boru kəmərlərində, trasın profilinin yüksək nöqtələrində buxar fazası və quru qazın çıxması üçün vantuzlar quraşdırılır.

8.3. Maye qazları nəql edən boru kəmərlərinin hidravliki hesablanması

Maye qazlar üçün magistral qaz kəmərlərinin layihələndirilməsi zamanı kəmərlərin hidravliki və möhkəmliyə hesablanması zəruridir. Maye qazlar üçün boru kəmərlərinin hidravliki hesablanması, əgər kəmərin uzunluğu boyu temperatur çox az dəyişərsə, neft məhsulları kəmərlərinin hidravliki hesablanmasından bəzi xüsusiyyətlər olmasına baxmayaraq keyfiyyətə fərqlənir.

Qeyd olunan xüsusiyyət onunla bağlıdır ki, müəyyən təzyiq və temperaturda maye qaz çox asanlıqla qaz halına keçir, boru kəmərinin canlı kəsiyini doldurur ki, bu da buraxma qabiliyyətini kəskin aşağı salır. Digər tərəfdən maye buxar qarışığının hərəkəti boru kəməri və nasoslarda kavitasiya hadisəsini törədir. Kavitasiya ən çox nasoslar üçün qorxulu hesab olunur. Kavitasiyaya qarşı ehtiyat nəzərə alınmaqla kəmərdə maye fazanın hərəkət sürəti: sorma borularında 1,2 m/s-dən, basqılı boru kəmərlərində isə 3 m/s-dən çox olmalıdır.

Maye faza buxar halına keçdikdə həcm çoxaldığından mühitin hərəkət sürətinin artması sürtünməyə sərf olunan itkilərin çoxalmasına səbəb olur, başqa sözlə kəmərdə təzyiqlər fərqi yüksəlir.

Maye qazı nəql edən boru kəməri üçün qorxulu o nöqtə hesab edilir ki, maye fazanın daha çox buxarlanma imkanı olur. Bu nöqtəni neft kəmərləri ilə analoji

olaraq aşırım nöqtəsi (əksər hallarda kəmərin trasının profilində ən yüksək nöqtə) hesab etmək olar. Beləliklə, maye qazları nəql edən boru kəməri üçün əsas tələb ondan ibarətdir ki, kəmərin itənilən nöqtəsində təzyiq doyma təzyiqindən aşağı düşməsin. Maye qazların nəqli zamanı onların tərkibinin dəyişməsi mümkün olduğundan doyma təzyiqi də dəyişə bilər. Bundan əlavə nəqlin maksimal temperaturunun seçilməsi zamanı da təqribiliyə yol verilir, çünki, boru kəmərlərinin istismarı zamanı temperatur dəyişməsinin dəqiq nəzərə alınması mümkün deyil. Qeyd olunanlardan belə çıxır ki, aşırım nöqtəsində minimal təzyiqin müəyyən P_{eh} ehtiyatla qəbul edilməsi zəruridir.

Əgər propan–butan qarışığının ardıcıl nəqli zamanı məhsul kəmərinin uzunluğu boyu aşırım nöqtəsi varsa, onda həmin nöqtə maye keçən zaman «qorxulu» nöqtə hesab olunur. Bu halda qazlaşmanın qarşısını almaq üçün zəruri tədbirlərin görülməsi vacibdir.

Əgər maye qaz boru kəməridən saxlanılmaq üçün tutumlara daxil olursa, onda kəmərin sonunda təzyiq doyma təzyiqindən $(1,5 - 2) \cdot 10^5 Pa$ çox olmalıdır.

Yəni,

$$P_s \geq (P_{doy} + 2 \cdot 10^5) Pa$$

Boru kəməridən tutuma qədər, yol boyu xeyli sayda müxtəlif hidraliki müqavimətlər məsələn, siyirtmələr, ventillər, əks və tənzimləyici klapanlar, sərfölçənlər və s. ola bildiyi üçün təzyiqin buxar elastikliyi təzyiqindən aşağı düşməsin və tutumlarda intensiv qaz əmələ gəlməsinə yol verməmək məqsədilə həmin müqavimətlərdə olan itkilər hesablanmalı və nəzərə alınmalıdır.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, aralıq nasos stansiyalarına girişdə və qəbul məntəqələrində buxar elastikliyi təzyiqini azaltmaq və bununla nəqlə sərf olunan gücü aşağı salmaq məqsədilə maye qazların soyudulması üçün qurğunun işə

salınması məqsədəuyğundur.

Maye qazların nəqli zamanı nasos stansiyaları arasındakı məsafə elə seçilir ki, stansiyadan sonra təzyiq 5,0 MPa-dan çox olmasın. Bu zaman sonrakı nasos stansiyasından əvvəl təzyiq gərək $\Delta p \geq 0,5 \text{ MPa}$ şərtini ödəsin.

Hidravliki hesablamalar üçün nəql olunan maye qazların tərkibi və xassələri, həmçinin temperaturun tras boyu dəyişməsi məlum olmalıdır. Əgər boru kəmərinin uzunluğu çox da böyük deyilsə, məhsulun hesabi temperaturu kimi yay vaxtına uyğun, borunun basdırıldığı dərinlikdə torpağın temperaturu qəbul edilir.

Maye qazları nəql edən boru kəmərlərinin hidravliki hesablanması aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

1. Nəql olunan maye qazların məlum olan kimyəvi tərkibinə uyğun olaraq onların əsas fiziki parametrləri təyin olunur:

- kəmərdə temperaturun dəyişməsindən asılı olaraq sıxlıq müəyyən edilir;
- temperatur nəzərə alınmaqla özlülük hesablanılır;
- maksimal temperaturda doyma təzyiqi təyin edilir.

Boru kəmərinə temperaturun dəyişməsi Şuxov düsturu ilə təyin edilir. Belə ki, hər hansı x məsafəsində temperatur

$$t_x = \frac{t_0 + (t_b + t_0) \cdot e^{0,27k\pi \cdot D_d \cdot x}}{Q_p \cdot C_p},$$

harada ki, t_0 - torpağın temperaturu, $^{\circ}\text{S}$; t_b - boru kəmərinin başlanğıcında qazın temperaturu, $^{\circ}\text{S}$; K - qazdan torpağa istilikvermə əmsalı, $\text{kVt}/(\text{m}^2 \cdot \text{saat} \cdot ^{\circ}\text{S})$; D_d - boru kəmərinin daxili diametri, m; Q_p - nəql olunan qazın həcm sərfi, m^3/saat ; ρ - nəql olunan qazın sıxlığı, kq/m^3 ; C_p - nəql olunan qazın sabit təzyiqdə istilik

tutumu, $kC/(kq \cdot S)$).

Təqribi hesablamalar üçün istilikvermə əmsalını quru qum üçün 1,16, nəm gillər olduqda 1,45 və yaş qum üçün isə $k=3,48$ qəbul etmək olar.

2. Maye qazın boru kəmərinə optimal hərəkət sürəti $v = 1,2 - 3,0 \text{ m/s}$ intervalında qəbul olunur.

3. Seçilən sürətə $v \text{ (m/s)}$ və kəmərin buraxma qabiliyyətinə $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$ əsasən boru kəmərinin diametri təyin edilir:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v}}$$

4. Reynolds ədədi hesablanılır:

$$\text{Re} = vD / \nu,$$

harada ki, ν - maye qazın kinematik özlülüyüdür.

5. Hidravliki müqavimət əmsalı (λ) təyin edilir. Laminar hərəkət rejimində boru divarının kələ-kötürlüyü hidravliki müqavimət əmsalına təsir etmir. Bu hərəkət rejimində $\lambda = 64 / \text{Re}$ (Stoks düsturu) adətən, maye qazların boru kəmərinə hərəkət rejimi turbulent rejiminə uyğun gəlir. Hamar sürtünmə zonasından qarışıq zonaya, həmçinin kvadratik zonaya keçidi müəyyən edən Reynolds ədədinin sərhəd qiymətləri aşağıdakı ifadələrə əsasən təyin edilir:

$$\text{Re}_1 = \left(3,324 \frac{D}{k_e} \right)^{1,125} \left(\frac{\nu}{\nu_{su}} \right)^{0,12}$$

$$\text{Re}_2 = \left(120 \frac{D}{k_e} \right)^{1,125} \left(\frac{\nu}{\nu_{su}} \right)^{0,67},$$

harada ki, ν, ν_{su} - uyğun olaraq maye qazın və suyun özlülüyüdür; k_e - ekvivalent kələ-kötürlükdür, hansı ki, borunun keyfiyyəti və vəziyyətindən asılı olaraq müəyyən edilir (cədvəl 8.3).

Turbulent hərəkət zonasında hidravliki müqavimət əmsalını təyin etmək üçün çoxlu düsturlar mövcuddur. Təvsiyə olunur ki, aşağıdakı ifadəyə əsasən λ əmsalı təyin edilsin:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{D} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25},$$

harada ki, $k_e = 0,1$ qəbul etmək olar.

Cədvəl 8.3

Polad borular üçün ekvivalent kələ-kötürlüyün k_e (mm-lə) təvsiyə olunan qiymətləri

<i>Boruların vəziyyəti</i>	<i>Kələ-kötürlülük (k_e)</i>
<i>Təzə</i>	<i>0,05-0,06</i>
<i>Uzun müddət anbarlarda qalan və işlənməyən borular</i>	<i>0,10-0,15</i>
<i>8 ilədək istismarda olan borular</i>	<i>0,50-0,60</i>

6. Darsi-Veysbax düsturuna əsasən boru kəmərinə sürtünməyə sərf olunan basqı itkisi müəyyən edilir:

$$H_{sür} = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g},$$

harada ki, L və D -uyğun olaraq boru kəmərinin uzunluğu və diametridir.

7. Boru kəməri boyu siyirtmə, kran, klapan və digər yerli müqavimətlər quraşdırıldığından, yerli müqavimətlərə sərf olunan basqı itkisi ($H_{y.m}$) sürtünməyə sərf olunan itkinin 1,5%-nə bərabər qəbul edilir.

$$H_{y.m} = 0,015 H_{sür}$$

8. Boru kəmərinə tam basqı itkisi müəyyən edilir.

$$H_{\text{BRM}} = H_{\text{siü}} + H_{y.m} + \Delta Z + H_s,$$

harada ki, ΔZ - maye qaz nəql edən boru kəmərinin son və başlanğıc hündürlüklər fərqi; H_s - boru kəmərinin sonunda zəruri olan basqı.

9. Nasos stansiyalarının sayı təyin edilir:

$$n = H_{\text{BRM}} / h_{n.s},$$

harada ki, $h_{n.s}$ - nasosların xarakteristikaları və boruların möhkəmliyi nəzərə alınmaqla bir nasos stansiyasının basqısıdır.

Qeyd edək ki, nasos stansiyalarının sayı hesablandıqda aşağıdakı bir neçə hallar ola bilər:

- nasos stansiyalarının hesabi sayı tam ədəddir;
- stansiyaların hesablanmış sayı tam ədəddən bir az aşağıdır.

Bu halda nasos stansiyalarının sayı böyük qiymətədək yuvarlaqlaşdırılır və qəbul edilir. Məsələn, $n = 2,8$ isə $n = 3$ qəbul edilir. Bu zaman layihədə nəzərdə tutulan buraxma qabiliyyəti artacaq.

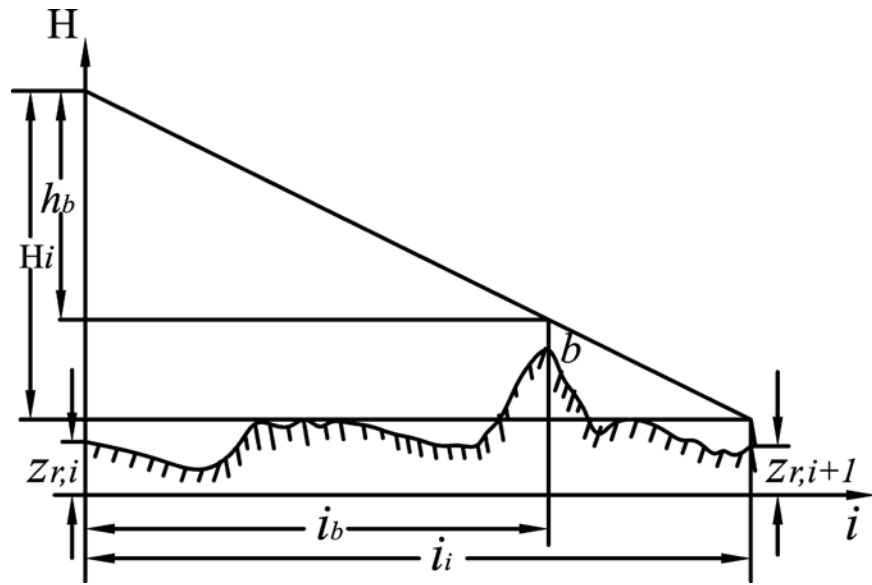
- nasos stansiyalarının hesablanmış sayı tam ədəddən bir az çoxdur. Tutaq ki, $n=2,2$. Bu halda 3 nasos stansiyasının qəbul edilməsi əlverişli deyil, 2 stansiya isə layihə gücünə uyğun gəlməyəcək. Ona görə lupinqin tikilməsi zəruri sayılır. Bütün hallarda optimal variantın təyini üçün (lupinq, qoşqu, yoxsa stansiyaların sayının artırılması) texniki-iqtisadi hesablamaların aparılması vacibdir.

10. Neft kəmərlərində olduğu kimi Şuxov qaydasına uyğun olaraq nasos stansiyaları trasın profilində yerləşdirilir. Bu zaman qazlaşma şəraitinin aradan qaldırılması şərti mütləq nəzərə alınmalıdır.

11. Aralıq nasos stansiyalarının yerləşdirilməsi nəzərə alınmaqla dəqiqləşdirici hidravliki hesablama aparılır.

12. Başlanğıc təzyiq (P_1) təyin edildikdən sonra «qorxulu» nöqtədə təzyiq müəyyən edilir. Trasin profili və planına əsasən ən yüksək nöqtə müəyyən edilir (şəkil 8.5). Sonra başlanğıc (nasos stansiyasının çıxışı) və ən yüksək nöqtə (b) üçün Bernuli tənliyi tərtib edilir. Ən yüksək nöqtəyə kimi olan hissədə basqı itkisi h_b aşağıdakı ifadəyə əsasən müəyyən edilir:

$$h_b = H_i \frac{l_b}{l_i},$$



Şəkil 8.5. Maye qaz nəql edən boru kəmərlərinin hesabi sxemi

Burada H_i -nasos stansiyaları arasında və ya «qorxulu» nöqtə yerləşən son hissədə basqı itkisi; l_i -nasos stansiyaları arasında və ya «qorxulu» nöqtənin harada yerləşməsindən asılı olaraq son hissənin uzunluğu; l_b -trasın başlanğıcından ən yüksək nöqtəyə qədər olan məsafədir.

Nəzərə alsaq ki, $v_i^2/2g = v_b^2/2g$, sürətlərin bərabərliyi hesabına Bernuli

tənliyindən ən yüksək nöqtədə pyezometrik basqı müəyyən edilir:

$$\frac{P_s}{\rho g} = \left(Z_{g.i+1} - Z_{gb} + \frac{P_{i+1}}{\rho g} \right) - (H_i - h_b)$$

Pyezometrik basqı və sıxlığa görə boru kəmərinin «qorxulu» nöqtəsində təzyiq (P_b) təyin olunur. Bu təzyiq gərək maye qazların nəqlinə qoyulan tələblərə uyğun olaraq doyma təzyiqindən ΔP_{eh} qədər ($0,6 - 0,8 \text{ MPa}$) çox olmalıdır. Beləliklə bütün sistemdə təzyiq gərək qədər artmış olsun. Burada

$\Delta P_b = P_b - P_{doym}$. Əgər ΔP -nin qiyməti boru kəmərinin sonunda və ya aralıq nasos stansiyasından qabaq təzyiqin seçilməsi zamanı qoyulan şərti təmin edirsə, onda bununla kəmərin hidravlik hesablanması başa çatır. Əgər bu şərt ödənilmirsə, onda boru kəmərinə təzyiqi ΔP_{eh} -nin qiyməti qədər artırmaq lazımdır:

- son məntəqədə maye qaz tutuma-çənə verilirə, $\Delta P_{eh} = (2 \cdot 10^5 - \Delta p)$, Pa
- maye qaz aralıq nasos stansiyasına daxil olursa, $\Delta h_{eh} = (7 \cdot 10^5 - \Delta p)$, Pa.

Cədvəl 8.4-də maye karbohidrogen qazlarını nəql etmək üçün boru kəmərlərinin texniki göstəriciləri verilmişdir.

Boru kəmərinin uzunluğu, nəql olunan qazın həcmindən asılı olaraq maye propanı nəql etmək üçün kəmərlərinin optimal diametri sürətdə-mm və nasos stansiyalarının sayı məxrəcdə.

Cədvəl 8.4.

Karbohidrogen qazlarını nəql etmək üçün boru kəmərlərinin texniki göstəriciləri

<i>Boru kəmərinin uzunluğu, km</i>	<i>Nəql olunan maye qazın həcmi, min t/il</i>					
	<i>10</i>	<i>50</i>	<i>1090</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>	<i>2000</i>
<i>50</i>	$\frac{89 \times 15}{1}$	$\frac{89 \times 5}{1}$	$\frac{114 \times 6}{1}$	$\frac{245 \times 7}{1}$	$\frac{325 \times 8}{1}$	$\frac{377 \times 8}{1}$
<i>100</i>	$\frac{89 \times 5}{1}$	$\frac{114 \times 6}{1}$	$\frac{133 \times 6}{1}$	$\frac{273 \times 7}{1}$	$\frac{325 \times 8}{1}$	$\frac{377 \times 8}{1}$
<i>500</i>	$\frac{89 \times 5}{2}$	$\frac{133 \times 6}{2}$	$\frac{159 \times 6}{2}$	$\frac{273 \times 7}{2}$	$\frac{325 \times 8}{2}$	$\frac{426 \times 10}{2}$
<i>1000</i>	$\frac{89 \times 5}{3}$	$\frac{133 \times 6}{2}$	$\frac{159 \times 6}{3}$	$\frac{273 \times 7}{3}$	$\frac{325 \times 8}{4}$	$\frac{426 \times 10}{4}$
<i>2000</i>	$\frac{89 \times 5}{3}$	$\frac{133 \times 6}{4}$	$\frac{159 \times 6}{5}$	$\frac{273 \times 7}{5}$	$\frac{325 \times 8}{7}$	$\frac{426 \times 10}{7}$

8.4. Maye qazların boru kəmərləri ilə nəqlinin hidravliki hesablanmasına aid nümunə

Tutaq ki, diametri $D = 273 \times 7 \text{ mm}$, uzunluğu $L = 120 \text{ km}$ olan boru kəməri ilə maye qaz nəql edilir. Maye qazın tərkibi (%-lə) propan-60, n-butan-40. Başlanğıc nöqtənin hündürlüyü $Z_1 = 80 \text{ m}$, son nöqtənin hündürlüyü $Z_2 = 100 \text{ m}$, ən yüksək nöqtənin hündürlüyü isə 120 m olmaqla kəmərin başlanğıcından 40 km məsafədə yerləşir. Boru kəmərinin basdırıldığı torpağın orta temperaturu:

$$T_{or} = 290 \text{ K}$$

Kəmərin başlanğıcında təzyiq $P_1 = 5 \text{ MPa}$.

Kəmərin hidravliki hesablanmasını aparmaqla onun sonunda təzyiqin qiymətinin tapılması tələb olunur.

1. Əvvəlcə $T_{or} = 290 \text{ K}$ temperaturda nəql olunan maye qazın fiziki parametrlərini təyin edirik:

- maye qaz qarışığının T temperaturunda sıxlığını hesablayırıq:

$$\rho_t = \rho_0 - \alpha(T - T_0)$$

harada ki, $\rho_0 - T_0$ temperaturunda qazın sıxlığı; α -aproksimasiya əmsalı (cədvəl 8.1).

Propan üçün $T_0 = 273 \text{ K}$ temperaturda $\rho_0 = 529,7 \text{ kq/m}^3$, $\alpha = 1,354 \text{ kq/(m}^3 \cdot \text{K)}$ və $\rho_T = 506,7 \text{ kq/m}^3$.

Butan üçün həmin temperaturda $\rho_0 = 601 \text{ kq/m}^3$, $\alpha = 1,354 \text{ kq/(m}^3 \cdot \text{K)}$ və

$$\rho_T = 582,8 \text{ kq/m}^3.$$

Onda qarışığın sıxlığı

$$\rho_T = \frac{1}{\sum \frac{Y_i}{\rho_i}} = 532 \text{ kq/m}^3$$

- dinamiki özlülüyün propan üçün $\mu_T = 11,0 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, n-butan üçün

$\mu_T = 18,2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ olduğunu nəzərə alsaq, maye-qaz qarışığı üçün $\mu = 11,0 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$. Onda qarışıq üçün kinematik özlülük $\nu_{qar} = 0,246 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$ olacaqdır.

- Doymuş buxar elastikliyi şəkil 8.3-dən $T = 290 \text{ K}$ temperaturunda

$$P_{doy} = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

2. Boru kəmərinə maye qazın hərəkət sürətini təyin edirik.

$$\nu_{or} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 1800}{3,14 \cdot (0,259)^2 \cdot 3600} = 0,95 \text{ m/s}$$

3. Hidravliki müqavimət əmsalını təyin edirik.

- Reynolds ədədini tapırıq

$$\text{Re} = \frac{\nu D}{\nu} = \frac{0,95 \cdot 0,259}{0,246 \cdot 10^{-6}} = 1000000$$

- Ekvivalent kələ-kötürlüyü $k_e = 0,5 \text{ mm}$ qəbul edirik.
- Reynolds ədədinin 2-ci sərhəddini Re_2 təyin edirik.

$$\text{Re}_2 = \left(120 \cdot \frac{D}{K_e}\right)^{1,125} \cdot \left(\frac{\nu}{\nu_{su}}\right)^{0,67} = 84100$$

Boru kəmərinə maye qazın hərəkəti turbuləntdir və kələ-kötürlü sürtünmə zonasında baş verdiyi üçün hidravliki müqavimət əmsalını Nikuradze düsturu ilə hesablamaq olar.

$$\lambda = \frac{1}{(1,14 + 21g D/k_e)^2} = 0,0230$$

4. Sürtünməyə sərf olunan basqı itkisini təyin edirik.

$$H_{sirr} = \lambda \frac{l\nu^2}{2gD} = 0,0231 \frac{120000 \cdot (0,95)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,259} = 494,3 \text{ m}$$

5. Boru kəmərinə maye qazın nəqli zamanı cəm basqı itkisini tapırıq

$$H_{\text{CRM}} = H_{\text{sür}} + H_{\text{y.m.}} + \Delta Z = 1,015H_{\text{sür}} + \Delta Z = 501,7 + (100 - 80) = 521,7 \text{ m}$$

$$\text{Onda, təzyiqlər fərqi } \Delta P = P_1 - P_2 = H_{\text{CRM}} \cdot \rho \cdot g = 521,7 \cdot 532 \cdot 9,81 = 2,72 \text{ MPa}$$

6. Boru kəmərinin sonunda təzyiqi hesablayırıq

$$h_b = 1,015H_{\text{sür}} \frac{l_b}{l_i} = 501,7 \frac{40}{120} = 167,2 \text{ m}$$

$$P_b = \rho g \left(Z_{b,i+1} + \frac{\Delta P_{eh}}{\rho g} - Z_b + 1,15H_{\text{sür}} - h_b \right) = 532 \cdot 9,81 \left(100 + \frac{6 \cdot 10^5}{532 \cdot 9,81} - 120 + 501,7 - 167,2 \right) = 2241369 \text{ Pa} \approx 2,24 \text{ MPa}$$

Göründüyü kimi, maye qazı nəql edən boru kəmərinin ən yüksək, qorxulu nöqtəsində qaz fazasının əmələ gəlməsi üçün şərait yaranmır.

Yoxlama sualları

- 1. Maye qazlar hansı qazlara deyilir? Bu qazların saxlanması və nəqli necə həyata keçirilir?*
- 2. Maye qazla iş zamanı hansı təhlükəsizlik qaydalarına riayət olunmalıdır?*
- 3. Maye qazlar necə və hansı mənbələr hesabına alınır?*
- 4. Maye qazların digər mayelərdən əsas fərqli cəhətləri hansılardır?*
- 5. Maye qazları hansı üsullarla daşımaq olar?*
- 6. Boru kəmərləri ilə maye qazların nəqli necə aparılır?*
- 7. Maye qazların boru kəmərləri ilə nəqli zamanı hansı tələblər ödənilməlidir? Nə üçün kəmərdə qaz fazasının yaranmasına yol vermək olmaz?*
- 8. Maye qazın nəqlini həyata keçirən boru kəmərinin hidravliki*

hesablanması necə aparılır?

9. Kəmərin trasında hansı yer «qorxulu» nöqtə hesab edilir?