

DƏNİZ MÜHİTİNDƏ MAILİ VƏZİYYƏT ÜZRƏ YERLƏŞMİŞ DƏRİN SALINAN SƏRT KATEQORİYALI SİLİNDRİK FORMALI SVAY DAYAQLARIN DAXİLİ QÜVVƏLƏRİN TƏYİN OLUNMASINA HESABLANMA METODU

Yüklərin boşaldılması, yüklənmə prosesi və yüklərin dövriyyəsi işləri üçün dəniz mühitinin dayaz zonaları üzrə yanalma növü qurğular daha çox tətbiq olunurlar. Belə qurğular dəniz şəraitinin bu cür zonalar üzrə liman növü qurğular şəklinə tətbiq edilir. Dəniz sahillərində limanda tikilən qurğularda həlqə formalı kəsikli qabiq şəkilli, qazılma-tökülmə, vurulma metodu ilə tikilə bilən “kesson” tipli sərt svay dayaqlarının tətbiq olunmasına təcrübədə həmişə rast gəlinir.

Silindrik formalı sərt kateqoriyalı svay dayaqlarının ən çoxunun metal materialından və dəmir-beton konstruksiyadan hazırlanması DHTQ-də məlumdur. Belə svay dayaqlarının funksiyası sahildəki yanalmaların hidro-texniki qurğuları kimi dəniz dibində bərkidilməsi önəmlidir.

Bir cinsli qruntun mühitində maili vəziyyətdə dərin salınmış silindrik formalı sərt kateqoriyalı svaylar üst uc hissəsinin yerləşmə səviyyəsi üzrə N şaquli və Q üfüqi qüvvələrinin birlikdə təsirinin nəticəsində horizontal yerdəyişmələr edir. Qrunt mühitinin belə maili dayaqlarının yan üzrlərindən sürtünmə və ilişkənlik müqavimətinin təsirlərini svay dayaqlarının dəniz dibindən istər yuxarı, istərsə

də aşağı ucunadək olan yerləşdirilmə dəqiqliyini və svayın yerləşmə mövqeyinə görə dəniz suyunun dərinliyini nəzərə alsaq, dənizin dib səviyyəsindən ixtiyari dərinlik boyunca qrunt mühitinin reaktiv müqavimətinin intensivliyini (şəkil 1). Hesabi Fuss-Vinklerin modelinə görə tapmaq olar [1]:

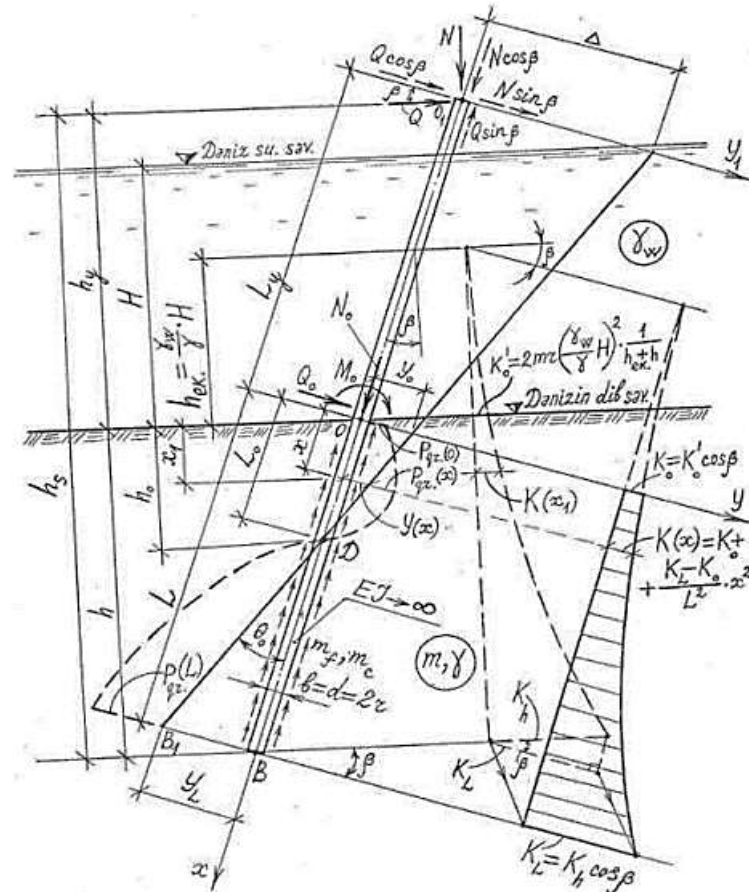
$$P_{qr}(x) = -[K(x)Y(x) + m_f x + m_c] \quad (1)$$

burada: $K(x)$ -qrunt mühitinin plastiki və elastiki xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla dərinlik üzrə reaktiv müqavimət intensivliyinin parabolik qanunla dəyişdiyi qəbul edilir:

$$K(x) = K_0 + \frac{K_L - K_0}{L^2} x^2 \quad (2)$$

dəniz dibinin səviyyəsində qrunt mütənin sərtlik əmsalı olub, aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\begin{aligned} K_0 &= \frac{I}{h + h_e} m b h_{ek}^2 \cos \beta = \\ &= \frac{2mr}{\frac{\gamma_w}{\gamma} H + L \cos \beta} \frac{\gamma_w^2}{\gamma^2} H^2 \cos \beta \end{aligned} \quad (3)$$



Şəkil 1. Dəniz mühitində tətbiq olunan maili vəziyyətdə yerləşmiş sərt kateqoriyaya malik silindrik svay dayaqlarının üfüqi yerdəyişməyə hesablanma sxemi.

m - qrun təbəqələrinin sərtlilik parametri, $t.q/m^4$; b - Svay dayağının hesabi eni olub sərt svayların silindrik formalı olduğunu nəzərə almaqla diametrinin $d < 1,0$ m qiymətlərində $b = d = 2r$ götürülür; r – svay üzülünün eninə kəsiyi boyunca radiusu; h_{ek} – Dəniz mühitindəki suyun ağırlıq yükündən yaranan təsirin bünövrəni təşkil edən qrunla əvəz olunan ekvivalent dərinlik olub, dənizin dərinliyinə görə aşağıdakı kimi tapılır:

$$h_{ek} = \frac{\gamma_w}{\gamma} H \quad (4)$$

h - svayın yeraltındakı hissəsində dəniz dibindən yerləşdiyi dərinliyi:

$$h = L \cos \beta$$

γ_w, γ - dəniz suyunun və svayın yerləşdiyi qrun təbəqəsinin müvafiq olaraq həcmi çəkisi, $t.q/m^3$; H – dəniz suyunun baxılmış yerdəki (svay dayağının tətbiq edildiyi) dərinliyi; β - svayın maili vəziyyətində qaldırılan xəttə (dənizin dib xəttinə perpendikulyar

istiqamət üzrə yönəlmiş) görə meyl olunma bucağı; K_L – svayın aşağıdakı ucunun səviyyəsində olan eyni cinsli qrun təbəqəsinin sərtlilik əmsalı olub, aşağıdakı düsturla təyin edilir (şəkil 1).

$$\begin{aligned} K_1 &= K_h \cos \beta = \frac{1}{h_{ek} + h} \times \\ &\times mh(h_{ek} + h)^2 \cos \beta = \\ &= 2mr \left(\frac{\gamma_w}{\gamma} H + L \cos \beta \right) \cos \beta \end{aligned} \quad (5)$$

L – svayın yeraltı hissəsi üzrə maili vəziyyətdə yerləşmə uzunluğu; $\gamma(x)$ - sərt kateqoriyaya malik svay dayağının dəniz dibindən ixtiyarı x_L – məsafəsində svay üzülünün maili vəziyyətində yerləşmiş istiqamət üzrə x dərinliyi daxilində svayın oxuna perpendikulyar yönəlmiş xəttin boyunca yerdəyişməsidir [2]:

$$Y(x) = Y_0 - \theta_0 x \quad (6)$$

Y_0 – dəniz dibinin səviyyəsi boyunca svayın

mərkəzi oxuna normal istiqamətdə yerləşmiş xətt üzrə deformasiyasıdır; θ_0 – svayın əyilmiş oxundakı başlanğıc yerdəyişmə vəziyyətinə D nöqtəsi ətrafındakı dönmə bucağıdır; m_f – svayın ətrafındakı yerləşmiş qrunut layının xüsusi sürtünmə müqaviməti, t.q./m²; m_c – svay dayağının dərinlik üzrə əhatə olunan qrunutun ilişənli xüsusiyyətindən yaranmış müqavimət əmsalıdır, t.q/m.

(3) və (5) ifadələrini (2) düsturunda yerinə yazdıqda bu düsturu aşağıdakı şəkildə ifadə edə bilərik:

$$(x) = (a_0 + a_L x^2) \cos \beta \quad (7)$$

burada:

$$a_0 = \frac{2mr}{\frac{\gamma_w}{\gamma} H + L \cos \beta} \left(\frac{\gamma_w}{\gamma} H \right)^2, \left[\frac{t.q}{m^2} \right]$$

$$a_L = \frac{2mr}{L \wedge 2 \left(\frac{\gamma_w}{\gamma} H + L \cos \beta \right)} \times$$

$$\times \left[\left(\frac{\gamma_w}{\gamma} H + \cos \beta \right)^2 - \left(\frac{\gamma_w}{\gamma} H \right)^2 \right], \left[\frac{t.q}{m^2} \right] \quad (8)$$

(6) və (7) ifadələrini (1)-də nəzərə aldıqda qrunut mühitinin reaktiv müqavimətini təyin etməkdən ötrü aşağıdakı düstur əldə olunur:

$$P_{qr}(x) = -a_0 Y_0 \cos \beta -$$

$$-a_L Y_0 x^2 \cos \beta + a_0 \theta_0 x \cos \beta +$$

$$+a_L \theta_0 x^3 \cos \beta - m_f x - m_c \quad (9)$$

Dəniz dibindən başlayaraq maili svay dayağının oxu üzrə istənilən x dərinliyi boyunca əyilən moment və kəsilmə qüvvənin ifadələrini aşağıdakı kimi yazmaq olar (şəkil 1):

$$M(x) = M_0 + Q_0 x + N_0 \theta_0 x +$$

$$+ \frac{1}{2} q_G \theta_0 x^2 + \int_0^x P_{qr}(z)(x-z) dz \quad (10)$$

$$Q(x) = Q_0 + q_G \theta_0 x + \int_0^x P_{qr}(z) dz \quad (11)$$

harada ki, M_0 – dəniz dibinin səviyyəsində svayın en kəsiyi üzrə yaranan əyici momentdir:

$$M_0 = Q h_y + N h_y \operatorname{tg} \beta = (Q + N \operatorname{tg} \beta) h_y \quad (12)$$

Q_1 və N_0 – svay özülünün oxuna perpendikulyar və ox boyunca dəniz dibinin səviyyəsi üzrə təsir göstərən qüvvələr olub, aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$Q_0 = Q \cos \beta + N \sin \beta;$$

$$N_0 = N \cos \beta - Q \sin \beta, \quad (13)$$

h_y – svayın yuxarıdakı ucunun səviyyəsində dəniz dibində yerləşmə hündürlüyü olub, yerüstündəki hissəsi üzrə L_y uzunluğundan asılı olaraq

$$h_y = L_y \cos \beta \quad (14)$$

ifadəsi ilə təyin olunur; q_0 – svayın vahid uzunluğu üzrə təsir göstərə biləcək çəkisi:

$$q_G = \frac{G}{L + L_y} \quad [t.q/m],$$

G – svay dayağının çəkisidir, [t.q.].

(9), (10) və (11) düsturlarında nəzərə almaqla integrallama proseslərini yerinə yetirməklə bu düsturlar aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$M(x) = M_0 + Q_0 x + N_0 \theta_0 x +$$

$$+ \frac{1}{2} q_G \theta_0 x^2 - Y_0 \frac{1}{2} \left(a_0 + \frac{1}{6} a_L x^2 \right) \times$$

$$\times x^2 \cos \beta + \frac{1}{2} \theta_0 \left(\frac{1}{3} a_0 + \frac{1}{10} a_L x^2 \right) \times$$

$$\times x^3 \cos \beta - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} m_f x + m_c \right) x^2 \quad (15)$$

$$M(x) = M_0 + Q_0 x + N_0 \theta_0 x +$$

$$+ \frac{1}{2} q_G \theta_0 x^2 - Y_0 \frac{1}{2} \left(a_0 + \frac{1}{6} a_L x^2 \right) \times$$

$$\times x^2 \cos \beta + \frac{1}{2} \theta_0 \left(\frac{1}{3} a_0 + \frac{1}{10} a_L x^2 \right) \times$$

$$\times x^3 \cos \beta - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} m_f x + m_c \right) x \quad (16)$$

Bununla da (1) ÷ (16) ifadələri dəniz şəraitində dərinə salınmış mütləq-sərt svayların maili yerləşmə vəziyyətində möhkəmləndirmə məsələsi kimi istənilən kəsikdə əyən moment və kəsən qüvvə tapılmış olar.

Y_0 və θ_0 məchul parametrlərinin tapılmasından ötrü svay dayağının aşağıdakı olan sərbəst ucunda həm əyici c momentin və həm də kəsici qüvvənin qiymətinin sıfıra bərabər olma şərtlərindən istifadə etmək lazımdır [3]:

$$M(L)=0; \quad Q(L)=0, \quad (17)$$

(15) və (16) ifadələrində $x=L$ olduqda (17) tənliklər sistemi aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$M(L) = -Y_0 \left(a_0 + \frac{1}{6} a_L L^2 \right) L^2 \cos \beta + \\ + \theta_0 \left[N_0 L_0 + \frac{1}{2} q_G L^2 + \frac{1}{2} \theta_0 \left(\frac{1}{3} a_0 + \frac{1}{10} a_L L^2 \right) L^3 \cos \beta \right] + M_0 + Q_0 L - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} m_f L + m_c \right) L^2 = 0; \quad (18)$$

$$Q(L) = -Y_0 \left(a_0 + \frac{1}{3} a_L L^2 \right) L \cos \beta + \\ + \theta_0 \left[q_0 L + \frac{1}{2} \left(a_G + \frac{1}{2} a_L L^2 \right) L^3 \cos \beta \right] + \\ + Q_0 - \left(\frac{1}{2} m_f L + m_c \right) L = 0$$

Müəyyən işarələmələr qəbul edildikdə (18) tənliklər sistemi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$C_1 Y_0 - D_1 \theta_0 = E_1; \quad C_2 Y_0 - D_2 \theta_0 = E_2; \quad (19)$$

$$C_1 = \frac{1}{2} \left(a_0 + \frac{1}{6} a_L L^2 \right) L^2 \cos \beta;$$

$$C_2 = \frac{1}{2} \left(a_0 + \frac{1}{3} a_L L^2 \right) L^2 \cos \beta$$

$$D_1 = N_0 L + \frac{1}{2} q_0 L^2 + \\ + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} a_0 + \frac{1}{10} a_L L^2 \right) L^3 \cos \beta \quad (20)$$

burada:

$$D_2 = q_0 L + \frac{1}{2} \left(a_0 + \frac{1}{2} a_L L^2 \right) L^3 \cos \beta$$

$$E_1 = M_0 + Q_0 L = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} m_f L + m_c \right) L^2$$

$$E_2 = Q_0 \frac{1}{2} \left(m_f L + m_c \right) L$$

Tənliklər sistem iki Y_0 və θ_0 məchul parametrlərinə nəzərən həll edəriksə,

$$Y_0 = \frac{D_1 E_1 - D_1 E_2}{C_1 D_2 - C_1 D_1}; \quad \theta_0 = \frac{C_1 E_1 - C_1 E_2}{C_1 D_2 - C_1 D_1} \quad (21)$$

Təklif olunan hesablama metodu qaz və neft sənayəsində dəniz mühitinin yanılma növlü tikintilərdə tətbiq olunan mütləq-sərt svay dayaqlarını deformasiyaya tam olaraq hesablamağa imkan yarada bilər. Hesablama metodunun alınmış nəticələrindən istifadə edilməklə svay dayaqlarının ixtiyari kəsiyində ki, yerdəyişmələri, istər əyici moment, istərsə də kəsici qüvvəni və digər tələb olunan parametrləri tapmaq olar:

$$h_0 = L_0 \cos \beta = \frac{Y_0}{\theta_0} \cos \beta = \\ = \frac{D_1 E_1 - D_1 E_2}{C_2 E_1 - C_1 E_2} \cos \beta \quad (22)$$

Maili vəziyyət üzrə yerləşən svay dayağının mərkəzi oxu istiqamətində yönələn uzununa $N_{0,böh}$ böhran yükünü tapmaq üçün (21) ifadələrindəki kəsrlərin eyni qayda ilə ifadə olunmuş məxrəc ifadələrinin sıfıra bərabər olma şərtindən istifadə edilir:

$$C_1 D_2 - C_2 D_1 \quad (23)$$

(23) düsturunu aşağıdakı şəkildə də yazmaq olar:

$$C_1 D_2 = C_2 D_1 \quad (24)$$

(24) tənliyində C_1, C_2, D_1 və D_2 sabitlərinin (20)-dəki ifadələrini nəzərə almaqla bu tənlik aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$\frac{1}{2} \left(a_0 + \frac{1}{6} a_L L^2 \right) L^2 \cos \beta \left[q_0 L + \frac{1}{2} \left(a_0 + \frac{1}{2} a_L L^2 \right) L^3 \cos \beta \right] = \left(a_0 + \frac{1}{3} a_L L^2 \right) L \cos \beta \left[N_0 L + \frac{1}{2} q_0 L^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} a_0 + \frac{1}{10} a_L L^2 \right) L^3 \cos \beta \right] \quad (25)$$

(25) düsturunda $N_0, böh$. qüvvəsini müəyyən riyazi prosesləri aparmaqla tapmaq olar:

$$N_{0,b\ddot{o}h.} = \frac{1}{2\left(a_0 + \frac{1}{3}a_L L^2\right)} \left(a_0 + \frac{1}{6}a_L L^2\right) \times \\ \times L \left[\left(q_0 L + \frac{1}{2}a_L L^2\right) L^2 \cos \beta\right] - \\ - a_0 + \frac{1}{3}a_L L^2 \times \\ \times \left[\left(q_G L^2 + \left(\frac{1}{3}a_0 + \frac{1}{10}a_L L^2\right) L^3 \cos \beta\right)\right] \quad (26)$$

Dəniz dibindən başlamaqla h_y – hündürlüyü boyunca maili yerləşən silindrik formalı sərt kateqoriyaya malik svay özülünün üst tərəfdəki uc hissəsinə təsir edən boyuna qüvvənin $N_{b\ddot{o}h}$ tapmaq üçün (13) tənliklərinin ikinci yazılmış ifadəsindən istifadə olunmalıdır [4]. Belə ki, bu tənlikdə N_0 qüvvəsinin $N_{0,b\ddot{o}h}$ və N qüvvəsini isə $N_{b\ddot{o}h}$ qüvvəsi ilə əvəz olunmaqla həmin tənlik aşağıdakı kimi yazılır:

$$N_{0,b\ddot{o}h.} = N_{b\ddot{o}h.} \cos \beta - Q \sin \beta \quad (27)$$

(26) ifadəsini (17) tənliyində yerinə yazıldıqda $N_{b\ddot{o}h}$ - nın tapılmasından ötrü tam düstur aşağıdakı formada yazıla bilər:

$$N_0 = Q \operatorname{tg} \beta + \frac{1}{2\left(a_0 + \frac{1}{3}a_L L^2 \cos \beta\right)} \times \\ \times \left(a_0 + \frac{1}{6}a_L L^2\right) L \left[q_G L + \frac{1}{2}a_L L^2 - \right. \\ \left. \times (L^2 \cos \beta)\right] \left(a_0 + \frac{1}{3}a_L L^2\right) \times \\ \times \left[\left(q_G L^2 + \left(\frac{1}{3}a_0 + \frac{1}{10}a_L L^2\right) L^3 \cos \beta\right)\right] \quad (28)$$

(22) ifadəsinə əsasən məlum olur ki, maili yerləşmiş silindrik formalı sərt kateqoriyaya malik svay dayağının dəniz dibindən başlamaqla sıfır yerdəyişməyə malik nöqtənin yerləşən h_0 - dərinliyi, dənizdə suyun H dərinliyindən və dənizdəki suyun γ_w həcmi çəkisindən qrunut mühitinin sərtlik parametrlərindən (m), en kəsiyi r radiusuna malik olan svayın yan üzələrinə sürünmə (m_f) və ilişənlik (m_f) parametrlərindən asılı olaraq təyin edilir.

(26) və (28) düsturlarında $N_{0,b\ddot{o}h}$ və $N_{b\ddot{o}h}$ qüvvələrinin maili vurulan svay dayağının salınma dərinliyi boyunca qrunut təbəqənin sürünmə və ilişənliyinin qiymətlərindən asılı olaraq tapılma məsələsi öz həllini tapır.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov K.M., Musayev Z.S., Məmmədov M.K. Dəniz neft-qaz mədən hidrotexniki qurğuları. Bakı, "Təhsil" NPM, 2004, 308 s.
2. Abbasov R.F., Məmmədov K.M., Musayev Z.S. Dəniz hidrotexniki qurğuları, neftin, qazın saxlanması və nəqli. Bakı, ARDNŞ-nin Mərkəzləşdirilmiş Mətbəəsi, 2010, 448 s.
3. Ибрагимов А.М. Нертегазопромысловые гидротехнические сооружения, Москва, Недра, 1996
4. СНиП2.01.07-85. Нагрузки и воздействия.

XÜLASƏ

Dəniz mühitində maili vəziyyətdə yerləşdirilmiş mütləq-sərt svay dayaqlarının istənilən kəsiyində daxili qüvvələrin təyininə hesablanma metodikası işlənmişdir. Boyuna böhran qüvvəsini tapmaq üçün zəruri ifadələr alınmışdır.

Açar sözlər: reaktiv müqavimət, qrunutun sürünmə və ilişənlik müqaviməti, ekvivalent dərinlik, əyici moment, boyuna böhran qüvvəsi.

РЕЗЮМЕ

Разработано методика определение внутренних сил в любой сечении абсолютных собственных опора расположенной морской среды. Получено важные формулы для определения продольно-критические силы.

Ключевые слова: реактивные сопротивления, сопротивление трению и укрепление грунта, эквивалентная глубина, изгибающий момент, продольно-критическая сила.

SUMMARY

A technique has been developed for determining the internal forces in any section of the absolute hard pile supports of the located marine environment. Important formulas for determining the longitudinal-critical forces are obtained.

Key words: *reactive resistance, friction resistance and soil insulation, equivalent depth, bending moment, longitudinal critical force.*

Məqaləyə AzMIU-nun “Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi” kafedrasının dosenti V.V. Məmmədova rəy vermişdir.