

4 – cü FƏSİL

MAGİSTRAL NEFT KƏMƏRLƏRİNİN TEXNOLOJİ HESABLANMASI

Neft kəmərlərinin layihələndirilməsi praktikasında boru kəmərlərinin hesablanmasını *texnoloji hesabat* da adlandırırlar. Texnoloji hesabat dedikdə, neftin və neft məhsullarının nəqlinin texnoloji prosesləri ilə bağlı olan kompleks hesablamalar nəzərdə tutulur. Neft kəmərinin texnoloji hesablanmasına aşağıdakı əsas məsələlərin həlli daxildir:

- neft kəmərinin iqtisadi cəhətdən ən əlverişli parametrlərinin təyini. Buraya kəmərin diametri, nasos stansiyalarındakı təzyiq, kəmərin divarının qalınlığı və nasos stansiyalarının sayı aiddir;
- neft kəmərinin trasında nasos stansiyalarının yerinin təyini;
- neft kəmərinin istismar rejiminin hesablanması.

İqtisadi cəhətdən əlverişli olan parametrlər müxtəlif variantlar üçün texniki-iqtisadi göstəriciləri tutuşdurmaqla müəyyən edilir. Kəmərin diametrinin bir neçə qiymətləri üçün mexaniki və hidravliki hesablamalar aparmaqla baxılan hər variant üçün borunun divarının qalınlığı və nasos stansiyalarının sayı təyin edilir. Ən yaxşı variant gətirilmiş xərclərin ən az olduğu hal hesab edilir.

Tras boyu nasos stansiyalarının yeri sıxlaşdırılmış profilə əsasən qrafiki yolla təyin edilir.

Kəmərin istismar rejiminin hesablanmasına stansiyalarda təzyiqin, onlardan əvvəl basqıların, nəql şəraitində kəmərin buraxma qabiliyyətinin

(hansılar ki, hesabi qiymətlərdən fərqlənirlər) təyini daxildir. Bunlarla yanaşı neft kəmərinin tənzimlənməsi ilə bağlı məsələlər də həll edilir.

Aparılan texnoloji hesablamalar əsasında magistral neft və ya neft məhsulları kəmərlərinin tikintisi və istismarına minimal xərclər olmaqla kəmərlərin tikintisinin rəşional sxeminin əsas texniki məsələləri həll edilir.

4.1. Neft kəmərinin texnoloji hesablanması üçün ilkin verilənlər

Neft kəmərinin hesablanması üçün aşağıdakı ilkin məlumatların olması zəruridir:

- ***İllik mal dövriyyəsi və ya nəql olunan neftin həcmi (kəmərin buraxma qabiliyyəti).*** Kəmərin buraxma qabiliyyəti layihələndirmə tapşırığında verilir və kəmərin diametri, stansiyalardakı təzyiqli müəyyən edən əsas amil hesab edilir. Texnoloji layihələndirmə normalarında kəmərin diametri və nasos stansiyalarındaki təzyiqlin qiymətləri buraxma qabiliyyətindən asılı olaraq verilir;

- ***Neftin özlülüyü və sıxlığının temperaturdan asılılığı.*** Neftin sıxlığı və özlülüyü laboratoriya şəraitində təyin edilir. Neftin sıxlığı ρ adətən 293 K temperaturda təyin edilir və başqa temperaturlarda $\rho_T = \rho - \xi(T - 293)$ düsturuna əsasən müəyyənləşdirilir. Burada, $\xi = 1,825 - 0,001317\rho$ kimi təyin edilir və temperatur düzəlişi adlanır (hesabatda sıxlıq ρ , kq/m^3 -lə ifadə olunmalıdır).

Neftin özlülüyünün temperaturdan asılılığı qrafiki asılılıq viskoqram şəklində verilə bilər. Əgər bu asılılıq yoxdursa, neftin kinematik özlülüyünün ν_T temperaturdan asılılığının ifadə edən

$$\nu_T = \nu_0 \exp[-U(T - T_0)]$$

düsturundan istifadə etməklə lazım olan temperaturda özlülüyn qiymətini tapmaq olar.

Burada, $\nu_0 - T_0$ temperaturunda kinematik özlülük; U – viskoqramın dikliyinin göstəricisidir (1/K). Bu göstəricinin qiymətini tapmaq üçün hər hansı $T = T_1$ temperaturunda ν_1 özlülüynün də qiymətini bilmək zəruridir.

- ***Boru kəməri basdırılan dərinlikdə torpağın temperaturu.*** Hesablama üçün kəmərdə neft axınının aldığı ən aşağı temperatur qəbul edilir. Adətən, bu temperatur kəmər basdırılan dərinlikdə ən aşağı olan temperatura bərabər qəbul edilir (sürtünmə nəticəsində axının öz-özünə qızması nəzərə alınmaqla). Kəmərin basdırıldığı dərinlikdə torpağın temperaturu axtarış materiallarına əsasən müəyyən edilir;

- ***Boruların materiallarının mexaniki xassələri.*** Bu xassələrə aid məlumatlar uyğun DÜİST-də göstərilir;

- ***Texniki-iqtisadi göstəricilər.*** Əsas texniki-iqtisadi göstəricilər kapital qoyuluşu və istismar xərcləri hesab edilir. Cəm istismar xərcləri, neft kəmərinin işinin səmərəliliyini xarakterizə edir və nəqlin maya dəyərini (M_d) müəyyənləşdirir;

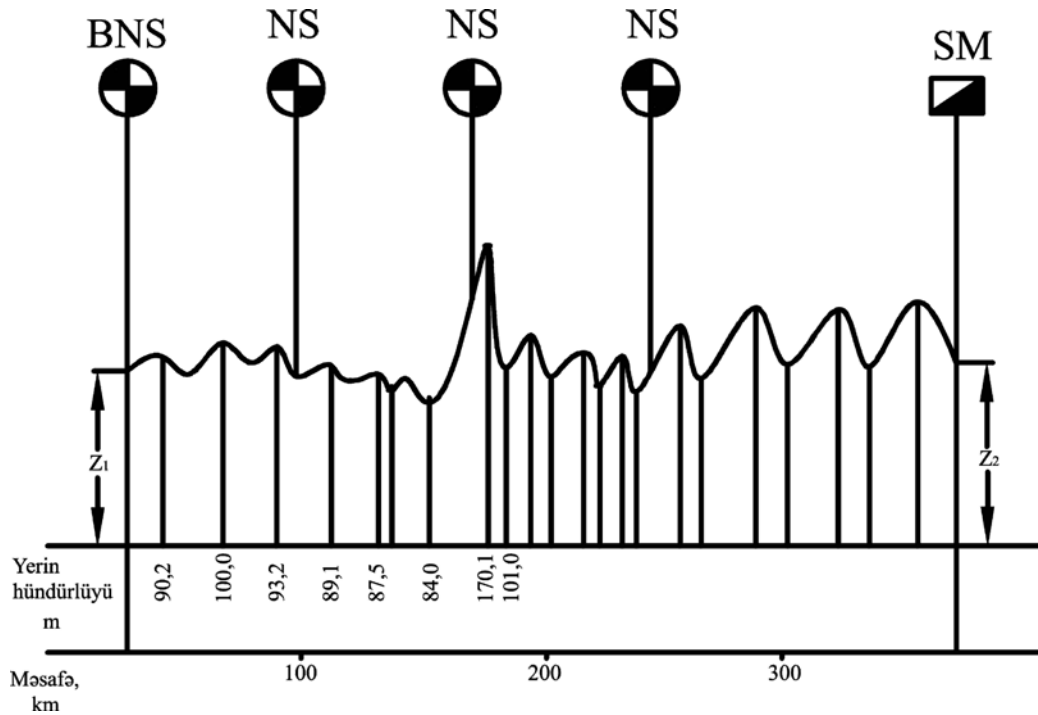
- ***neft kəmərinin xətti hissəsinə kapital qoyuluşu xərclərinə boruların qiyməti və kəmərin tikintisi üzrə olan bütün xərclər (qaynaq, izolyasiya tranşeylərin qazılması və s.) daxildir.*** Nasos stansiyalarına kapital qoyuluşu xərclərinə isə avadanlığın, boru kəməri kommunikasiyaları, binaların qiymətləri daxildir (baş nasos stansiyaları üçün qeyd olunanlara çən parkının qiyməti də əlavə olunur). Adətən, kəmərin xətti hissəsinə sərf olunan xərclər ümumi kapital qoyuluşunun təqribən 80 %-ni təşkil edir ki, bunun da yarısı ancaq boruların qiymətini dəyərləndirən xərclərdir.

İstismar xərclərinə əsasən amortizasiya xərcləri, cari təmir, elektrik enerjisi, yağlama, su, qızdırma, əmək haqları, mühafizə, idarəetmə və s. olan xərclər daxildir. Qeyd etmək lazımdır ki, amortizasiya və cari təmirə ümumi istismar xərclərinin 30-40 % -i, elektrik enerjisinə isə 50-60 %-i sərf olunur. İstismar xərclərini I_x texnoloji layihələndirmə normalarında göstərilən nəqlin maya dəyərində görə aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$I_x = M_d \cdot Q \cdot L,$$

burada, Q –kəmər buraxma qabiliyyəti; L –neft kəmərinin uzunluğu; M_d - nəqlin maya dəyəridir.

- **Neft kəməri trasının sıxlaşdırılmış profilinin çertyoju.** Trasin bu profilində (şəkil 4.1) boru kəmərinin hesabi uzunluğunu başlanğıc (z_1) və son (z_2) geodoziki hündürlüklər fərqi (Δz) təyin etdikdə istifadə olunur ($\Delta z = z_2 - z_1$). Kəmərin aşırım nöqtəsi varsa, hesabi uzunluq başlanğıcdan həmin nöqtəyə kimi olan məsafə qəbul edilir.



Şəkil 4.1. Neft kəməri trasının sıxlaşdırılmış profili

BNS-baş nasos stansiyası; ANS- aralıq nasos stansiyası; SM-son məntəqə

Sıxlaşdırılmış profildə xarakterik nöqtələrin geodezik hündürlükləri və nasos stansiyalarının yerləri göstərilir. Nəzərə almaq lazımdır ki, trasda hər hansı iki nöqtə arasındakı məsafə həmin nöqtələri birləşdirən xəttin uzunluğu ilə deyil, həmin xəttin absis oxunda olan proyeksiyası ilə müəyyən edilir. Yəni, profildə məsafələr horizontal üzrə qeyd olunur. Profil sıxlaşdırılmış olduğu üçün (horizontala nisbətən vertikal üzrə miqyas çox böyükdür) trasda olan yüksəkliklər, çökəkliklər kəskin nəzərə çarpır və çertyoj əyani alınır.

4.2. Boru kəmərinin möhkəmliyə hesablanması

Boru kəmərləri sisteminin etibarlılığının artırılmasının çox böyük əhəmiyyəti vardır. Bu bir tərəfdən neft, neft məhsulları və təbii qazların tələbatçılara fasiləsiz verilməsini, digər tərəfdən isə ətraf mühitin karbohidrogenlərlə çirklənməsinin qarşısını alır.

Nəzərə alınmalıdır ki, nəql olunan karbohidrogenlər çox qiymətli olmaqla bərabər ətraf mühitin potensial çirkləndiricilərindəndir. Böyük diametrlı boru kəmərlərinin dağılması xeyli iqtisadi və sosial ziyan və fəsadlar törədə bilər. Ona görə də magistral neft-qaz kəmərlərinin möhkəmliyinə çox ciddi fikir verilir və borulara (materialın keyfiyyəti, boruların səthinə, ölçülərinin dəqiqliyinə, qaynaq işlərinin keyfiyyətinə) çox sərt tələblər qoyulur.

Ümumiyyətlə, boru kəmərlərinin dayanıqlı, qəzasız istismarı kompleks amillərdən asılıdır. Bunlardan tikinti və montaj işlərinin keyfiyyəti, texniki şərtlərə və texnoloji qaydalara əməl olunması, boru xətlərinə və onun elementlərinə möhkəmlik və dayanıqlıq baxımından qoyulan tələbləri və s. göstərmək olar. Magistral neft-qaz kəmərlərinin borularına, armatur və digər elementlərinə qoyulan tələblər tikinti normaları və qaydaları ilə müəyyənləşdirilir.

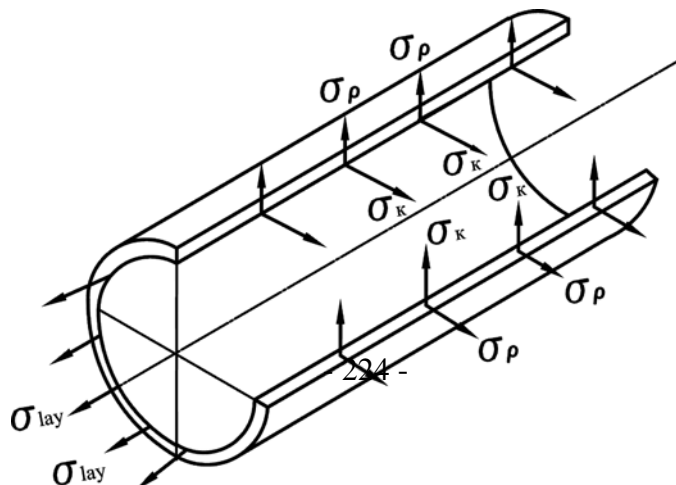
Magistral boru kəmərləri torpağa basdırılmaqla və ya yerüstü ilə çəkilir və bütün hallarda həm daxili, həm də xarici təsirlərə məruz qalır. Bu baxımdan boruların və onların birləşmələrinin mexaniki möhkəmliyi onların istənilən təsirlər zamanı qəzasız iş rejimini təmin etməlidir. Borular üçün istifadə olunan poladın möhkəmlik həddi 500 MPa-dan az olmamalıdır.

Boru kəmərlərinə edilən daxili təsirlər əsasən maye və qazların nəqli zamanı kəmərdə yaranan təzyiqlə bağlıdır.

Xarici təsirlərə isə torpağın təzyiqindən olan yüklər, temperatur dəyişmələri, küləyin, su dalğalarının təsirindən yaranan yüklər, boruların və örtüklərinin kütləsini və s. misal göstərmək olar.

Bir sözlə, boru kəmərləri həm sınaq vaxtı, həm də bütün istismar müddətində daxili qüvvələrin təsiri altında mürəkkəb gərginlik vəziyyətində olur, borular isə müvafiq gərginliklərə məruz qalır.

Boru daxili təzyiqin hesabına kəmərdə radial (σ_r), həlqəvi (σ_h) və uzununa (σ_u) gərginliklər əmələ gəlir (şəkil 4.2).



Şəkil 4.2. Boru kəmərinə yaranan gərginliklərin paylanması

Həlqəvi gərginlik əsasən daxili təzyiqdən yaranır və $\sigma_h = P \cdot D / (2\delta)$ ifadəsi ilə təyin edilir.

Burada P -daxili təzyiq; D -borunun daxili diametri; δ -borunun divarının qalınlığıdır.

Uzununa gərginliyin yaranmasına səbəb olan əsas amillər aşağıdakılardır:

- daxili təzyiqin təsiri hesabına əmələ gələn uzununa gərginlik $\sigma_u = \mu \cdot \sigma_h = \mu \cdot P \cdot D / (2\delta)$, harada ki, μ -Puasson əmsalı olub, polad üçün $\mu = 0,3$. Əgər boru kəməri oxu boyu sərbəst yerini dəyişə bilirsə, onda $\sigma_h = P \cdot D / (2\delta)$;

- temperaturun dəyişməsi zamanı yaranan uzununa gərginlik $\sigma_u = -E \cdot \alpha \cdot \Delta t$, harada ki, E -elastiklik əmsalı; α -xətti genişlənmə əmsalı; $\Delta t = t - t_\zeta$ -temperaturlar fərqi; t və t_ζ -uyğun olaraq baxılan halda və çəkiliş vaxtı borunun divarının temperaturudur. Polad üçün $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ MPa}$; $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{S}$;

- əyilmədən yaranan uzununa gərginlik isə $\sigma_u = \pm ED_x / (2\rho)$, harada ki, D_x -boru kəmərinin xarici diametri; ρ -əyilmə radiusu; (+) işarəsi dartılma, (-) işarəsi isə sıxılma hallarını göstərir. Bir qayda olaraq əyilmədən gərginlik boru kəməri trasın döngələri, yüksək və alçaq nöqtələrdən keçərkən baş verir.

Beləliklə, müxtəlif mənşəli uzununa gərginlik aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$\sigma_u = \mu \frac{PD}{2\delta} - E\alpha\Delta t \pm \frac{ED}{2\rho}$$

Radial gərginliklər (σ_2) az olduğu üçün hesablamalarda nəzərə alınmır.

Boru kəmərlərinin möhkəmliyə hesablanması zamanı torpağın təzyiqi, həmçinin kəməre təsir edə biləcək hərəkətdə olan yüklər (traktorlar, kənd təsərrüfatı maşınları, avtomobillər və s.) də nəzər alınmır. Bu xarici yüklər az olmaqla yanaşı daxili təzyiqlə kompensasiya olunur.

Boru kəmərinin möhkəmliyə hesablanmasında məqsəd kəmərin tab gətirə biləcəyi yükü və ya əksinə, verilən yükə uyğun borunun divarının qalınlığının təyin edilməsindən ibarətdir:

Magistral boru kəmərlərinin möhkəmliyə hesablanması limit vəziyyəti üsulu ilə həyata keçirilir. Limit vəziyyəti dedikdə elə vəziyyət başa düşülür ki, həmin halda artıq hesablanan konstruksiyanın normal istismarı mümkün olmur.

Magistral boru kəməri üçün gərginliyin axıcılıq həddinə çatması, onun iş qabiliyyətinin itirilməsi demək deyildir. Boru kəməri, onda gərginlik möhkəmlik həddinə çatana kimi müvəffəqiyyətlə istismar edilə bilər. Boru kəmərinin möhkəmliyə hesablayarkən onun en kəsiyinin ideal olaraq dairəvi olması qəbul edilir və ancaq əsas təsir hesab edilən daxili təzyiq nəzərə alınır. Beləliklə, möhkəmlik şərti $n \cdot P \cdot D \leq R_1 \cdot 2\delta$, harada ki, n -yükə görə etibarlılıq əmsalı və R_1 -hesabi müqavimətdir. Möhkəmlik şərtində $D = D_x - 2\delta$ olduğunu nəzərə alsaq, onda borunun qalınlığının hesablanması üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_x}{2(R_1 + nP)}$$

Ox boyu uzununa sıxılan gərginliklər olduqda borunun divarının qalınlığı:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_x}{2(\psi_1 \cdot R_1 + nP)},$$

$$R_1 = R_1^n m / k_1 \cdot k_e$$

Burada R_1^n -normativ müqavimət olub müvəqqəti gərginliyə bərabərdir ($R_1^n = \sigma_{miv}$); m -boru kəmərinin iş şəraiti əmsalı; k_1 -material üzrə etibarlılıq əmsalı; R_e -kəmərin təyinatı üzrə etibarlılıq əmsalı; ψ_1 -borunun ikiöxlü gərginlik vəziyyətini nəzərə alan əmsal olub aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75(\sigma_{u,n}/R_1)^2} - 0,5|\sigma_{u,n}|/R_1,$$

$$\sigma_{u,n} = -\alpha E \Delta t + \mu \cdot n \cdot P \cdot D / (2\delta_n),$$

Burada Δt -hesabi temperatur fərqi; δ_n -boru divarının nominal qalınlığıdır.

Möhkəmliyə hesablama zamanı boru divarının qalınlığının qiyməti dövlət standartları və ya texniki şəraitlərlə nəzərdə tutulan yaxın yuxarı qiymətə qədər yuvarlaqlaşdırılır.

Əgər boru kəmərinin uzunluğu boyu daxili təzyiqin azaldığını nəzərə alsaq, onda tikintisi aparılan boru xəttinin dəyişən qalınlıqlı olması (o cümlədən, trasın relyefi nəzərə alınmaqla) metal sərfini azaltmaq baxımından xeyli səmərə əldə etməyə imkan verir.

Məsələ: Tutaq ki, xarici diametri $D_x = 720 \text{ mm}$ olan və $P = 5,0 \text{ MPa}$ təzyiq altında neftin nəqli üçün nəzərdə tutulan borunun qalınlığının təyin olunması tələb olunur. Borunun materialı 14XQS markalı və müvəqqəti gərginliyi $\sigma_{miv} = 500 \text{ MPa}$ olan poladdan ibarətdir. Axıcılıq həddi $\sigma_a = 350 \text{ MPa}$.

Əvvəlcə hesabi müqaviməti (R_1) tapırıq:

$$R_1 = \frac{R_1^n \cdot m}{k_1 \cdot k_n} = \frac{500 \cdot 0,9}{1,34 \cdot 1,05} = 336 \text{ MPa}$$

Qeyd edək ki, tikinti normalarına uyğun olaraq $R_1^n = 500 \text{ MPa}$; $m = 0,9$; $k_1 = 1,34$ və $k_n = 1,05$ qəbul edilmişdir.

Borunun divarının qalınlığı:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_x}{2(R_1 + nP)} = \frac{1,1 \cdot 5,0 \cdot 720}{2(336 + 1,1 \cdot 5)} = 5,8 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$$

Plastik deformasiyanın baş verə bilməsini yoxlayaq. Bunun üçün yaranan həlqəvi gərginliyi hesablayırıq:

$$\sigma_h = \frac{n \cdot P \cdot D_d}{2\delta} = \frac{1,1 \cdot 5,0 \cdot (0,720 - 2 \cdot 0,006)}{2 \cdot 0,006} = 324 \text{ MPa}$$

Göründüyü kimi, $324 < 336$ və $324 < 350$ olduğu üçün plastik deformasiyalar baş verməyəcəkdir.

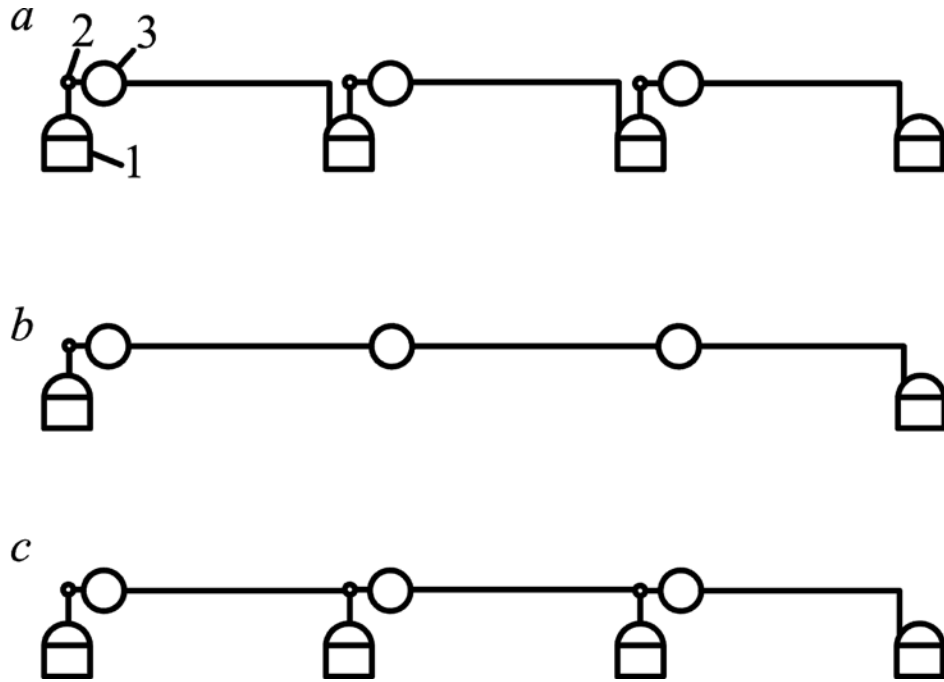
4.3. Magistral neft kəmərlərinin iş sxemləri

Magistral neft kəmərlərinin ən sadə iş sxemi aşağıdakı şəkildə təqdim oluna bilər. Çənlərdə saxlanılan neft köməkçi basqı altı nasoslarla götürülərək magistral nasosların qəbuluna verilir. Magistral nasoslar boru kəmərinə müəyyən təzyiq yaradır və bu təzyiq mayenin kəmərdə yerdəyişməsi zamanı getdikcə azalır.

Boru kəmərinin sonunda çən parkı olur və boru kəmərinə neft oraya daxil olur (şəkil 4.3, a). Bu nəql sxemi «tutumdan» adlanır. Neft kəmərinin bu sxem üzrə işi zamanı aşağıdakı şərtlər ödənilməlidir:

- köməkçi basqıaltı nasoslara nisbətən çənlərin yerləşməsi nasosların işi üçün lazım olan təzyiq ehtiyatını təmin etməlidir;
- basqıaltılı nasosların yaratdığı təzyiq magistral nasosların kavitasiya ehtiyatından yüksək olmalıdır;

- basqıaltı və əsas magistral nasosların verimi bir-birinə yaxın olmalıdır;
- magistral nasosların yaratdığı təzyiq boru kəmərinə müqaviməti dəf etməyə kifayət etməlidir;



Şəkil 4.3. Magistral neft kəmərinin iş sxemləri

a-«tutumdan»; b – «nasosdan nasosa»; c-ışə qoyulmuş tutumla; 1-çən parkı; 2-basqıaltılı nasoslar; 3- magistral nasosxana.

- baxılan texnoloji sxemdə nasoslarla yaradılan bütün basqı boru kəmərinə itkiyə sərf olunduğu üçün nasosların işçi nöqtəsi stansiya və kəmərin Q-H xarakteristikalarının kəsişmə nöqtəsinə uyğun təyin edilir. «Tutumdan» sxemi üzrə iş zamanı «böyük nəfəsalma» hesabına neftin yüngül fraksiyalarının xeyli itkisi baş verir (çənlərin dolması zamanı havanın çəndən çıxardılması hesabına). Bu texnoloji sxem neft kəmərlərinin tikilməsinin ilk illərində geniş tətbiq olunmuşdur. Bu sxemə uyğun olaraq hər nasos

stansiyasında çənlər parkı tikilir ki, əvvəlki stansiyadan gələn neft tutumlara doldurulsun.

Qeyd olunan nəql sxemi üzrə iş zamanı boru kəmərinin hər bir hissəsinin buraxma qabiliyyəti və təzyiq ancaq nasosların, boru kəmərinin və nəql olunan mayenin xarakteristikalarından asılıdır. Hər bir hissə hidravliki parametrlərə görə bir-biri ilə əlaqəli deyil. Ayrı-ayrı hissələrin buraxma qabiliyyətinin qeyri bərabərliyi çənlərdə yığılan neftin hesabına kompensasiya edilir. Bu sxem kəmərlərin istismarı zamanı çox sadə sxem hesab edilir. Ancaq bir sıra çatışmayan cəhətləri vardır. Birinci, hər nasos stansiyasında çənlər parkı və basqıaltı ilə işləyən nasosxana tikmək tələb olunur. İkincisi, hər hansı bir stansiyanın işdən dayanması praktiki olaraq bütün boru kəməri ilə nəqlin dayanmasına səbəb olur. Çünki boru kəmərinin buraxma qabiliyyəti ilə, müqayisədə çənlərdə neft ehtiyatları çox azdır. Üçüncüsü hər bir nasos stansiyasında əvvəlcə neft çənləri doldurur, sonra isə nəql üçün kəməre vurulur: Nəticədə aparılan bu əməliyyatlar hesabına çənlərdə «böyük nəfəsalma» hesabına xeyli neft itkiləri baş verir.

Hal-hazırda ən geniş yayılmış nəql sistemi «nasosdan nasosa iş sxemi hesab edilir (şəkil 4.3, b). Bu sxemə uyğun olaraq bütün boru kəməri uzunluğu 400-600 km olan bir neçə sahələrə ayrılır. Hər bir sahənin başlanğıcında çənlər parkı, basqıaltı və magistral nasosxanaları olan nasos stansiyaları tikilir. Müəyyən məsafədən sonra kəmərdə aralıq nasos stansiyaları (3-dən 10-dək) tikilir. Nasos stansiyasından neft təzyiq altında birbaşa sonrakı aralıq stansiyanın nasoslarının qəbuluna verilir. Bu zaman məsafə elə seçilir ki, aralıq stansiyaya daxil olan neftin təzyiqi magistral nasos qurğularının kavitasiya ehtiyatından çox olsun. Bu təzyiqə aralıq stansiyanın yaratdığı basqı da əlavə olunur və neft boru kəməri ilə sonrakı stansiyaya doğru hərəkət edir və buradan birbaşa nasos qurğularının qəbuluna daxil olur. Bu

qayda ilə aralıq stansiyalardan keçən neft sonda tutuma (çənə) daxil olur. Qeyd olunan iş sxemi üzrə hissələrdə olan bütün nasoslar öz aralarında bir maye axını ilə birləşmiş olur. Odur ki, hər nasos stansiyasının iş şəraiti digər stansiyaların işinə təsir edir və bütün stansiyaların iş rejimi ilə birləşmiş olur.

Qeyd olunan sxemlərlə yanaşı aralıq bir sxem-isə qoşulmuş tutumla sxemi də mövcuddur (şəkil 4.2, c). Bu sxemə uyğun olaraq boru kəmərinin son hissəsi bilavasitə basqıaltı ilə işləyən nasosxananın girişinə birləşir və həmin nöqtəyə çən də qoşulur. Çənin həmin yerə qoşulması hesabına təzyiq həmişə sabit saxlanılır. Bu nöqtədə təzyiq ancaq çəndə olan səviyyənin mümkün dəyişmələri hesabına dəyişilir. Çənin tutumundan istifadə olunması sahəsində neft kəmərinin əlaqəli hissələrində verimin dəyişilməsi kompensasiya edilir. Verim çox olduqda əvvəlki hissədə çən dolur, sonrakı hissədə isə çən boşalır. Bu texnoloji nəql sxeminin «nasosdan nasosa» sxemi ilə müqayisədə üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, başlanğıcda olan diferensial basqıdan tam istifadə etmək mümkündür. Bu iş sxeminin çatışmayan cəhəti isə çənlərin və basqıaltı nasosxananın tikilməsinin vacib olmasıdır. Digər nəql sxemi - «tutumdan» sxemi ilə müqayisədə bu sxemin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, burada çənlərdə neft itkilərini azaltmaq mümkündür.

4.4. Neft kəmərlərinin hidravliki hesablanması

Magistral neft və ya neft məhsulları kəmərinin hidravliki hesablanmasının aparılmasında əsas məqsəd boru kəmərinin uzunluğu boyu cəm basqı (təzyiq) itkilərinin, nasos stansiyalarının sayının tapılmasından və stansiyaların kəmərin trası boyu yerləşdirilməsindən ibarətdir.

Neft kəmərinin hidravliki hesablanması üçün əsas verilən kütlə sərfi (G) və ya həcm sərfi (Q) hesab edilir. Burada $G = \rho \cdot Q$ (ρ – neftin sıxlığıdır).

Kəmərdə neftin orta hərəkət sürəti (v) aşağıdakı kimi tapılır:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4G}{\pi D^2 \rho} \quad (4.1)$$

burada, D və F – uyğun olaraq borunun diametri və en kəsik sahəsidir.

Dairəvi en kəsikli boruda sürtünməyə sərf olunan basqı itkisi **Darsi-Veysbax düsturu** ilə təyin edilir.

$$h = \lambda \frac{L v^2}{d 2g} \quad (4.2)$$

Burada λ – hidravliki müqavimət əmsalı; g – sərbəstdüşmə təcilidir.

Kəmərdə axının hərəkəti rejimi **Reynolds ədədi** ilə xarakterizə olunur və aşağıdakı kimi tapılır:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{4Q}{\pi D \nu} = \frac{4G}{\pi D \mu}, \quad (4.3)$$

burada, ν və μ – uyğun olaraq neftin kinematik və dinamik özlülüyüdür.

Laminar axın rejimi üçün, yəni $Re < 2300$ qiymətlərdə hidravliki müqavimət əmsalı **Stoks düsturu** ilə hesablanır:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.4)$$

Turbulent axın rejimi, $Re > 2300$ qiymətlərinə uyğundur və üç zonaya ayrılır. Bunlar aşağıdakılardır:

1. Hidravliki hamar sürtünmə zonası. Bu zona üçün hidravliki müqavimət əmsalı ancaq Re -dan asılı olaraq dəyişilir [$\lambda = f(Re)$].

2. Qarışıq sürtünmə zonası (λ həm Re -dən, həm də borunun daxili səthinin nisbi kələ-kötürlüyündən ε asılı olur). Nəzərə alsaq ki, $\varepsilon = \frac{k_e}{D}$,

burada k_e – ekvivalent kələ–kötürlükdür, onda qarışıq sürtünmə zonası üçün

$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{k_e}{D}\right)$ yazmaq olar.

3. Kvadratik sürtünmə zonası (λ yalnız nisbi kələ – kötürlükdən asılıdır).

Yəni, funksional olaraq $\lambda = f\left(\frac{k_e}{D}\right)$. Bu zonaların sərhəddi təcrübə yolu ilə müəyyənləşdirilən Reynolds ədədinin aşağıdakı keçid qiymətləri hesab edilir:

Hidravliki hamar sürtünmə zonası

$$2300 < \text{Re} < \text{Re}_1$$

Qarışıq sürtünmə zonası (keçid zona)

$$\text{Re}_1 < \text{Re} < \text{Re}_2 \quad (4.5)$$

Kvadratik sürtünmə zonası

$$\text{Re} > \text{Re}_2 \quad (4.6)$$

Reynolds ədədinin keçid qiymətləri olan Re_1 və Re_2 aşağıdakı ifadələrə əsasən hesablanır.

$$\text{Re}_1 = \frac{10}{\varepsilon}, \quad \text{Re}_2 = \frac{500}{\varepsilon} \quad (4.7)$$

Hamar sürtünmə zonası üçün hidravliki müqavimət əmsalı **Blazius düsturuna** əsasən hesablanır.

$$\lambda = 0,3164 / \text{Re}^{0,25} \quad (4.8)$$

Qarışıq sürtünmə zonasında λ – nı hesablamaq üçün **Altşul düsturundan** istifadə etmək məsləhətdir.

$$\lambda = 0,11(\varepsilon + 68 / \text{Re})^{0,25} \quad (4.9)$$

λ – nın hesablanması üçün **İsayev düsturunu** da tətbiq etmək olar.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -1,8 \lg \left[\frac{6,8}{\text{Re}} + \left(\frac{\varepsilon}{3,7} \right)^{1,11} \right] \quad (4.10)$$

Kvadratik sürtünmə zonasında λ – nın qiyməti **Şifrinson düsturu** ilə təyin edilir.

$$\lambda = 0,1 \cdot \varepsilon^{0,25} \quad (4.11)$$

λ – nın təyini üçün Nikuradze düsturundan da istifadə etmək olar.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 - 2 \lg 2\varepsilon \quad (4.12)$$

Stoks, Blazius və Şifrinson düsturlarını aşağıdakı ümumi formada yazmaq olar:

$$\lambda = \frac{A}{\text{Re}^m} \quad (4.13)$$

Əgər (4.13) və $\text{Re} = \frac{4Q}{\pi Dv}$ ifadələrini Darsi–Veysbax (4.2) düsturunda

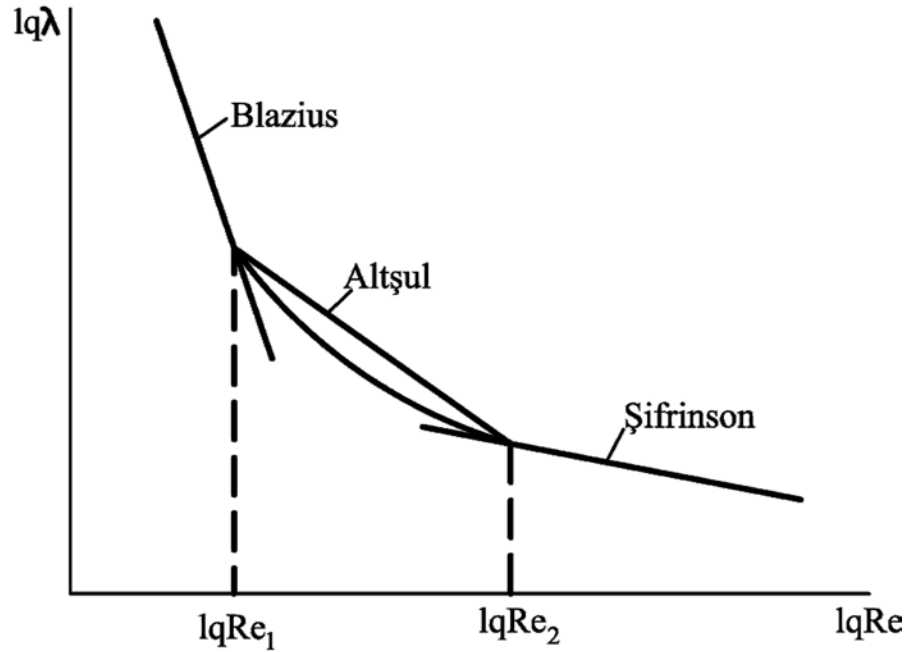
nəzərə alsaq, **ümumiləşdirilmiş Leybenzon düsturunu** alarıq

$$h = \beta \frac{Q^{2-m} \cdot v^m \cdot L}{D^{5-m}} \quad (4.14)$$

burada, m və β – hərəkət rejiminin xarakteristikaları və ya rejim göstəriciləridir və qiymətləri cədvəl 1.1.– də (1-ci fəsil) göstərilib.

$$\beta = \left(\frac{4}{\pi} \right)^{2-m} \cdot \frac{A_1}{2g} \quad (4.15)$$

(4.13) ifadəsi $\lg \lambda = f(\lg \text{Re})$ loqarifmik koordinatlarda düz xətt şəklində göstərilən rejimləri yaxşı ifadə edir (şəkil 4.4). Həmin düz xətlərin $\lg \text{Re}$ oxuna olan mailliyinin tangensi m – ə bərabərdir.



Şəkil 4.4. $\lg \lambda = f \lg(\text{Re})$ asılılığının qrafiki

Şəkildən görüldüyü kimi Blazius və Şifrinson zonasından fərqli olaraq qarışıq zona üçün hərəkət rejiminin göstəricisi m dəyişən qiymətə malikdir. Ancaq buna baxmayaraq çox da böyük olmayan xətt ilə ümumiləşdirilmiş Leybenzon düsturunu bu zona üçün də tətbiq etmək olar

$$(A = A_1 = 10^{0,127 \lg k / D - 0,627}; m = 0,123).$$

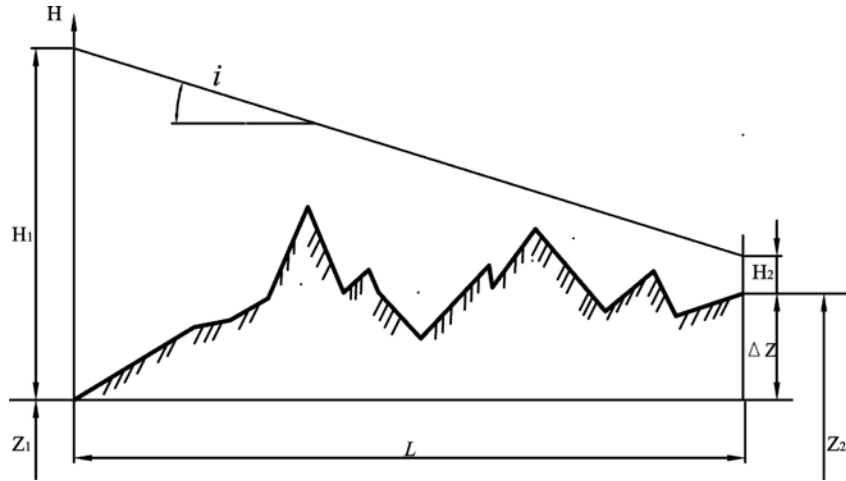
4.5. Hidravliki maillik

Neft kəmərinin vahid uzunluğunda sürtünməyə düşən basqı itkisinə **hidravliki maillik** deyilir. Hidravliki maillik aşağıdakı kimi hesablanır:

$$i = \frac{h}{L} = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = \beta \frac{Q^{2-m} \cdot v^m}{D^{5-m}} \quad (4.16)$$

Hidravliki mailliyin təyin olunması sxemi şəkil 4.5–də göstərilib. Həmin düz xətlərin $\lg \text{Re}$ oxuna olan mailliyinin tangensi $m - \text{ə}$ bərabərdir.

Əgər kəmərin diametri sabitdirsə, yerli müqavimətlər yoxdursa, sərf uzunluq boyu dəyişirsə, onda hidravliki mailliyin həndəsi mənası şəkildən görüldüyü kimi H_1 və H_2 parçalarını birləşdirən düz xəttin maillik bucağının tangensidir.



Şəkil 4.5. Hidravliki mailliyin təyin olunması

Hidravliki mailliyin ən çox maraq doğuran mahiyyəti həndəsi yox, onun fiziki mənasıdır.

Hidravliki maillik vahid uzunluğa düşən basqı itkisi olduğu üçün kəmərlərin istismarı zamanı maillik xəttinin dəyişməsinə görə onların vəziyyəti (çirklənməsi və s.) haqqında fikir söyləmək mümkündür. Belə ki, əgər istismar getdikcə maillik artırsa, bu da boru kəmərinin çirklənməsi hesabına onun müqavimətinin artması deməkdir.

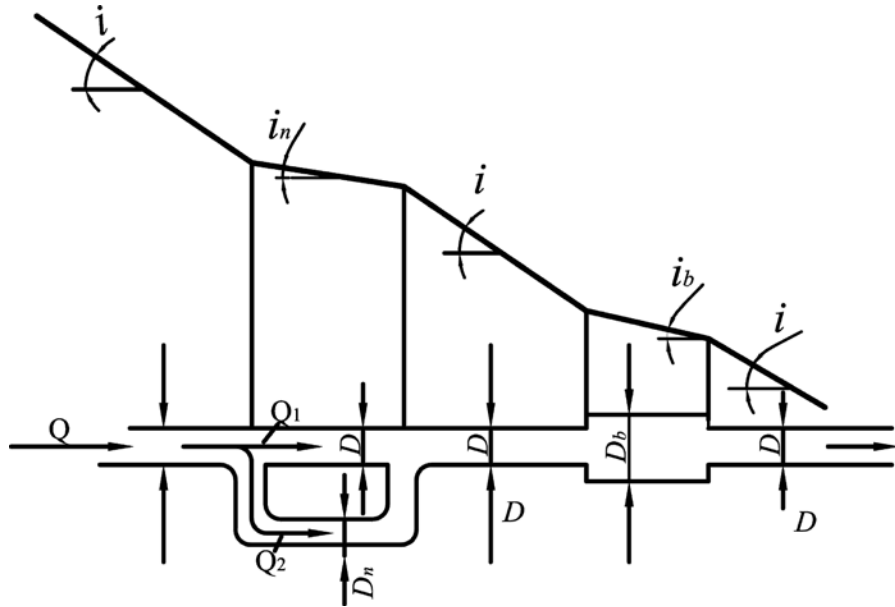
Hidravliki maillik xətti boru kəmərinin uzunluğu boyu basqının (təzyiqin) paylanmasını göstərir. Əgər neft kəmərinin trasının hansısa bir hissəsində kəməre paralel olan boru xətti-lupinq çəkilib və ya başqa diametrlı boru kəməri qoşulubsa, onda bu hissələrdə olan hidravliki mailliklər, magistral üçün olan maillikdən fərqli olacaqdır. Qeyd etmək lazımdır ki, lupinqlər və böyük diametrlı boru xətlərini əsas magistrala qoşmaqda məqsəd boru kəmərinin hidravliki müqavimətini azaltmaqdan ibarətdir. Şübhəsiz ki,

fəaliyyətdə olan boru kəməri üçün lupinqin qoşulması daha çox realdır. Ancaq layihələndirmə zamanı tələb olunan effektin həm lupinqin, həm də böyük diametrlı boru xəttinin qoşulması hesabına əldə olunması mümkündür.

Bu zaman əlverişli variant texniki-iqtisadi göstəricilərlə müəyyən edilir. Xüsusi hesablamalar göstərir ki, metal sərfinə görə bütün hallarda lupinqə nisbətən böyük diametrlı boru xətlərinin qoşulması da əlverişlidir və bu zaman qoşulan xətlərin diametri kiçildikcə, metal sərfi də azalır.

Boru kəmərinin müxtəlif hissələrində hidravliki mailliyin necə dəyişməsi şəkil 4.6-da göstərilmişdir.

Şəkil-4.6-da göstərilən işarələmələrdən istifadə etməklə əsas magistral xəttin, lupinq və qoşqunun hidravliki maillikləri arasında əlaqəni müəyyən etmək olar.



Şəkil 4.6. Boru kəmərinin müxtəlif hissələrində (lupinq və qoşqu olduqda) hidravliki mailliyin dəyişməsi

Magistral boru kəməri üçün hidravliki maillik;

$$i = \beta \frac{Q^{2-m} \cdot v^m}{D^{5-m}}$$

Lupinqli hissə üçün hidravliki maillik:

$$i_l = \beta \frac{Q_1^{2-m} \cdot v^m}{D^{5-m}} = \beta \frac{Q_2^{2-m} \cdot v^m}{D_l^{5-m}}$$

$Q_1 + Q_2 = Q$ olduğunu nəzərə alsaq

$$i_l = i \cdot w$$

Burada

$$w = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{D_l}{D}\right)^{5-m/2-m}\right]^{2-m}}$$

Əgər $D_l = D$ olarsa, onda $w = \frac{1}{2^{2-m}}$ olar.

Bu halda laminar, hamar sürtünmə və kvadratik rejimləri üçün w uyğun olaraq 0,5; 0,297 və 0,25 təşkil edəcəkdir.

Eyni qayda ilə qoşqular üçün

$$i_q = i \cdot \Omega, \quad \Omega = \left(\frac{D}{D_q}\right)^{5-m}$$

Lupinqli boru kəməri üçün sürtünməyə sərf olunan basqı itkisi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$h_\tau = i(L-x) + i_l \cdot x$$

Burada x – lupinqin uzunluğudur.

$i_l = iw$ olduğunu nəzərə alsaq,

$$h_\tau = i[L - x(1-w)]$$

Onda lupinqli boru kəməri üçün tam basqı itkisi

$$h = i[L - x(1-w)] + \Delta z$$

Qoşqulu boru kəmərləri üçün basqı itkisi lupinqli boru kəmərinə olduğu kimidir.

Boru kəmərinin xətti hissəsində yerli müqavimətlərdən (siyirtmə, kran, dönmələr və s.) yaranan basqı itkilərini təyin etmək üçün aşağıdakı (Veysbax) düsturündən istifadə edilir:

$$h_{y,m} = \xi_t \frac{v^2}{2g} \quad (4.17)$$

burada, ξ_t – yerli müqavimət əmsalı olub, axının xarakteri və müqavimətin növündən asılıdır. Turbulent axın rejimi üçün yerli müqavimət əmsalının qiymətləri cədvəl 4.1. – də göstərilib.

Yerli müqavimət əmsalının qiymətləri laminar axın rejimində yerli müqavimətlərin növündən başqa, həm də axın rejiminin Re ədədinin qiymətindən də asılıdır. Laminar rejimdə yerli müqavimət əmsalı ξ_t aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\xi_t = \xi_l \cdot \varphi \quad (4.18)$$

Burada, φ – düzləndirici funksiya olub, Re ədədindən asılıdır (cədvəl 4.2).

Cədvəl 4.1

Turbulent axın üçün yerli müqavimət əmsalı.

<i>Boruya girişdə</i>	<i>0,50</i>
<i>İti uclu</i>	<i>0,60</i>
<i>Çənin daxilinə girdikdə</i>	<i>0,44</i>
<i>Dönmə bucaqlı boru (45⁰ və 90⁰)</i>	
<i>Üç ağızlı boru</i>	<i>1,32</i>
<i>Açıq sürüngəc</i>	<i>0,322</i>
	<i>0,15</i>
<i>Neft məhsulları üçün:</i>	
<i>Açıq</i>	<i>1,70</i>
<i>Tünd</i>	<i>2,20</i>
<i>90⁰-li dönmə bucaqlı hamar dirsək</i>	

<i>Hamar keçid</i>	0,23
<i>Birdən genişlənən axın</i>	0,26
<i>Tıxaclı kran</i>	1,00
	0,40
<i>Ventil:</i>	
<i>Adi</i>	2,5 ÷ 5
<i>Bucaqlı</i>	0,80
<i>Kürəvi klapın</i>	45,00
<i>I şəkilli kompensator</i>	0,80

Cədvəl 4.2.

Laminar hərəkət rejimində yerli müqavimət əmsalı üçün düzləndirici funksiya

Re	φ	Re	φ
200	4,20	1600	2,95
400	3,81	1800	2,90
600	3,63	2000	2,84
800	3,37	2200	2,48
1000	3,22	2400	2,26
1200	3,12	2600	2,12
1400	3,01	2800	1,98

Yerli müqavimətlərə ekvivalent olan basqı itkisini boru kəmərinin uzunluğu ilə ifadə etmək olur.

$$L_e = \xi_t \cdot \frac{D}{\lambda} \quad (4.19)$$

Ekvivalent uzunluğun (L_e) köməyi ilə yerli müqavimətlərdə basqı itkisini real borulardakı sürtünmə itkisinə gətirilir və gətirilmiş uzunluq (L_g):

$$L_g = L_h + L_e \quad (4.20)$$

burada, L_h – boru kəmərinin həndəsi uzunluğudur. Hesabat zamanı Darsi - Veysbax və ya Leybenzon düsturlarında L – in əvəzinə L_g yazmaq lazımdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, magistral neft kəmərləri üçün yerli müqavimətlərdən yaranan basqı itkisi sürtünməyə sərf olunan basqı itkisi ilə müqayisədə xeyli az olur. Bu itkilər, adətən, ümumi itkilərin 1-2 %-ni təşkil

edir. Texnoloji boru kəmərləri üçün yerli müqavimət itkiləri nəzərə çarpacaq dərəcədə olur və bu itkilərin hesablanması zəruridir.

Boru kəmərində tam basqı itkisi aşağıdakı kimi tapılır:

$$H = h + h_{y.m} \pm \Delta z = i \cdot L + h_{y.m} \pm \Delta z \quad (4.21)$$

burada $\Delta z = z_2 - z_1$, harada ki, z_1 və z_2 - uyğun olaraq boru kəmərinin başlanğıc və son nöqtələrinin geodezik hündürlükləridir.

4.6. Neft kəmərinin sorma sahəsi, aşırım nöqtələri və hesabi uzunluğu.

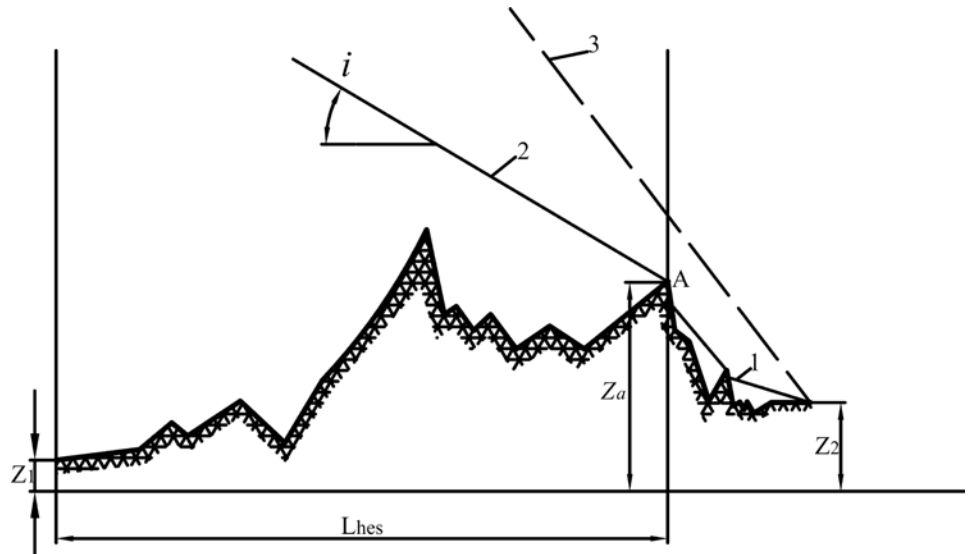
Kəmərin nefti nasosa ötürən hissəsi **sorma sahəsi** adlanır. Sorma hissəsinə qoyulan əsas tələb ondan ibarətdir ki, bu hissənin heç bir nöqtəsində gərək təzyiqli nəql olunan neftin buxar elastikliyi təzyiqindən aşağı olmasın. Əks halda aşağı təzyiqli nöqtələrdə neftin «qaynaması» baş verəcək və nəqli xeyli çətinləşdirən buxar tıxacları əmələ gələcəkdir. Sorma sahəsində, boru kəmərinin son nöqtəsində, yəni nasosun giriş borusunda təzyiqlin aşağı düşməsi kavitasiya da yarada bilər. Kavitasiyalı iş rejimində buxar qabarcıqları ayrılır, sonradan parçalanır və nəticədə nasosda səs artır, yeyilmə çoxalır ki, bu da onun faydalı iş əmsalı və verimini azaltmış olur. Digər tərəfdən sorma xəttində təzyiqlin çoxalması öz növbəsində vurma borusunda təzyiqlin artmasına səbəb olur. Bu da kəmərə düşən mexaniki yükün artması deməkdir. Ona görə də sorma borusunda təzyiqli ən kiçik olmaqla nasosun kavitasiyasız işini təmin etməlidir. Sorma xəttindəki buraxıla bilən basqını H_s ilə işarə etsək, onda $H_s = P_{b.e..} / (\rho g) + \Delta h_{kav}$ yazmaq olar. Burada $P_{b.e..}$ - nəql olunan neftin doymuş buxar elastikliyi təzyiqli; Δh_{kav} - buraxıla bilən kavitasiya ehtiyatıdır.

Kəmər in trasının neftin son məntəqəyə öz axını hesabına daxil olması baş verən yüksək nöqtəsi **aşırım nöqtəsi** adlanır. Aşırım nöqtələrinin sayı bir neçə ola bilər (şəkil 4.7.). Kəmər in başlanğıcından ən yaxın aşırım nöqtəsinə kimi olan məsafə neft kəmər inin **hesabi uzunluğu** (L_{hes}) adlanır.

Aşırım nöqtəsi olan neft kəmər inin hidravliki hesablanması zamanı tam uzunluq deyil, hesabi uzunluqdan istifadə olunur. Bu zaman $\Delta z = z_2 - z_1$ qəbul edilir.

Aşırım nöqtəsini tapmaq üçün trasın son nöqtəsindən (K) profili kəsənə qədər hidravliki maillik xətti (1) keçirilir. Sonra isə (1) xəttinə paralel olan (2) xətti elə keçirilir ki, həmin xətt profilə toxunsun və heç yerdə onu kəsməsin. Bu zaman profilə toxunan həmin nöqtə aşırım nöqtəsi (A) olacaqdır. Əgər trasın son məntəqəsindən keçirilən hidravliki maillik xətti profilə heç bir nöqtədə toxunmur və onu kəsmirsə (3 qırıq- qırıq xətti), onda aşırım nöqtəsi yoxdur və

hesablama
üçün
kəmər in
tam
uzunluğu
qəbul



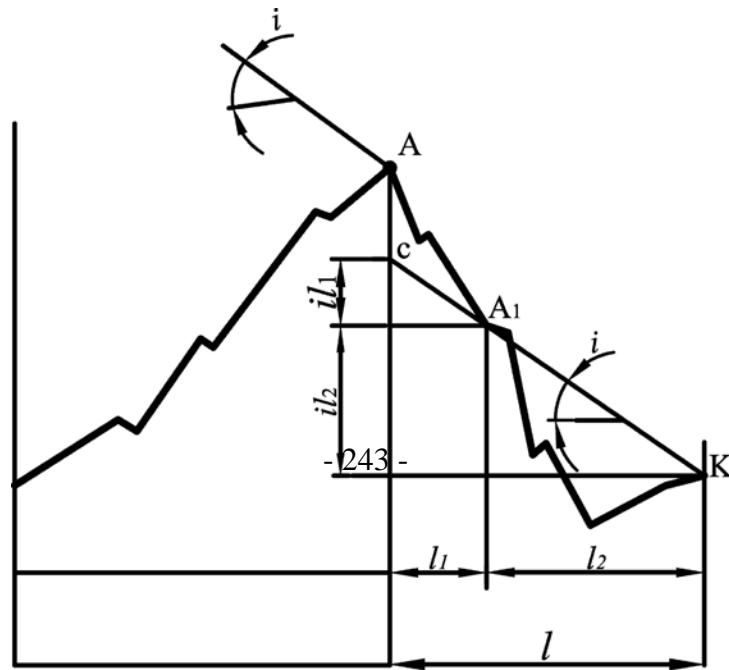
edilməlidir.

Şəkil 4.7. Aşırım nöqtəsini təyin etmək üçün sxem

Qeyd etmək lazımdır ki, aşırım nöqtəsi təkcə axırncı nasos stansiyası ilə son məntəqə arasında deyil, aralıq nasos stansiyalarının arasına düşən profil hissəsində də ola bilər. Müvafiq profillərdə neft kəmərinin iş rejiminin dəyişməsi, hər hansı bir stansiyanın işdən dayandırılması və nəql olunan neftin özlülüyünün dəyişməsi zamanı aşırım nöqtəsinin yaranması mümkündür

Təcrübədə aşırım nöqtəsindən sonra neftin axını xeyli maraq doğurduğu üçün bu halı araşdıraq. Aşırım nöqtəsindən sonra neftin axmasının sxemi şəkil 4.8 - də göstərilib.

Şəkil 4.8-dən görüldüyü kimi bu zonada uzunluğu l_1 olan AA_1 və uzunluğu l_2 olan A_1K sahələri ayırmaq olar. Hansı ki, A_1K hissəsində neftin öz- özünə axını A_1 və K nöqtələrinin hündürlükləri fərqlinin hesabına təmin olunur və $\Delta z_{A_1-K} = i \cdot l_2$. AA_1 hissəsində isə, görüldüyü kimi $\Delta z_{A-A_1} > i \cdot l_1$ və bu artım AC – yə bərabərdir. Bu isə basqılar balansının pozulması deməkdir. Yəni, Δz_{A-A_1} aktiv balans və $i \cdot l_1$ itirilən balans arasında fərq yaranır və aydın-



Şəkil 4.8. Aşırım nöqtəsindən sonra kəmərdə neftin axma sxemi

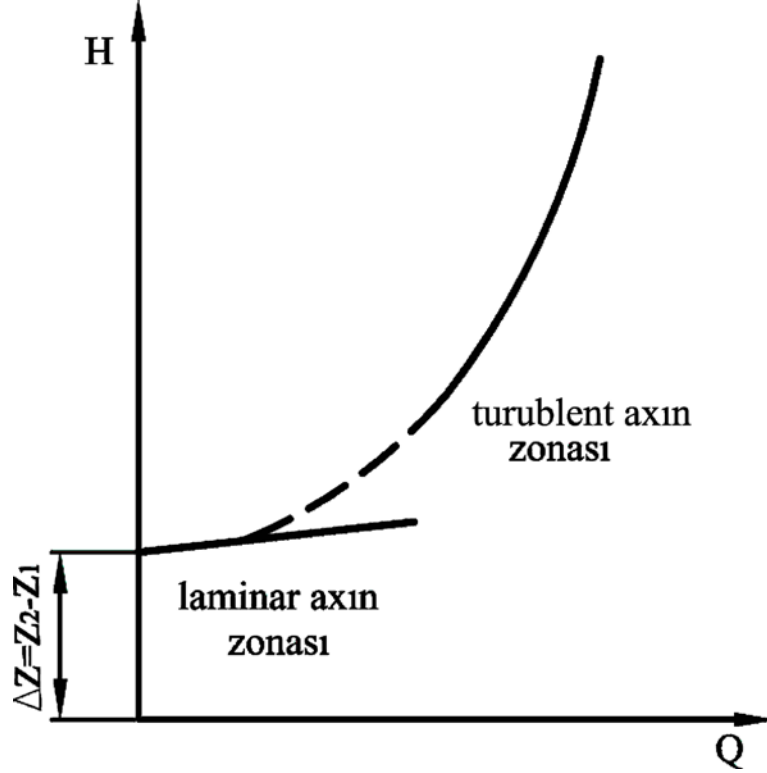
dır ki, bu zaman AA_1 hissəsində hidravliki maillik i –dən çox olmalıdır. Bu isə AA_1 hissəsində neftin hərəkət sürətinin artdığı zaman mümükündür. Kəsilməzlik tənliyinə əsasən $Q = v \cdot F$ olduğu və sürətin böyüməsi ilə axının canlı kəsik sahəsi (F) gərək azalsın. Deməli, aşırım nöqtəsindən sonra neftin boruda tam kəsik boyu hərəkəti müşahidə olunmayacaq və bu zaman AA_1 hissəsində neft borunun en kəsik sahəsinin bir hissəsini doldurmaqla hərəkət edəcəkdir. Bu zaman en kəsik boyu əmələ gələn bu boşluğu neftdən ayrılan qaz və buxarlar doldurulacaqdır. Məhz bu halın qarşısını almaq üçün, axının kəsilməzliyini saxlamaq məqsədilə son məntəqədə (və ya neftin daxil olduğu nasos stansiyasında) təzyiqi saxlamaq lazımdır ki, aşırım nöqtəsində müəyyən ehtiyat basqını təmin edə bilsin. Adətən, bu ehtiyat basqı 10 m təşkil edir.

4.7. Boru kəməri və nasos stansiyalarının xarakteristikaları. Cəm xarakteristika

Basqı itkisinin sərfdən asılılığına *boru kəmərinin xarakteristikası* deyilir. Bu asılılığın analitik ifadəsi qeyd olunduğu kimi

$$H = iL + \Delta z \text{ v\ae ya } H = \beta \frac{Q^{2-m} V^m}{D^{5-m}} L + \Delta z \quad (4.22)$$

Boru k\ae m\ae rinin xarakteristikası \u015fekil 4.9- da g\oe st\ae rilmifidir.



\u015fekil 4.9. Boru k\ae m\ae rinin xarakteristikası

(4.22) ifad\ae sind\ae ν , L , D k\ae miyy\ae tleri k\ae m\ae rin xarakteristikasının dikliyini s\ae ciyy\ae l\ae ndirir.

N\ae ql olunan mayenin \oe zl\ae l\ae y\ae , k\ae m\ae rin uzunlu\u011fu \u00e7ox, diametri is\ae az olduqca xarakteristikası daha dik olur. Hesabatlar zamanı he\u00e7 d\ae ehtiyac yoxdur ki, k\ae m\ae rin xarakteristikası ba\u015flangı\u00e7 n\oe qt\ae d\ae n ($Q = 0$) \u00e7\ae kilsin. Tam kifay\ae tdir ki, xarakteristika 2 v\ae ya 3 n\oe qt\ae y\ae \ae sas\ae n (h\ae tta s\ae rfin ki\u00e7ik diapazonda d\ae yi\u015fm\ae leri olsa da) qurulsun.

Nasosun xarakteristikası dedikd\ae is\ae onun verimind\ae n asılı olaraq yaratdı\u011fı basqının nec\ae d\ae yi\u015ilm\ae sini \ae ks etdir\ae n asılılıq ba\u015fa d\ae \u015f\ae l\ae r.

Magistral neft kəmərlərində geniş istifadə olunan mərkəzdənqaçma nasosları üçün bu asılılıq aşağıdakı kimi istifadə olunur:

$$H = a - bQ^2$$

və ya

$$H = a - bQ^{2-m}$$

burada a və b -sabit kəmiyyətlər olub, uyğun olaraq sərfin sıfır qiymətindəki basqını və xarakteristikanın dikliyini göstərir. Adətən, nasosların xarakteristikaları təcrübi sınaqla su ilə işlədikdə əldə olunur. Nasos neftlə işlədikdə isə onun xarakteristikası daha dik olur və bu zaman neftə keçmək üçün xüsusi metodikadan istifadə olunur.

Mayenin sıxlığı demək olar ki, nasosun $Q-H$ xarakteristikasına təsir etmir, yəni sıxlığın dəyişməsi isə nasosun yaratdığı basqı dəyişilmir. Lakin nasosun çarxının diametrini (D), həmçinin fırlanma tezliyini (n) dəyişməklə onun xarakteristikasını dəyişmək mümkündür. Məlumdur ki,

$$\left. \begin{aligned} \frac{D^*}{D} = \frac{Q^*}{Q} \quad ; \quad \frac{D^*}{D} = \sqrt{\frac{H^*}{H}} \\ \frac{n^*}{n} = \frac{Q^*}{Q} \quad ; \quad \frac{n^*}{n} = \sqrt{\frac{H^*}{H}} \end{aligned} \right\} \quad (4.23)$$

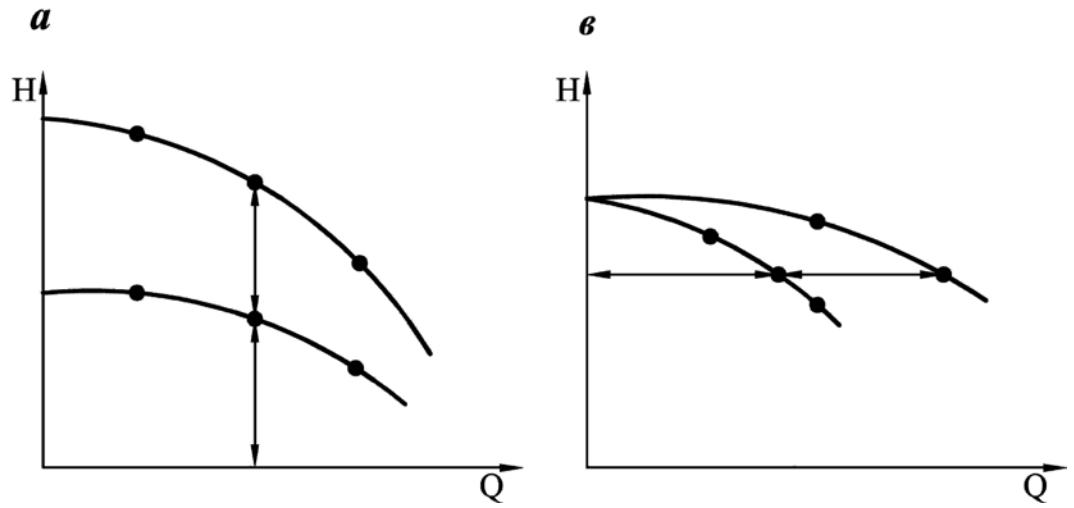
burada * işarəsi ilə yeni dəyişilən şərait qeyd olunubdur.

Nasosun çarxını yonduqda ($D^* < D$) və ya fırlanma tezliyini azaltdıqda $Q-H$ xarakteristikası aşağı düşür.

Əgər nasosun xarakteristikasının Q^* və H^* kordinatlı nöqtədən keçməsi zəruridirsə, onda çarxın diametrinin yonulmadan sonrakı qiymətini aşağıdakı kimi tapmaq olar:

$$D^* = D \sqrt{\frac{H^* + bQ^{*2}}{a}} \quad (4.24)$$

Məlumdur ki, magistral boru kamərlərində əksər hallarda 2 və daha çox nasoslardan istifadə olunması zərurəti yaranır. Bu zaman qrup halında birləşmiş nasosların xarakteristikasını ayrı-ayrı nasosların xarakteristikasını toplamaqla alırlar. Əgər nasoslar ardıcıl birləşibsə, eyni şərtə basqıları, paralel birləşibsə, eyni basqıda şərtləri toplamaqla cəm xarakteristikaları təyin edirlər. Ardıcıl və paralel birləşən iki eyni tip nasos üçün cəm



xarakteristikanın qurulması şəkil 4.10-da göstərilib.

**Şəkil 4.10. Ardıcıl (a) və paralel (b) birləşdirilmiş iki nasos üçün
cəm xarakteristikasının qurulması**

Mərkəzdənqaçma nasosunun iş rejiminə onun işlədiyi boru kəmərinin xüsusiyyəti ilə birgə baxmaq lazımdır. Məlum olduğu kimi boru kəmərinin xarakteristikası dedikdə tam basqının kəmərdən keçən maye sərfi arasındakı qrafiki asılılıq nəzərdə tutulur.

Nasosun iş rejimini təyin etmək üçün onun boru kəməri ilə birgə xarakteristikasını qurmaq lazımdır.

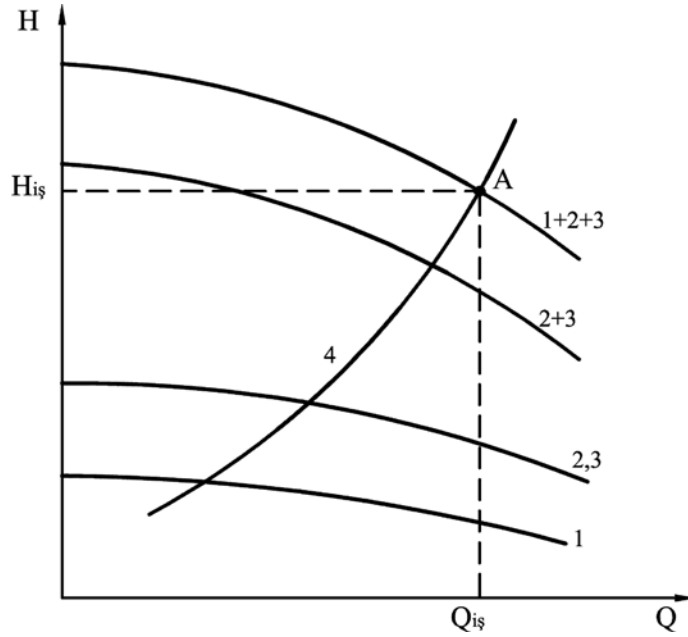
Kəsişmə nöqtəsi işçi nöqtəsi olacaq. Həmin nöqtənin koordinantları isə iş rejiminin göstəriciləri olacaqdır (Q_{ml} Π_{ml}).

Hər nasos stansiyasında bir neçə köməkçi və əsas nasoslar olduğunu nəzərə alsaq, onların sayı və birləşmə sxemlərinə uyğun olaraq stansiyanın yaratdığı cəm basqının qrafiki olaraq tapılması şəkil 4.11- də göstərilmişdir. Şəkildə 1 köməkçi və 2 əsas mərkəzdənqaçma nasoslarının ardıcıl birləşdiyi hala uyğun nasos stansiyasının xarakteristikasının qurulması təsvir olunmuşdur.

Nasos stansiyası ilə boru kəmərinin birgə xarakteristikalarının qurulmasında əsas məqsəd stansiyanın işçi rejimini səciyyələndirən Q_{ml} və Π_{ml} parametrlərini tapmaqdan ibarətdir. Cəm xarakteristikasında magistral kəmərlər və kollektor üçün buraxılabilən basqıları ($H_{\text{mag.bur.}}$, $H_{\text{kol.bur.}}$) göstərən horizontal xətlər keçirilir ki, bu xətlərin yerləşmə hündürlüyü möhkəmlik şərtinə görə buraxılabilən basqılara uyğun gəlir (şəkil 4.12).

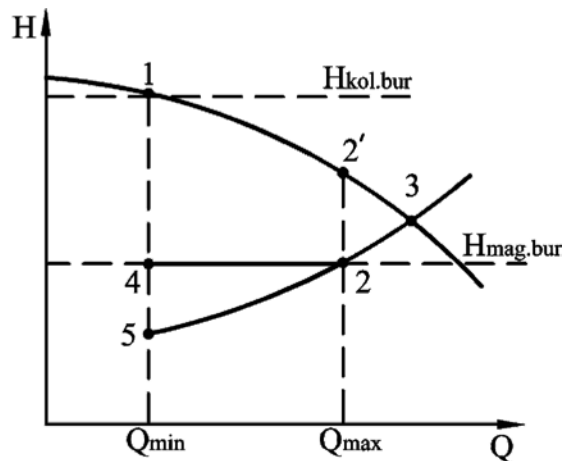
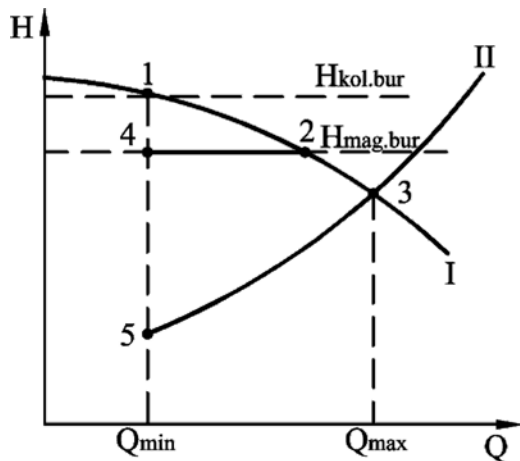
Nasos stansiyasının xarakteristikasının kollektor üçün təzyiqin məhdudlaşması xətti ilə kəsişmə nöqtəsi stansiyanın işləyə biləcəyi ən kiçik buraxma

qabiliyyətini (Q_{\min}) göstərir. Şəkil 4.12, a-da bu 1 nöqtəsidir. Bu sərfdən aşağı olan hallarda qoruyucu sistem işə düşür və stansiya dayanır. Stansiyanın xarakteristikasının magistral üçün buraxıla bilən təzyiqli məhdudlaşdırıcı xəttin kəsişmə nöqtəsi (şəkil 4.12, a-da 2 nöqtəsi) stansiyanın təzyiqli tənzimləyicisiz işləyə biləcəyi ən kiçik sərfin qiymətini müəyyən edir.



Şəkil 4.11. Nasos stansiyası və boru kəmərinin cəm xarakteristikası

1-köməkçi (basqaltı ilə işləyən) nasosun xarakteristikası; 2,3- eyni tipli əsas mərkəzdənqaçma nasoslarının xarakteristikası; 1+2+3-nasos stansiyasının xarakteristikası; 4-boru kəmərinin xarakteristikası.



Şəkil 4.12. Cəm xarakteristikası

Aşağı sərflərdə təzyiq tənzimləyiciləri işə düşərək özündən sonra təzyiqi buraxılabilən həddə sabit saxlayır.

Beləliklə, şəkil 4.12, a-da 1-2-3 xətti nasos stansiyasının tam xarakteristikasının Q_{\min} və Q_{\max} -la məhdudlaşan işçi zonasını, 4-2-3 xətti isə təzyiq tənzimləyicilərinin fəaliyyətini nəzərə alan xarakteristikanın işçi zonasını müəyyən edir.

Əgər magistralda təzyiqin məhdudlaşması xətti şəkil 4.12, b-də göstərildiyi kimi, 3 nöqtəsindən aşağı keçərsə, onda maksimal sərf bu xətlə boru kəməri xarakteristikasının kəsişmə nöqtəsi ilə təyin olunacaqdır. Bu nasos stansiyasının işçi zonası 1-2', təzyiq tənzimləyicilərinin işi nəzərə alınmaqla isə 4-2 parçasına uyğun gələcəkdir.

Şəkil 4.12- də göstərilən boru kəmrinin xarakteristikası (II) verilən sərfi reallaşdırmaq üçün «tələb olunan basqı»-nı müəyyən edir.

Nasos stansiyasının tam xarakteristikasında müəyyən edilən basqı ilə tələb olunan basqı arasındakı fərq «azad basqı» adlanır. Cəm xarakteristikada bu basqı stansiyanın tam xarakteristikası ilə boru kəmrinin xarakteristikası arasında şaquli parça ilə təsvir olunur. Sərbəst basqı stansiyanın çıxışında təzyiq buraxılabilən təzyiqə bərabər və ya ondan kiçik olduqda tam şəkildə növbəti stansiyaya ötürülür.

Əgər magistralda təzyiqi məhdudlaşdıran xətt sərbəst basqını müəyyən edən şaquli parçanı kəsirsə və beləliklə onu iki hissəyə bölürsə, onda sonrakı nasos stansiyasına bu parçanın aşağı hissəsinə uyğun gələn basqı ötürülür. Bu zaman sərbəst basqınının qalan hissəsi (parçanın yuxarı hissəsi) tənzimləyicilər blokunda droselləşdirilməlidir.

4.8. Nasos stansiyasının əsas avadanlıqlarının seçilməsi

Magistral neft və ya neft məhsulları kəmərlərinin əsas avadanlıqlarına nasos qurğularının özü və elektrik mühərrikləri aiddir. Əksər hallarda magistral kəmərlərdə mərkəzdənqaçma nasoslarından istifadə olunur və bu nasosların seçilməsi tələb olunan buraxma qabiliyyətinə görə və «mərkəzdənqaçma nasoslarının normal sırasına» uyğun olaraq həyata keçirilir. Nasosların kataloqunda onların xarakteristikaları suya görə verildiyindən, onlar özlülükləri suyunkundan çox olan neft və neft məhsulları üçün fərqli olacaqlar. Ona görə də bu xarakteristikaların neft və neft məhsulları üçün yenidən hesablanması vacibdir. Çünki kəmərdə özlülüğü suyun özlülüyündən çox olan neftin nəqli zamanı sürtünməyə sərf olan basqı itkisi çoxalır və nəticədə nasosun verimi, basqısı və faydalı iş əmsalı azalır, tələb olunan güc isə artır. Nasosun xarakteristikasında sudan neftə keçmək üçün şəkil 4.13-də göstərilən basqının K_b , nasosun veriminin K_q və f.i.ə. K_η əmsallarından istifadə olunur. Bu əmsallar şəkildə göstərildiyi kimi Re ədədindən asılı olaraq tapılır.

Re parametrini aşağıdakı kimi təyin edirlər

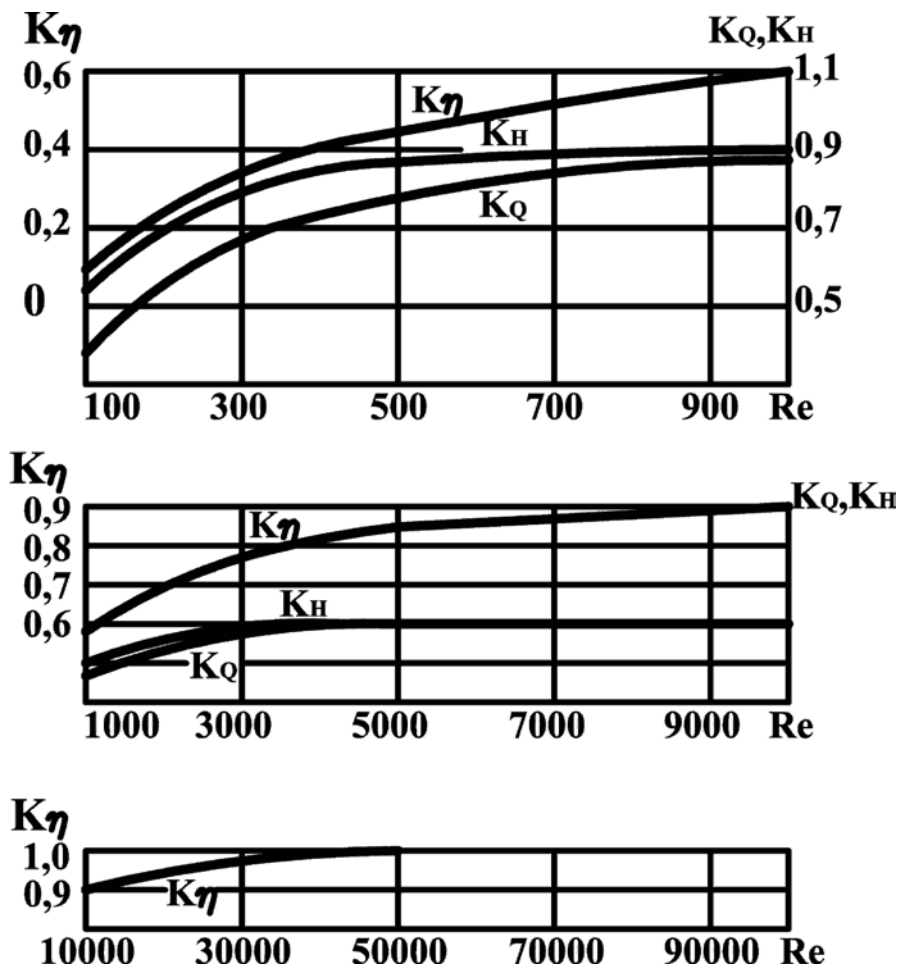
$$Re = \frac{q_{nom}}{D_{ekv} \cdot \nu},$$

burada, q_{nom} – nasosun nominal verimi, m^3/s ; D_{ekv} – nasosun işçi çarxının ekvivalent diametri, m ;

$$D_{ekv} = \sqrt{4Db \cdot k}$$

harada ki, ν – nəql olunan mayenin özlülüüyü, m^2/s ; D – işçi çarxın xarici diametri, m ; k – çıxışda işçi çarxın pərlərinin kəsiyin daralması əmsalı (adətən, $k = 0,9$ qəbul edilir).

Mərkəzdənqaçma nasoslarının optimal iş rejimlərini seçmək üçün texnoloji layihələndirmə normalarına əsasən nasosların basqısının nasosun



Şəkil 4.13. Mərkəzdənqaçma nasosların f.i.ə., sərfi və basqısına düzləndirici əmsalların Re -dən asılılıq qrafikləri
 $a - Re = 100 - 1000$; $b - Re = 1000 - 10000$; $c - Re = 10^4 - 10^5$

işçi çarxını yonmaqla nasos stansiyasının tələb olunan basqısına uyğunlaşdırmaq lazımdır.

Bu zaman nasosların f.i.ə.-nin xeli azaldılmasının qarşısını almaq məqsədilə çarxın diametri 10 %-dən çox azaldılmamalıdır.

Yonmadan sonra nasosun işçi çarxının müvafiq ölçüləri aşağıdakı düsturlara əsasən müəyyən edilir:

$$H' = H \left(\frac{D'}{D} \right)^2,$$

$$D' = \sqrt{D^2 \frac{H'}{H}}$$

burada, H və D – universal xarakteristikaya uyğun nasosun basqısı və işçi çarxının diametridir; H' və D' – çarx yonulduqdan sonra nasosun parametrləridir.

Nasosun valına düşən gücü (kvt ilə) təyin etmək üçün aşağıdakı ifadədən istifadə edilir:

$$N_n = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{3600 \cdot \eta_n},$$

burada, Q – nasosun verimi, $m^3/saat$; H – nasosun basqısı; ρ – mayenin sıxlığı, kq/m^3 ; η_n – nasosun tam f.i.ə. (mayenin özlülüyü nəzərə alınmaqla).

Elektrik mühərrikinin ehtiyat əmsalı (k_e) və mühərrikin f.i.ə. ($\eta_{e.m}$) nəzərə alınmaqla güc aşağıdakı kimi tapılır:

$$N_{e.m.} = \frac{k_e \cdot N_n}{\eta_{e.m}}$$

Hesablamalarda elektrik mühərrikinin gücü 500 kVt-a qədər olduqda ehtiyat əmsalı $k_e = 1,15$, güc 500 kVt-dan çox olduqda isə $k_e = 1,10$ qəbul edilir.

Nasos-güc qurğusunun tam f.i.ə. (η) nəzərə alınmaqla elektrik mühərrikinin gücünü aşağıdakı ifadəyə əsasən təyin etmək olur:

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot k_e}{102 \cdot \eta},$$

burada, $\eta = \eta_n \cdot \eta_{e.m}$.

4.9. Nasos stansiyalarının sayının təyini və kəmərlər boyu yerləşdirilməsi

Neft kəmərlərinin texnoloji hesabının mühüm mərhələlərindən biri nasos stansiyalarının zəruri olan sayının tapılmasından ibarətdir. Nasos stansiyalarının sayının təyini və tras boyu yerləşdirilməsi bir qayda olaraq iki mərhələdə aparılır.

Əvvəlcə ilkin hesablamalar aparılır, sonra isə tutuşdurulma yolu ilə stansiyaların sayı dəqiqləşdirilir.

Ümumi şəkildə nasos stansiyalarının sayının təyini basqılar balansı tənliyinə əsaslanır.

$$\Delta h + n \cdot H_{st} = H$$

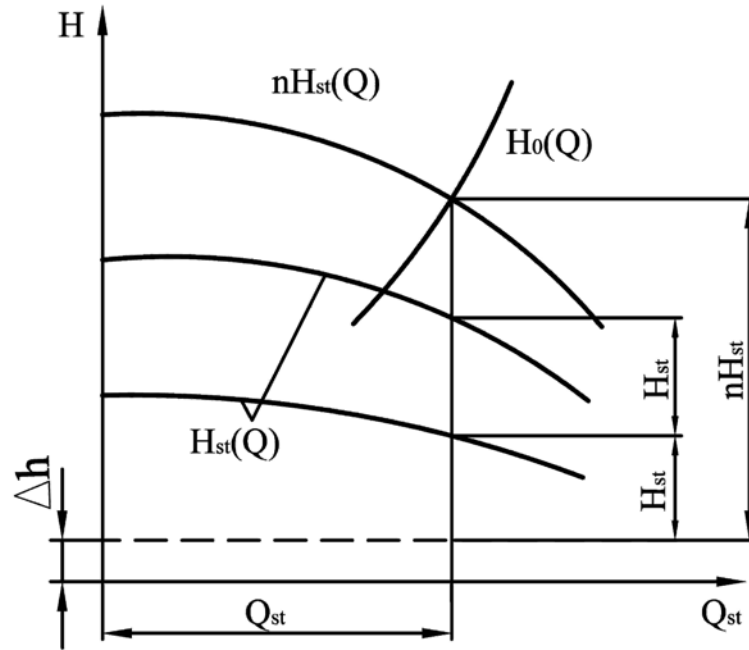
burada, Δh – nasos stansiyasından əvvəl basqıaltı olub, tələb olunan buraxma qabiliyyətini təmin etmək üçündür; n – nasos stansiyalarının sayı; H_{st} – nasos stansiyasının yaratdığı basqı; H – tam basqı itkisi olub, yuxarıda qeyd olunduğu kimi $H = h + h_{y.m} + \Delta z = iL + h_{y.m} + \Delta z$ ifadəsinə əsasən tapılır.

Basqılar balansı boru kəməri ilə nasos stansiyalarının birgə işini xarakterizə edir.

Kəmərlə nasos stansiyalarının cəm xarakteristikasının təsviri şəkil 4.14-də göstərilmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi neft kəmərinin buraxma qabiliyyətinə Q , $nH_{st}(Q)$ və $H(Q)$ əyriələrinin kəsişmə nöqtəsi uyğun gəlir və optimal hesab edilir.

Basqılar balansı və nasosların veriminin kəmərdə neftin sərfinə bərabərliyi nəqlin material balansını xarakterizə etməklə, kəmərdə və nasos stansiyalarının vahid bir hidravliki sistem təşkil etdiyini göstərir.



Şəkil 4.14. Boru kəməri ilə nasos stansiyalarının cəm xarakteristikası
($Q-H_{st}$)

Hər hansı bir stansiyanın iş rejiminin dəyişməsi qalan stansiyalar və kəmərin iş rejimini pozur. Ona görə də onların işinə həmişə birləşmə baxmaq lazımdır.

Beləliklə, tələb olunan nasos stansiyalarının sayı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$n = \frac{H - \Delta h}{H_{st}} \quad (4.25)$$

Əgər nasos stansiyalarında basqıaltı işləyən mərkəzdənqaçma nasoslarından istifadə olunacaqsa, onda kommunikasiyalarda da itən basqı nəzərə alınmaqla stansiyaların sayını tapmaq üçün:

$$n = \frac{H - \Delta h}{H_{hes} - \Delta h_1}, \quad (4.26)$$

harada ki, H_{hes} – boru kəmərinə hesabi basqı (təzyiq) olub, tətbiq olunan boruların möhkəmliyi nəzərə alınmaqla işçi təzyiqinə bərabər götürülür; $\Delta h_1 = \Delta h_1' + \Delta h_1''$ – əlavə basqı olub, yerli müqavimətlər də daxil olmaqla stansiyanın kommunikasiya xətlərindəki basqı itkisi ($\Delta h_1'$) və nasosların kavitasiyasız işini təmin edən basqı altının ($\Delta h_1''$) cəmindən ibarətdir.

Təqribi hesablamalar üçün Δh_1 – in cədvəl 4.3-də göstərilən qiymətlərindən istifadə etmək olar.

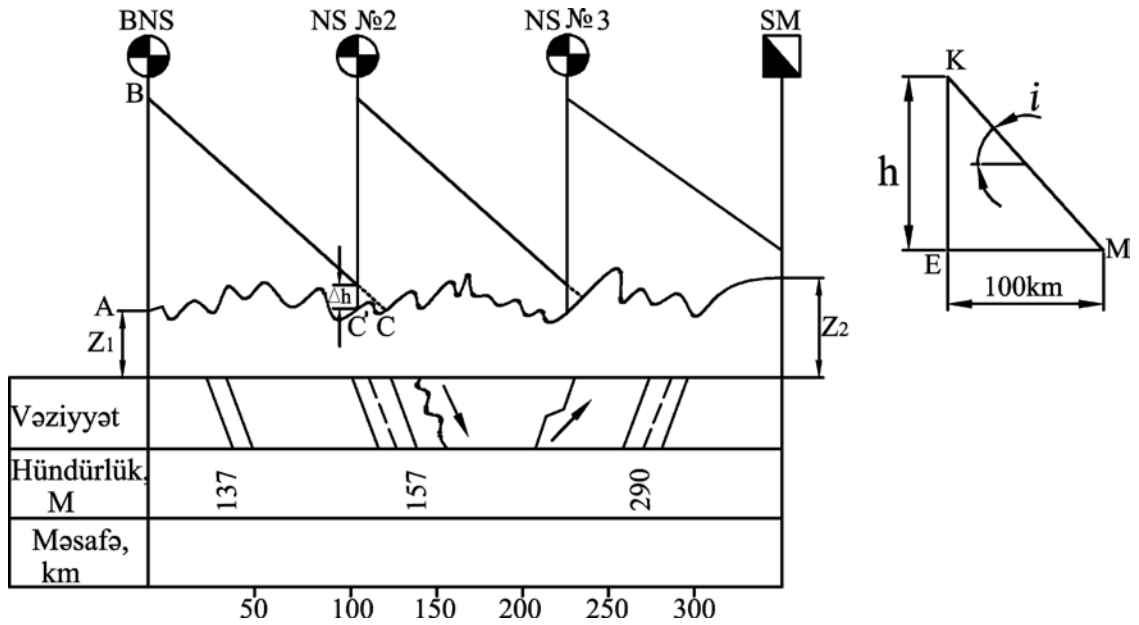
Cədvəl 4.3

Nasosun verimindən asılı olaraq Δh_1 – in dəyişməsi.

Verim, $m^3 / saat$	$\Delta h_1,$ m	Verim, $m^3 / saat$	$\Delta h_1, m$	Verim, $m^3 / saat$	$\Delta h_1,$ m	Verim, $m^3 / saat$	$\Delta h_1,$ m
1250	40	3600	50	7000	60	12000	100
2500	45	5000	55	10000	80		

Neft kəmərlərinin trası boyu nasos stansiyalarının yerləşdirilməsi qrafo-analitik yolla V.Q. Şuxov üsuluna uyğun olaraq aparılır. Bu zaman sonradan nasos stansiyalarındakı təzyiq analitik yolla yoxlanılmalıdır. Stansiyaların sıxlaşdırılmış profilində yerləşdirilməsi qrafikini aşağıdakı kimi qururlar. Əvvəlcə qəbul olunan uzunluq və hündürlük miqyaslarına uyğun olaraq hidravliki maillik xəttini çəkirlər. Nəticədə, tərəfləri 100 km boru kəməri

hissəsində basqı itkisini əks etdirən EKM maillik üçbucağını alırlar (şəkil 4.15). Sonra sıxlaşdırılmış profildə hidravliki mailliyi i olan neft kəmərinin uzunluğu boyu nasos stansiyalarının yerini qeyd edirlər. Bunun üçün baş nasos stansiyasının yerini A başlanğıc nöqtəsindən keçən şaquli xətdə miqyasa görə stansiyanın basqısına (H_{sr}) bərabər olan AB parçası qeyd olunur. B nöqtəsindən EKM üçbucağının hipetonuzuna- KM –ə parallel olan boru kəmərinin hidravliki maillik xətti çəkilir. Bu zaman bu xəttin trasın profili ilə kəsişmə nöqtəsi (C) nəzəri olaraq 2-ci nasos stansiyasının yerini müəyyən edəcəkdir.



Şəkil 4.15. Neft kəməri trasının sıxlaşdırılmış profilində nasos stansiyalarının yerləşdirilməsi

Əsas nasos qurğularının kavitasiasız iş rejimi Δh basqısını tələb etdiyi üçün nasos stansiyasının faktiki yeri C –dən C' nöqtəsinə yerini dəyişəcəkdir (sola sürüşəcək). Növbəti stansiyanın yerinin tapmaq üçün həmin C' nöqtəsindən yenidən perpendikulyar xətt çəkilir, həmin xətt üzərində 2-ci

stansiyanın basqısı miqyasa uyğun olaraq qeyd edilir. Hidravliki maillik xətti keçirilir və trasın profili ilə kəsişmə nöqtəsinə əsasən 3-cü stansiyanın yerini müəyyən edirlər. Bu cür qurmalar sonrakı stansiyaların yerini tapmaq üçün də aparılır.

Nasos stansiyalarının yerini müəyyənləşdirdikdən sonra boru kəmərinin ayrı-ayrı sahələrinin buraxma qabiliyyətini bərabərləşdirmək məqsədilə onları yoxlayırlar. Bu məqsədlə nasos stansiyalarında uyğun zəruri olan basqını aşağıdakı düstura əsasən təyin edirlər:

$$H_{st} = il + \Delta z + \Delta h_1$$

İşçi nasosların sayını n qəbul etsək, onda bir nasos üçün zəruri basqı $H'_n = \frac{H_{st}}{n}$ olacaqdır. Stansiyanın iş rejimlərinin hesablanmasında məqsəd nasosların işçi çarxlarının diametrinin seçilməsi, stansiyanın girişi və çıxışında, həmçinin droselləmə üçün nəzərdə tutulan basqıların təyin edilməsindən ibarətdir.

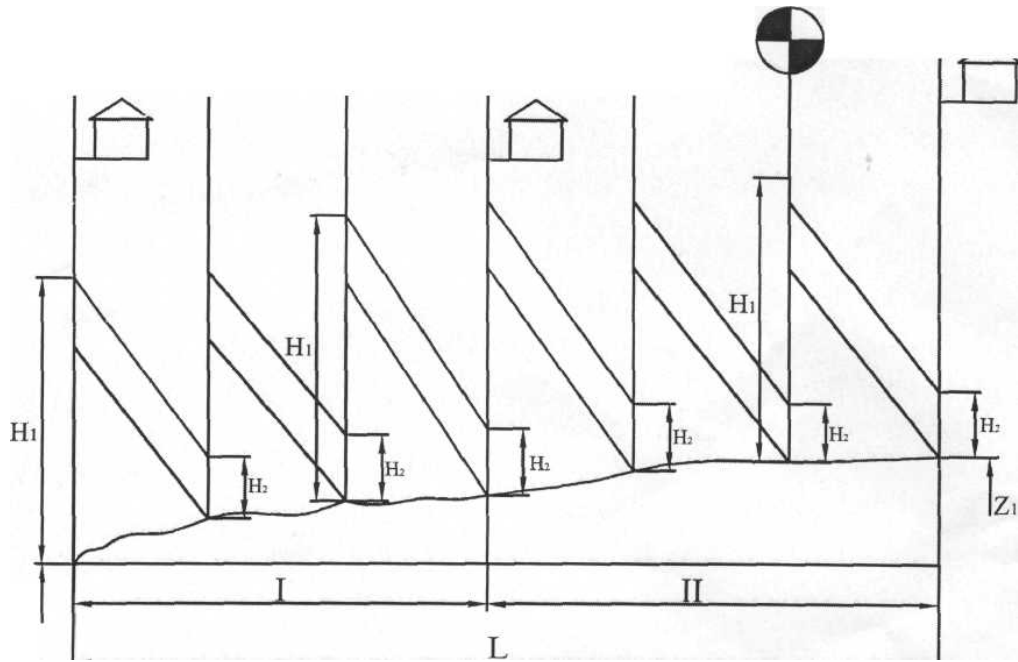
Qeyd etmək lazımdır ki, nasos stansiyalarının tras boyu yerləşdirilməsi üçün yuxarıda göstərilən sadə üsul kəmərin diametrinin uzunluq boyu sabit qaldığı, lupinqlərin olmadığı və nasos stansiyalarının sayının tam ədədə uyğun gəldiyi hal üçün nəzərdə tutulmuşdur. Həqiqətdə isə nasos qurğularının xarakteristikaları və boru kəmərlərinin mövcud olan diametrləri nəzərə alınmaqla stansiyaların sayı tam deyil, kəsr şəklində də alın bilər. Ona görə də stansiyaların sayının minimal hesabi qiymətə bərabər qəbul etmək məqsədilə trasın uzunluğu boyu lupinqin qoyulmasından istifadə edilir. Tras boyu lupinqin qoyulmasından, həmçinin stansiyanın yerinin yaşayış məntəqəsinə yaxınlığı, su maneəsi və digər amillərlə bağlı olaraq dəyişdirilməsi zamanı da istifadə olunur.

Nasos stansiyalarında mərkəzdənqaçma nasosları deyil, porşenli nasoslardan istifadə olunduğu zaman stansiyaların tras boyu yerləşdirilməsi prinsipi dəyişməz qalır. Bu zaman fərq ondan ibarət olur ki, stansiyalardan əvvəl əlavə basqının yaradılması tələb olunmur. Bu halda da stansiyaların sayını aşağı yuvarlaqlaşdırdıqda lupinqin qoyulması tələb olunur.

Magistral neft kəmərlərinin layihələndirilməsi və istismar normalarına əsasən uzunluğu 800 km-dən çox olan kəmərlər üçün aralıq nasos stansiyalarında çənlər parkının tikilməsi də nəzərdə tutulur. Bu zaman istismar sahələrinin uzunluğu 400-km-dən çox olmamalıdır.

Stansiyalardakı çənlər parkının tutumu, boru kəmərinin gündəlik buraxma qabiliyyətinin $0,2 \div 0,5$ hissəsini təşkil etməlidir. Bu stansiyalarda köməkçi nasoslar qurulur və həmin stansiyalar öz sahələri üçün baş nasos stansiyaları hesab olunur.

Şəkil 4.16-da iki istismar sahəsinə malik olan magistral neft kəmərinin sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 4.16. İki istismar sahəsinə malik olan magistral neft kəmərinin sxemi

Nasosların eyni tipli olması şərtinə əsasən hər bir nasos stansiyası $H_1 = P_1 / (\rho g)$ qədər basqı yaradır. Burada P_1 nasos stansiyasının yaratdığı təzyiqdır (bu P_1 təziqinə əsasən boru kəmərinin və avadanlıqların möhkəmliyə hesabı aparılır). Aralıq nasos stansiyalarının normal işini təmin etmək üçün $H_2 = P_2 / (\rho g)$ qalıq basqısına baxmaq lazımdır. Burada P_2 – aralıq nasos stansiyasındakı təzyiqdır. Müasir böyük nasoslar üçün kifayət qədər böyük basqı H_2 tələb olunur və istismar sahələrinin sərhəddində qalıq basqısının $H_{2b} = (20 - 40)m$ olması kifayətdir ki, kommunikasiyaların müqavimətini dəf edib nefti çənlərə doldursun.

Bununla əlaqədar olaraq, $H_2 - H_{2b}$ basqısını boru kəmərinin müqavimətini dəf etmək üçün istifadə etmək olar. Onda basqılar balansının tarazlıq şərtinə əsasən yazmaq olar:

$$H = h + h_{y.m} + \Delta z = n \cdot H_{st} + n_{is} (H_2 - H_{2b}),$$

burada H_{st} – bir nasos stansiyasının hesabat basqısı; n_{is} – istismar sahələrinin sayıdır.

Son ifadədən

$$n = \frac{H - n_{is} (H_2 - H_{2b})}{H_{st}}, \quad (4.27)$$

Burada

$$H_{st} = H_1 - H_2 = (P_1 - P_2) / (\rho g)$$

H_1 və H_2 basqılarını seçərkən əsas və basqıaltılı nasosların işçi xarakteristikalarını və birləşmə sxemlərini nəzərə almaq lazımdır.

Əgər basqıaltı ilə işləyən nasosun çıxışında basqını H_{ba} , magistral neft kəmərinin sonundakı basqını isə H_s qəbul etsək, onda basqılar balansının tənliyini nasos stansiyalarının sayı da nəzərə alınmaqla aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$H_{ba} + n(a - bQ^{2-m}) = il + \Delta z + H_s \quad (4.28)$$

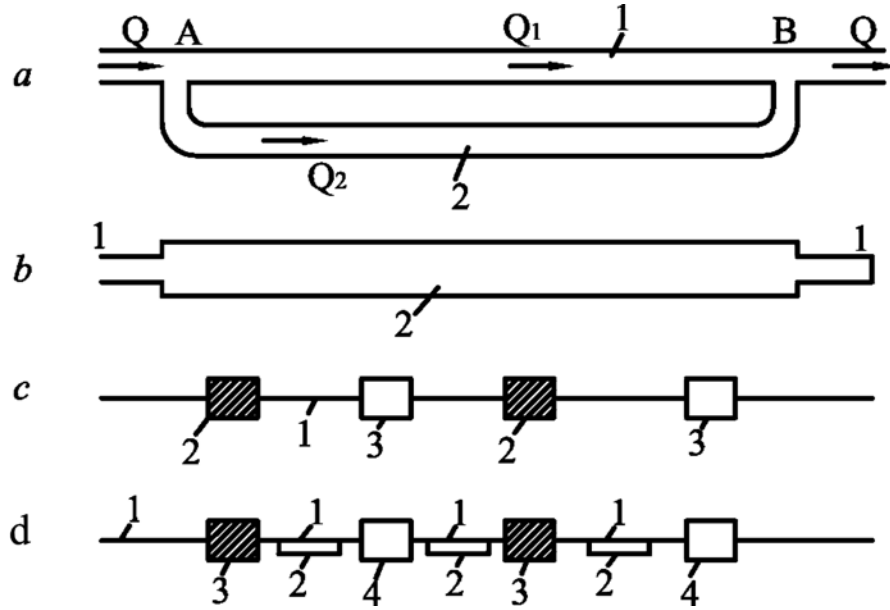
burada Q konkret bir qiymət olmaqla nasos stansiyaları-boru kəməri sistemində sərfdir.

Basqılar balansı və nəqlin material balansı çox vacib bir nəticə üçün əsas verir. Bu nəticə ondan ibarətdir ki, boru kəməri və nasos stansiyaları vahid hidravliki sistem təşkil edir.

4.10. Neft kəmərinin buraxma qabiliyyətinin artırılması

Neft və neft məhsulları kəmərlərinin istismarı təcrübəsi göstərir ki, bəzi hallarda onların buraxma qabiliyyətinin artırılması zərurəti ortaya çıxır.

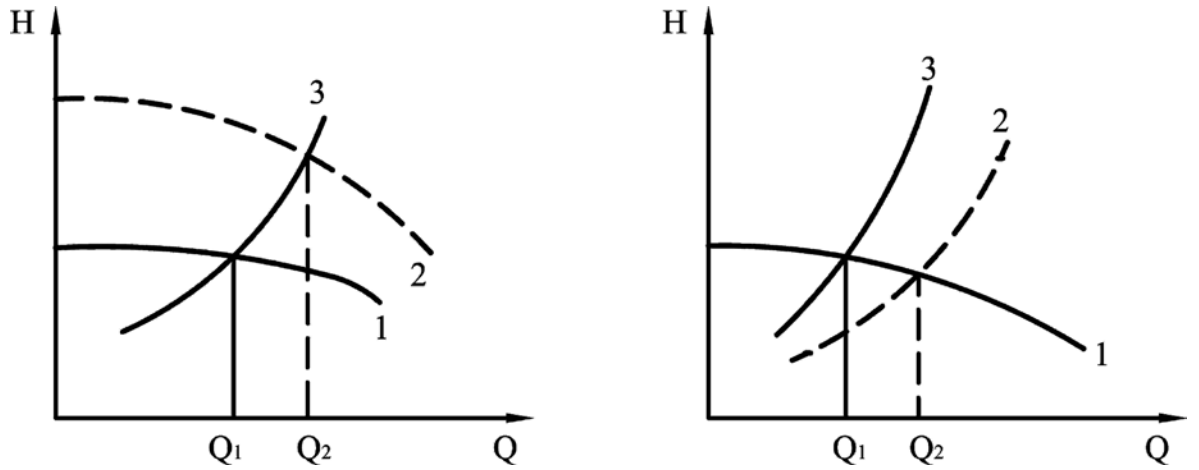
Neft kəmərlərinin buraxma qabiliyyətini artırmaq üçün aşağıdakı üsullar mövcuddur: lupinqin qoyulması; böyük diametrlı boru kəməri hissəsinin tikilməsi; nasos stansiyalarının sayının 2 dəfə artırılması; kombinə edilmiş üsul (lupinqin qoyulması ilə eyni vaxtda stansiyaların sayının artırılması). Magistral neft kəmərlərinin buraxma qabiliyyətinin artırılması üsullarının sxemləri şəkil 4.17-də göstərilmişdir.



Şəkil 4.17. Magistral neft kəmərlərinin buraxma qabiliyyətinin artırılması üsullarının sxemləri

a-paralel boru xəttinin-lupinqin tikilməsi; 1-magistral, 2-lupinq.
b-böyük diametrlı boru xəttinin qoşulması; 1 magistral, 2-qoşqu xətti.
c-nasos stansiyaları sayının 2 dəfə artırılması; 1-magistral, 2-əsas nasos stansiyaları, 3-əlavə nasos stansiyaları.
d-kombinə edilmiş üsul (nasos stansiyalarının sayının 2 dəfə artırılması və lupinqin qoyulması)

Boru kəməri ilə nasos stansiyasının cəm xarakteristikasından görüldüyü kimi (şəkil 4.18) buraxma qabiliyyətinin artması işçi nöqtəsinin sağa sürüşməsi deməkdir. Bunun baş verməsi üçün isə ya nasos stansiyasının, ya da kəmərin xarakteristikasını yuxarıda qeyd olunan müvafiq üsullardan biri ilə dəyişdirmək lazımdır. Hal-hazırda praktikada nasos stansiyalarının sayının 2 qat artırılması və böyük diametrlı boru kəməri hissəsinin qoşulması üsulları, kombinə edilmiş üsul da daxil olmaqla səmərəli olmadıqları üçün, demək olar ki, tətbiq olunmurlar. İqtisadi baxımdan ən əlverişli üsulun lupinqin qoyulması ilə buraxma qabiliyyətinin artırılması olmasını nəzərə alaraq həmin üsulun hesablanmasına baxaq.



Şəkil 4.18. $H = H(Q)$ birgə xarakteristikaları

1-mövcud nasos stansiyası üçün; 2-mövcud və əlavə nasos stansiyası üçün; 3,4-lupinq qoyulduqdan əvvəl və sonra boru kəmərinin xarakteristikası

Şübhə yoxdur ki, lupinqlərin qoulması zamanı buraxma qabiliyyətinin artması əmsalı $\chi = Q_*/Q$ (buraxma qabiliyyətinin artan qiymətinin əvvəlki qiymətinə nisbəti) lupinqin uzunluğu və diametrindən asılı olaraq müxtəlif qiymətlər ala bilər.

Lupinqin hesablanması kəmərdə mayenin sərfinin Q (A – dan B – dək) Q_1 və Q_2 sərflərinin cəminə, kəmərin AB hissəsindəki basqı itkisinin isə lupinqdəki basqı itkisinə bərabər olması şərtləri nəzərə alınmaqla aparılır (şəkil 4.17).

Basqılar balansından istifadə etməklə lupinqin tələb olunan uzunluğunu təyin etmək mümkündür. $i_1[L - x(1 - w)] = iL$ olduğunu nəzərə alsaq, alarıq:

$$\frac{i_1}{i} = \chi^{2-m} = \frac{L}{L - x(1 - w)}$$

Sonuncu ifadədən buraxma qabiliyyətinin verilən artımını təmin etməyə imkan verən lupinqin uzunluğunu təyin etmək olar.

$$X = \frac{1}{1-w} \left(1 - \frac{1}{\chi^{2-m}} \right) \quad (4.29)$$

Sonuncu ifadədən görüldüyü kimi lupinqlərdən istifadə olunması buraxma qabiliyyətinin nisbətən az artırılması hallarında ($\chi = 2^{1/(2-m)}$) məqsədəuyğundur. Əgər buraxma qabiliyyətinin artması ($\chi = 2^{1/(2-m)}$)-ə yaxın olmalıdırsa, onda nasos stansiyalarının sayının 2 dəfə artırılması üsulundan istifadə edilməsi, $\chi > 2^{1/(2-m)}$ olduqda isə kombinəedilmiş üsulun tətbiqi nisbətən daha sərfəli hesab olunur. Ümumiyyətlə, buraxma qabiliyyətinin artırılması üçün bu və ya digər üsulun seçilməsinə üstünlüyün verilməsi məsələsi gətirilmiş xərclərin tutuşdurulması yolu ilə həyata keçirilir. Lupinqlərin uzunluğundan asılı olmayaraq praktikada bütün hallarda onların diametrinin boru kəmərinin diametrinə bərabər götürülməsi kəmərlərin istismar şəraitini yüngülləşdirdiyi üçün daha əlverişli və məqsədəuyğun hesab edilir.

4.11. Neft kəmərinin optimal diametrinin seçilməsi

Müəyyən həcmdə olan neft və ya neft məhsulunu nəzəri olaraq müxtəlif diametrlə boru kəməri ilə nəql etmək mümkündür. Eyni buraxma qabiliyyətinə malik olan boru kəmərinin diametri az olduqca tələb olunan basqı çoxalır (stansiyaların sayı artır). Əksinə diametr, böyüdükcə tələb olunan nasos stansiyalarının sayı azalır. Ona görə də boru kəmərinin ən əlverişli diametri elə diametr hesab edilir ki, orada maksimal buraxma qabiliyyətində kapital və istismar xərcləri ən az olur.

Ona görə də boru kəmərinin optimal diametrinin tapılmasının əhəmiyyəti böyükdür. Kəmərin optimal diametri adətən, bir neçə variantların (3 və ya 4) teniki-iqtisadi göstəricilərini tutuşdurmaqla seçilir.

Bu zaman baxılan variantlar müxtəlif saylı nasos stansiyaları və diametrli boru kəmərlərinə aid olmalıdır. İqtisadi cəhətdən əsaslandırılmış, ən optimal diametrin seçilməsi məsələsi kifayət qədər çətin məsələ olmaqla çoxlu amillərdən asılıdır. Belə ki, hər baxılan konkret halda yerli şəraitdən asılı olaraq kəmərlərin tikintisi və istismarının qiymət göstəriciləri dəyişilir. Buna baxmayaraq, tikintinin qiymətini müəyyən edən əsas amil boru kəmərinin diametri hesab edilir. Belə ki, diametrin azalması zamanı tikintiyə sərf olunan xərclər azalır. Digər tərəfdən bu öz növbəsində istismar xərclərinin əsas göstəricisi olan elektrik enerjisi xərclərini artırmış olur.

Optimal diametrin seçilməsi zamanı girişdə verilən cədvəl 1-dən istifadə olunması da tövsiyyə olunur.

4.12. Neft kəmərinin hidravliki hesablanmasına aid nümunə

Uzunluğu $L = 600 \text{ km}$ olan boru kəməri ilə sıxlığı $\rho = 880 \text{ kq/m}^3$, dinamik özlülüüyü $\mu = 0,2 \text{ Pz}$ olan neftin il ərzində $G = 6 \text{ mln.t}$ nəqli zamanı kəmərin hidravliki hesablanmasına baxaq. Qəbul olunur ki, kəmərdə aşırım nöqtəsi yoxdur. Başlangıç və son nöqtələrin hündürlükləri uyğun olaraq $Z_1 = 10 \text{ m}$ və $Z_2 = 30 \text{ m}$.

Boru kəmərinin hidravliki hesablanmasını aşağıdakı ardıcılıqla aparaq:

1. Texnoloji layihələndirmə normalarına görə il ərzində nəql günlərinin sayını 350 gün qəbul edib kəmərini saniyəlik buraxma qabiliyyətini (həcmi sərfi) tapırıq:

$$Q = \frac{G}{\rho \cdot 350 \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{10 \cdot 10^9}{880 \cdot 350 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,375 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Cədvəl 1-dən il ərzində 10-12 mln.t neft nəql etmək üçün diametri 630 mm, divarının qalınlığı 5-12 mm olan boru seçilir.

Boru kəmərini divarının qalınlığını 5 mm qəbul etsək, borunun daxili diametri 620 mm olar.

2. Axının orta sürəti hesablanır:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0,375}{3,14 \cdot (0,620)^2} = 1,18 \text{ m/s}$$

3. Boruda neftin hərəkət rejimi müəyyənləşdirilir. Borunun daxili səthinin mütləq kələ-kötürlüyü $k_m = 0,0015 \text{ mm}$ qəbul etsək, onda nisbi kələ-kötürlük (ε) aşağıdakı kimi olar:

$$\varepsilon = \frac{k_m}{D} = \frac{0,0015}{620} = 2,419 \cdot 10^{-6}$$

Reynolds ədədinin keçid qiymətləri aşağıdakı ifadələrə əsasən hesablanır:

$$Re_I = 10 / (2,419 \cdot 10^{-6}) = 4,1339 \cdot 10^6$$

$$Re_{II} = 500 / (2,419 \cdot 10^{-6}) = 206,6969 \cdot 10^6$$

Reynolds ədədini hesablayırıq:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,2 \text{ Pz}}{0,880 \text{ q/sm}^3} = 0,227 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$Re = \frac{1,181 \cdot 0,62}{0,227 \cdot 10^{-4}} = 32256$$

Göründüyü kimi, neftin hərəkət rejimi $Re < Re_l$ olduğu üçün turbulent rejimin hidravliki hamar sürtünmə zonasına uyğun gəlir.

4. Hidravliki müqavimət əmsalı (λ) Blazius düsturuna əsasən hesablanır:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{(32256)^{0,25}} = 0,0236$$

5. Hidravliki itkilər hesablanır. Əvvəlcə hidravliki maillik tapılır.

$$i = \frac{h_{cup}}{L} = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{0,0236}{0,620} \cdot \frac{(1,18)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0027$$

Onda bütün neft kəməri üçün sürtünmə itkisi

$$h_{cup} = i \cdot L = 0,0027 \cdot 600000 = 1622,8 \text{ m}$$

Yerli müqavimətlərə sərf olunan basqı itkisini təqribən $h_{y.m} = 30 \text{ m}$ qəbul etsək, onda tam basqı itkisi

$$H = h_{cup} + h_{y.m} + \Delta z = 1622,8 + 30 + 20 = 1672,8 \text{ m}$$

6. Nasos qurğusunu seçirik:

Buraxma qabiliyyətinə əsasən seksiyalı NM710-280 markalı nasosu seçirik. Bu nasosun texniki xarakteristikası aşağıdakı kimidir:

$$\text{Verimi} - Q_{nas} = 0,197 \text{ m}^3 / \text{s};$$

$$\text{Basqısı} - h_{nas} = 280 \text{ m};$$

Kavitasiya hündürlüyü – 14 m

F.İ.Ə = 80%.

Nasosun basqısı sü üçün olduğundan neftə görə keçid aparaq.

$$P_{nas} = h_{nas.su} \cdot \rho_{su} \cdot g = 280 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 2746,8 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$h_{nas.neft} = \frac{2746,8 \cdot 10^3}{880 \cdot 9,81} = 318,18 \text{ m}$$

Seçilən nasosun verimi $0,197 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu üçün stansiyada 2 nasosun paralel olaraq birləşdiyini qəbul etsək, onda verim $0,197 \cdot 2 = 0,394 \text{ m}^3 / \text{s}$ olacaqdır.

İl ərzində 10 mln.t nefti daxili diametri 620 mm olan boru kəməri ilə nəql etdikdə verim $0,375 \text{ m}^3 / \text{s}$ olduğu üçün verimlər arasındakı bu fərq aradan qaldırılmalıdır. Bu fərq nasosun çarxının xarici diametrini azaltmaqla (yonmaqla) aradan götürülür. Maksimum 10% yonulma mümkündür.

Stansiyada 1 nasosun verimi

$$Q'_{nas} = \frac{Q_{st}}{2} = \frac{0,375}{2} = 0,1875 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Yonulması lazım gələn diametr aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\frac{Q'_{nas}}{Q_{nas}} = \frac{d'}{d} = \sqrt{\frac{h'_{nas.neft}}{h_{nas.neft}}}$$

d' və h' -uyğun olaraq yonulmadan sonrakı diametr və nasosun basqısıdır.

Beləliklə

$$\frac{Q'_{nas}}{Q_{nas}} = \frac{0,1875}{0,197} = 0,9517 \quad (95,17\%)$$

Deməli, nasosun çarxının diametrini $100 - 95,17 = 4,83\%$ yonmaqla $0,1875 \text{ m}^3 / \text{s}$ verimi əldə etmək mümkündür.

Çarxın yonulmasından sonra nasosun basqısını təyin edək.

$$h'_{nas.neft} = \frac{h_{nas.neft} (Q'_{nas})^2}{(Q_{nas})^2} = \frac{318,18 \cdot (0,1875)^2}{(0,197)^2} = 288,2 \text{ m}$$

7. Nasos stansiyalarının sayını tapırıq:

$$n = \frac{H}{H_{st}} = \frac{H + [(n-1) \cdot k] + h_2}{h'}$$

burada h_2 -son nöqtədəki basqı; k -nasos stansiyalarının girişində olması gərək olan basqıdır. Onda

$$n = \frac{1672,8 + [(n-1) \cdot 14] + 30}{288,2} = \frac{1702,8 + 14 \cdot n - 14}{288,2}$$

$$274,23 \cdot n = 1688,8$$

$$n = 6,15$$

Nasos stansiyalarının sayı tam ədəd alınmadığı üçün bu sayı aşağı yuvarlaşdıraraq və 6 qəbul edək. Bu zaman $h'_{nas} \cdot 0,15$ qədər əlavə basqı lazım olacaqdır. Bu basqını kəməre lupinq qoşmaqla təmin etmək olar.

$$h_{lup} = h'_{nas} \cdot 0,15 = 288,2 \cdot 0,15 = 43,23 \text{ m}$$

Lupinq xəttindəki yerli müqavimət $h_{l,y} = 2 \text{ m}$ və relyefin başlanğıc nöqtədən sonra doğru artmasını, lupinq xəttinin başlanğıc və son nöqtəsi arasındakı hündürlüklər fərqlinin $\Delta Z_{lup} = 0,5 \text{ m}$ olduğunu nəzərə alsaq, lupinqin uzunluğunu hesablaya bilərik:

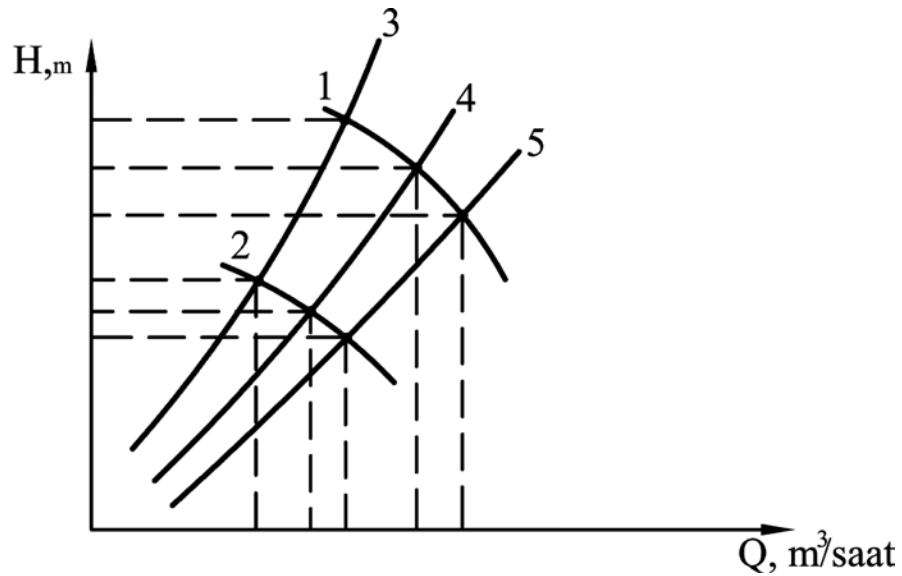
$$h_{lup} + h_{l,y} + \Delta Z_{lup} = i \cdot X_{lup}$$

$$X_{lup} = \frac{h_{lup} + h_{l,y} + \Delta Z_{lup}}{i} = \frac{43,23 + 2 + 0,5}{0,0027} \approx 17000 \text{ m}$$

Qeyd: Aparılan hesablamalarda NM710-280 markalı seksiyalı nasosun 20⁰S-də su üçün nəzərdə tutulan verimi sıxlığı 880 kq/m^3 olan neftə görə çevrilməmişdir. Lupinqin hesablanması zamanı da lupinq xəttindəki hidravliki maillik əsas magistral xətdəki hidrvliki mailliyə bərabər götürülmüşdür. Həmçinin lupinqin daxili diametri kəmərin diametri ilə eyni qəbul edilmişdir

4.13. Neft kəmərlərinin istismarı zamanı nasos stansiyalarının işinin tənzimlənməsi zərurətləri və üsulları

Magistral neft kəmərinin buraxma qabiliyyəti nəql olunan neftin özlülüyünün mövsümin dəyişməsindən (temperaturdan) asılı olaraq xeyli dəyişir. Özlülüyün dəyişməsi öz növbəsində nasos stansiyalarının iş rejimlərinin dəyişməsinə səbəb olur. Belə ki, özlülüyün artması basqını çoxaldır (qış mövsümü), əksinə azalması isə basqını aşağı salır (yay vaxtı). Ona görə də nasos stansiyalarının iş rejimini müəyyən etmək üçün cəm xarakteristikasının orta illik temperaturunun, yay və qış mövsümləri üçün qurulması daha məqsədəuyğundur. Özlülükdən asılı olaraq stansiya ilə kəmər cəm xarakteristikasının dəyişməsi şəkil 4.19-da göstərilmişdir.



Şəkil 4.19. Neftin müxtəlif özlülülərində cəm xarakteristikası

1,2-uyğun olaraq 3 və 2 nasosun ardıcıl birləşməsi; 3,4,5-uyğun olaraq qış vaxtı orta illik və yay mövsümü üçün boru kəmərini xarakterizə edir

Beləliklə, nasos qurğularının işinə sərf olunan elektrik enerjisini səmərəli istifadə etmək məqsədilə nasos stansiyasının işini il ərzində mövümündən asılı olaraq tənzimləmək lazımdır.

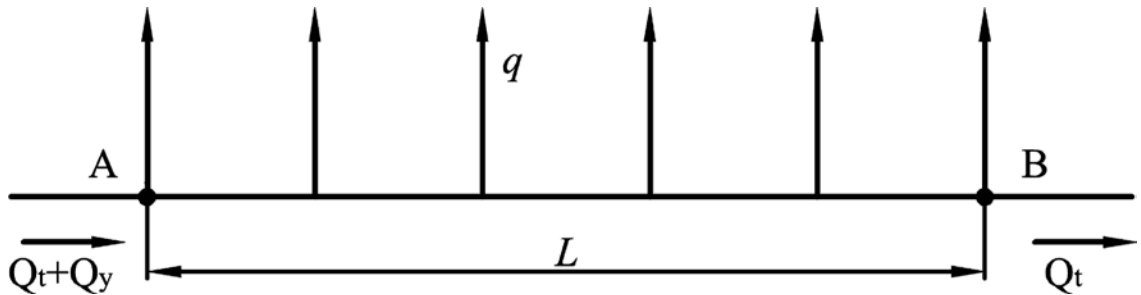
Bir çox hallarda neft və ya neft məhsulları kəmərləri xüsusi istismar şəraitinə malik olurlar. Buna misal olaraq, atqı və qoşqu xətləri olan kəmərləri

göstərmək olar. Belə ki, kəmərin trası boyu tələbatçıları təmin etmək məqsədilə kəmərdə atqı xətləri, əgər hər hansı bir yerdə kəmərdə neft mədəni rayonundan keçirsə, onda çıxarılan nefti həmin kəmərdə vurmaq üçün kəmərdə qoşulan xətdən istifadə olunur.

İstər atqı, istərsə də qoşqu xətləri fasiləsiz və fasiləli işləyən xətlər ola bilər. Fasiləsiz atqı xətləri tras boyu yerləşən neftayırma zavodlarını təmin etmək üçün, fasiləli atqılar isə adətən, neft məhsulları kəmərlərində mövcud olmaqla əsasən yaxın neft bazalarının tutumunu doldurmaq üçün tətbiq olunur. Qoşqu xətlərinin fəaliyyəti də neft yatağının gücündən asılı olaraq fasiləsiz və fasiləli ola bilər.

Fasiləsiz olaraq atqı və qoşqu xətləri olan neft kəmərlərinin hesabını ayrı-ayrı sahələr üzrə aparmaq olar. Əgər atqı və qoşqunun həcmi çox kiçikdirsə, onda kəmərin hesabında onları nəzərə almamaq olar. Ancaq nəzərə almaq lazımdır ki, fasiləli olan hal üçün bu hal nasos stansiyalarının işini tənzimləməyi zəruri edir.

Şəkil 4.20-də fasiləsiz atqı xətləri olan neft kəməri hissəsinin sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 4.20. Atqı xətləri olan neft kəmərinin sxemi

Bu AB hissəsinin uzunluğunu ℓ , ondan keçən tranzit sərfi Q_t , yol boyu atqı xətlərindən keçən cəm sərfi isə Q_y qəbul etsək, sonuncunun atqı xətləri üzrə bərabər paylanması şərtinə əsasən $q = Q/\ell$ yazmaq olar ($Q = Q_t + Q_y$).

Əgər kəmərdə neftin axını kvadratik sürtünmə zonasında baş verirsə, onda fasiləsiz atqı xətləri olan neft kəmərinə basqı itkisini aşağıdakı ifadəyə əsasən hesablamaq olar:

$$h = \frac{1}{k^2} \left(Q_t^2 + Q_t \cdot Q_y + Q_y^2 + \frac{Q_y^3}{3} \right)$$

burada k – sərf modulu olub verilmiş ΔH basqısı üçün $k = \frac{Q}{\sqrt{\frac{\Delta H}{l}}}$.

Yol boyu ayrı-ayrı hissələrdə, hər atqı xəttindən sonra sərf azaldığı üçün hərəkət rejimləri müxtəlif olur. Ona görə də hesabat hər hissə üçün ayrılıqda aparılmalıdır. Bütün hallarda nəql rejimi nasos stansiyalarının işi ilə tənzimlənə bilər.

İstismar zamanı nəql şəraitinin dəyişməsi (sərfin dəyişməsi, hər hansı bir stansiyanın işdən çıxması və s.) neft kəmərinin normal iş rejiminin pozulmasına gətirib çıxara bilər. Məsələn, bir stansiyada kavitasiyaya, digərlərində təziqin buraxılabilən qiymətdən çox olmasına səbəb ola bilər. Bu o deməkdir ki, neft kəmərinin ayrı-ayrı sahələrində buraxma qabiliyyəti müxtəlif olacaqdır. Bu zaman nasos stansiyalarının işinin razılaştırılması və ya kəmərin ayrı-ayrı hissələrində buraxma qabiliyyətinin bərabərləşdirilməsi tənzimləmə ilə əldə edilir. Tənzimləmə nəticəsində gərək stansiyalardan əvvəl olan basqıaltıları buraxılabilən həddən $\Delta H_{b,b}$ az, basqılar isə buraxılabilən basqıdan $H_{b,b}$ çox olmasın.

Tənzimləmə zamanı nasos stansiyasında basqı ilə yanaşı eyni vaxtda sərf də dəyişir. Tənzimləmə pilləli (nasos qurğularının işdən dayandırılması) və səlis ola bilər. Səlis tənzimləmə aşağıdakı üsullardan birinin köməyi ilə həyata keçirilə bilər:

- nasosun və ya mühərrikin fırlanma tezliyini dəyişməklə;

- vurucu kollektordan neft axınının bir hissəsini sorucu boruya yönəltməklə;

- axının droselləşdirilməsi ilə.

İş rejiminin bir və ya bir neçə qurğuların işdən dayandırılması ilə tənzimlənməsi iqtisadi cəhətdən ən əlverişli üsul hesab edilir. Bu tənzimləmə üsulu bir nasosun yaratdığı basqı qədər basqını azaltmaq tələb olunduğu halda tətbiq olunur. Lazım olan basqı və sərfin qiymətlərinə nail olmaq üçün pilləli tənzimləmə səlis tənzimləmə ilə başa çatdırılmalıdır. Elektrik mühərrikinin fırlanma tezliyini dəyişməklə olan tənzimləmə demək olar ki, hal-hazırda tətbiq olunmur. Bu onunla bağlıdır ki, mövcud olan sxemlər hələ ki, çox mürəkkəbdir və xeyli bahadır. Nasosun fırlanma tezliyini dəyişməklə tənzimləmə xüsusi maqnit muftaları və hidromuftalar vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Yoxlama sualları

- 1. Neft kəmərlərinin texnoloji hesablanması hansı məsələləri həll edir?***
- 2. Neft kəmərlərinin hidravliki hesablanması üçün ilkin verilənlər nələr hesab edilir?***
- 3. Boru kəməri trasının sıxlaşdırılmış profili nə deməkdir və nə məqsədlə qurulur?***
- 4. Boruda axın rejimləri necə müəyyən edilir?***
- 5. Kvadratik sürtünmə zonasının mahiyyəti nədən ibarətdir?***
- 6. Ümumiləşmiş Leybenzon və Darsi-Veysbax düsturları nə üçündür?***
- 7. Hidravliki maillik nədir? Onun həndəsi, fiziki mahiyyəti necə izah edilir?***

8. *Lupinqli və qoşqu (böyük diametrlı boru hissəsi) olduqda hidravliki maillik necə dəyişir?*
9. *Yerli müqavimət nədir və necə təyin olunur?*
10. *Magistral neft kəmərlərində sürtünməyə sərf olunan, yoxsa yerli müqavimət itkisi çox olur?*
11. *Aşırım nöqtəsi və kəmərlər üçün hesabi uzunluq nədir?*
12. *Boru kəməri üçün $(H - Q)$ xarakteristikası necə qurulur?*
13. *Nasos stansiyası ilə boru kəmərinin cəm xarakteristikasının qurulmasında məqsəd nədir? Bu xarakteristikaların hansı analitik ifadələrini bilirsiniz?*
14. *Nasosun $(H - Q)$ xarakteristikasına mayenin sıxlığı, yoxsa özlülüüyü daha çox təsir göstərir və səbəbi nədədir?*
15. *Nasosun $(H - Q)$ xarakteristikasını dəyişmək mümkündürmü?*
16. *Magistral neft kəmərlərində əsas nasoslarla yanaşı köməkçi-basqıaltılı nasoslardan istifadə olunması niyə zəruridir?*
17. *Ardıcıl və paralel birləşmiş nasoslarla təchiz olunan nasos stansiyasının $(H - Q)$ xarakteristikası necə qurulur?*
18. *Nasos stansiyalarının sayı necə təyin edilir və onlar kəmərin trasi boyu necə yerləşdirilir?*
19. *Basqılar balansı tənliyini yada salın və onun nəyi ifadə etdiyini izah etməyə çalışın.*
20. *Nə üçün deyilir ki, nasos stansiyaları və boru kəməri vahid hidravliki sistem kimi qəbul olunur?*
21. *Neft kəmərlərinin buraxma qabiliyyətini hansı üsullarla artırmaq olar?*
22. *Lupinqin hesablanmasında məqsəd nədir?*
23. *Neft kəməri üçün optimal diametr anlayışı nə deməkdir?*

24. Neft kəmərlərinin istismarı zamanı nasos stansiyalarının iŖ rejiminin tənzimlənməsi zərurəti hansı səbəblərdən doęur və hansı üsullarla həyata keçirilir?