

UOT 627.223.6

MUSAYEV Z.S., HƏSƏNOV E.E., MÜRSƏLOV A.Ə., ƏLƏKBƏROV A.H.

 $A_z M \dot{U}$

DƏMİR-BETON DİVARLI DƏNİZ YANALMA QURĞULARININ DAYANIQLIĞA HESABLANMA METODİKASI VƏ DİVARIN OPTİMAL YERLƏŞMƏ DƏRİNLİYİNİN TƏYİNİ

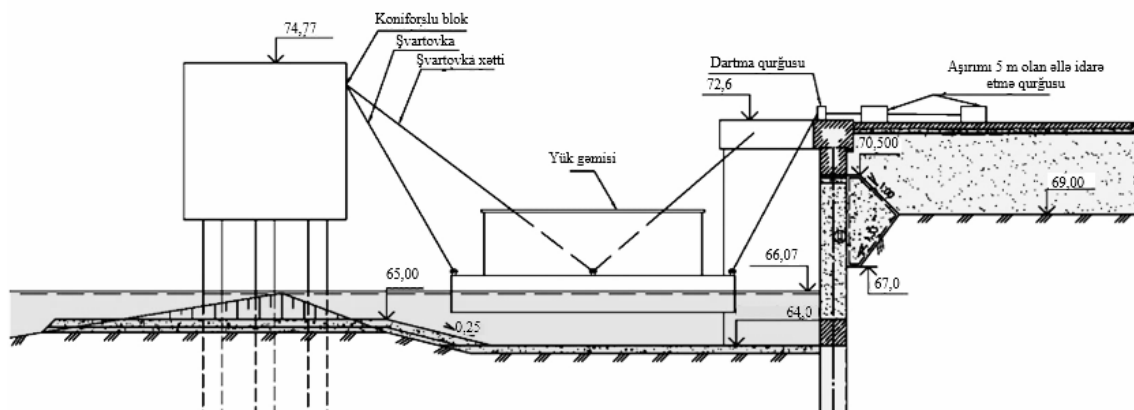
Giriş. Dəniz yanalma qurğuları yükləmə və ya yük boşaltma prosesində gəmilərin təhlükəsiz vəziyyətdə dayanmasını təmin etmiş olur. Həmin qurğulara sahilyanı divarlar, pirsilər, reydlər yanalma konstruksiyaları və ya buylar daxildir. İnşaat materialına görə isə həmin qurğular qədim dövrlərdə ağacdən tikilmiş, müasir dövrdə isə dəmir-betondan və daşdan tikilir[1].

Müəyyən yanalma divarları (şəkil 1) aid olduqları dəniz donanmalarındakı tətbiqinə görə xüsusi əhəmiyyətli olurlar. Məsələn, Kronştadtda yerləşən Sapand-Ağzı, Londondakı Baklers-Hard, San-Fransiskodakı Fişermans-Varf tanınmış yanalma divarlarındanır. Belə yanalma qurğularındakı divarlar dənizdən sahilə doğru gələn dalğaları da dəf etmə (geri qaytarma) qabiliyyətinə malik olurlar. Şaquli divara çırpılan dalğalar sıçrayışdan sonra su kütləsinin qalxaraq quru əraziyə düşməməsi üçün divarlar elə hündürlükdə olmalıdır ki, dalğa divarı aşıb, tikilinin üst hissəsini yumasın [2].

Şaquli dəmir-beton divarlı yanalma qurğusunun en kəsik konstruksiyası şəkil 2-də göstərilmişdir. Göründüyü kimi yanalma qurğusundan gəmilərin istifadə edə bilməsi üçün dənizdən divara doğru 1,0 m dərinləşdirmə işləri aparılmış və dənizin təbii vəziyyətdəki dibindən $m=4,0$ yamaqlıq əmsalı ilə bu işlər yerinə yetirilmişdir [3].



Şəkil 1. Dəniz yanalma qurğusu divarının ümumi görünüşü

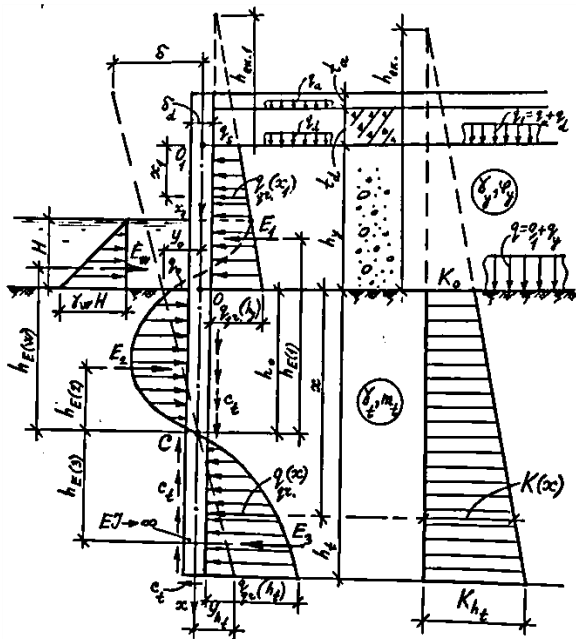


Şəkil 2. Yanalma qurğusu üzrə divarın və digər üst tikililərin en kəsik konstruksiyası

Divarın dərinləşdirilmiş dəniz dibindən tam hündürlüyü 6,5 m olmaqla, üstündə hündürlüyü 2,1 m olan tavr en kəsikli dəmir-beton tir yerləşdirilmişdir. Bu tirin üst səviyyəsində sahildəki yer səthinə qədər 3,0 m qalınlığında dəmir-beton özül, onun üzərində isə qalınlığı 60 sm olan hazırlıq qatları ilə birlikdə asfalt örtüyü çəkilmişdir. İstismar dövrü belə yanalma qurğusunun quru ərazidəki konstruksiyalarının çökməməsi və şaquli divarının aşmaması onun etibarlı vəziyyətində işləməsinin əsas təminatçısıdır.

Tədqiqatın məqsədi. Qurğunun en kəsik konstruksiyası əsasında hesablanma sxeminə görə yanalma qurğusunun yuxarı və aşağı ucları sərbəst götürülmüş şaquli sətir divarın aşmaya görə dayanıqlığa yoxlanılması və divarın dəniz dibindən optimal yerləşdirilmə dərinliyinin təyin olunması aparılan nəzəri tədqiqatların məqsədi hesab edilir.

Tədqiqatın gedişatı. Qəbul edilmiş hesablanma sxeminə (şəkil 3) görə yanalma qurğusunun şaquli divarının arxasındakı dəniz dibindən yuxarıda tökmə və aşağıdakı təbii qruntların müvafiq h_y və h_t dərinliklərində bircinsli olduqları nəzərə alınmaqla, bu qrunut təbəqələrinin səthlərinə düşən daimi və müvəqqəti yüklər müntəzəm götürülür.



Şəkil 3. Yanalma qurğusunun şaquli divarının aşmaya görə dayanıqlığa hesablanma sxemi

Tökmə qrunut təbəqəsinin səthinə hazırlıq qatı ilə birlikdə asfalt örtüyündən düşən yük q_a olarsa, onda təbəqə səthində yerüstü qrunutu əvəzləyən ekvivalent qrunutun hündürlüyü $h_{ek.1} = \frac{(q_a + q_y)}{\gamma_y} = \frac{q_1}{\gamma_y}$ olar. Həcmi çəkisi γ_y olan tökmə qrunutun səth səviyyəsində aktiv təzyiqin ordinatı olar:

$$q_s = q_{qr}(h_{ek.1}) = \gamma_y h_{ek.1} \operatorname{tg}^2 \times \left(45^\circ - \frac{\varphi_y}{2}\right) = \lambda_a \cdot (q_a + q_y), \quad (1)$$

burada: φ_y - yerüstü (tökmə) qrunutun daxili sürtünmə bucağı; λ_a - aktiv təzyiqini xarakterizə edən əmsaldır:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_y}{2}\right). \quad (2)$$

Tökmə qrunutun səthindən ixtiyari x_1 dərinliyində və dib səviyyəsindəki h_y dərinliyində (1) ifadəsinə əsasən aktiv təzyiqin ordinatları aşağıdakı düsturlarla tapıla bilər:

$$q_{qr}(x_1) = q_s + \gamma_y x_1 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_y}{2}\right) = \lambda_a \cdot (q_a + q_d + \gamma_y x_1) \quad (3)$$

$$q_{qr}(h_y) = q_s + \gamma_y h_y \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_y}{2}\right) = \lambda_a \cdot (q_a + q_d + \gamma_y h_y) \quad (4)$$

Dənizin su səviyyəsindən dərinləşdirilmiş dib səviyyəsindəki H dərinliyi daxilində su səthindən hər hansı h_s dərinliyində ($0 \leq h_s \leq H$) sətir şaquli divara qrunutun aktiv və suyun hidrostatiki təzyiqlərinin birgə təsirindən $h_y - H \leq x_1 \leq h_y$ intervalında yekun yük intensivliyini aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$q(x_1) = q_{qr}(x_1) - q_w(h_s) = \lambda_a \cdot (q_a + q_d + \gamma_y x_1) - \gamma_w h_s \quad (5)$$

Dənizin dibi səviyyəsindəki yekun yük intensivliyi isə aşağıdakı düsturla tapılar:

$$q_0 = q(h_y) = \lambda_a \cdot (q_a + q_d + \gamma_y h_y) - \gamma_w H \quad (6)$$

Analoji yolla təbii qrunun səth səviyyə-sindən yuxarıdakı ekvivalent dərinlik $h_{ek.} = \frac{q_a + q_d + q_y}{\gamma_t} = \frac{q}{\gamma_t}$ ifadəsi ilə tapılmış olar.

Harada ki, $q_y = \gamma_y h_y$, $q_1 = q_a + q_d$ və $q = q_1 + q_y$ olur.

Yeraltı təbii qrunun (həcmi çəkisi γ_t olan) sərt divar konstruksiyasına göstərdiyi reaktiv müqavimətini sərtlik əmsalı xətti qa-nunla dəyişən Fuss-Vinkler modeli əsasında qəbul etmək olar:

$$q_{qr}(x) = -K(x)Y(x) = -\left[K_0 + \frac{1}{h_t}(K_{ht} - K_0)x\right]Y(x) \quad (7)$$

burada: K_0 - təbii qrunun səth səviyyəsində sərtlik əmsalıdır və aşağıdakı düsturla hesab-lanır:

$$K_0 = m_t b_d h_{ek.} = m_t b_d \frac{q}{\gamma_t} \quad (8)$$

m_t - təbii qrunun sərtlik göstəricisi, tq/m^4 ; b_d - sərt divarın inşaat bloku üzrə hesabi eni; K_{ht} - təbii qrunun səthindən ixtiyari x dərinliyində sərt divarın mərkəzi oxunun üfüqi yerdəyiş-məsi:

$$K_{ht} = m_t b_d (h_{ek.} + h_t) = m_t b_d \left(\frac{q}{\gamma_t} + h_t\right) \quad (9)$$

$Y(x)$ - təbii qrunun səthindən ixtiyari x dərinliyində sərt divarın mərkəzi oxunun üfü-qi yerdəyişməsi:

$$Y(x) = Y_0 - \theta_0 x, \quad (10)$$

Y_0 və θ_0 - divarın tökmə və təbii qrunla-rın kontakt səthindəki üfüqi yerdəyiş-məsi və dönmə bucağıdır.

(8), (9) və (10) ifadələrini (7) düsturunda yerinə yazsaq, alırıq:

$$q_{qr}(x) = -m b_d \left(\frac{q}{\gamma_t} + x\right)(Y_0 - \theta_0 x) = m_t b_d \left[\theta_0 x^2 - \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t}\right)x - Y_0 \frac{q}{\gamma_t}\right] \quad (11)$$

Y_0 və θ_0 parametrlərini tapmaq üçün tök-mə və təbii qrunların kontakt səthindəki şə-r-tindən istifadə etmək olar. Tökmə qrunun tam dərinliyi (h_y) səviyyəsində (5) ifadəsinə əsasən sərt şaquli divara təsir göstərən yekun

yükün intensivliyi olar:

$$q_{(h_y)} = \lambda_a (q_a + q_d + \gamma_y h_y) - \gamma_w H \quad (12)$$

Təbii qrunun səthi səviyyəsində divara göstərdiyi reaktiv müqavimət isə (7) ifadəsin-də $x=0$ qiymətini nəzərə almaqla tapılır:

$$q_{qr}(0) = -m_t b_d \frac{q}{\gamma_t} Y_0 \quad (13)$$

Qrunların kontakt səthindəki sərhəd şərtinə görə $q_{qr}(0) = q(h_y)$ olur ki, (12) və (13) ifadələrinin sağ tərəflərinin bərabərliyindən alınan tənlik Y_0 məchul parametrinə görə həll edildikdə, həmin parametr aşağıdakı düsturla tapıla bilər:

$$Y_0 = \frac{q}{m_t b_d \gamma_t} [\gamma_w H - \lambda_a (q_a + q_d + \gamma_y h_y)] \quad (14)$$

Sərt divar konstruksiyasının mərkəzi oxu-nun sıfır üfüqi yerdəyişməli "C" nöqtəsi ətra-fında dönmə bucağı (θ_0) tökmə qrun mühiti-nin təsirindən divarda yaranan kəsici qüvvəni

$Q_{qr}(x) = m_t b_d \left[\theta_0 x^2 - \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t}\right)x - Y_0 \frac{q}{\gamma_t}\right]$ ifadə-sində divarın aşağı ucunda $Q_{qr}(h_t) = 0$ şərtindən θ_0 parametrini təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$\theta_0 = \frac{3Y_0}{h_t \left(2h_t + 3\frac{q}{\gamma_t}\right)} \cdot \left(h_t + \frac{q}{\gamma_t}\right) \quad (15)$$

Divarın mərkəzi oxunun "C" nöqtəsinin qrunların kontakt səthindən yerləşmə dərin-liyi $q_{qr}(x) = 0$ şərtini (11) düsturunda nəzərə almaqla, əldə olunan tənliyin həllindən tapılır

$$\theta_0 x^2 - \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t}\right)x - Y_0 \frac{q}{\gamma_t} = 0 \quad (16)$$

(16) tənliyini həll etməklə, h_0 dərinliyi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$x = h_0 = \frac{1}{2\theta_0} \left[Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t} + \sqrt{\left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t}\right)^2 + 4Y_0 \theta_0 \frac{q}{\gamma_t}} \right] \quad (17)$$

pDəniz yanalma qurğusunun dayanıqlı ol-
ması, şaquli sərt divarın “C” dönmə nöqtəsi-
nə görə aşmaya görə dayanıqlılığın təmin olun-

masından asılıdır. Şəkil 3-də göstərilən hesab-
lama sxeminə əsasən divarın aşmaya görə
dayanıqlıq əmsalı aşağıdakı düsturla təyin
edilir [4]:

$$K_{a\gamma} = \frac{\sum M_{sax.}}{\sum M_{a\gamma}} = \frac{E_w h_{E(w)} + E_2 h_{E(2)} + E_3 h_{E(3)} + c_t b_d \delta_d (2h_t - h_0)}{E_1 h_{E(1)}} \geq [K_{a\gamma}], \quad (18)$$

Harada ki, $[K_{a\gamma}]$ - aşmaya dayanıqlıq əmsalı-
nın həddi (yolverilən) qiyməti: $[K_{a\gamma}] = 1,3$;
 c_t - təbii qrunun ilişkənlik intensivliyi,
 $t \cdot q/m^2$; δ_d - şaquli sərt divarın qalınlığı;

E_1 və $h_{E(1)}$ - tökmə qrunun divara aktiv
təzyiq qüvvəsi və bu qüvvənin “C” aşma nöq-
təsinə nəzərən qolu olub, aşağıdakı düstur-
larla hesablanırlar:

$$E_1 = b_d \int_0^{h_y} q_{qr}(x_1) dx_1 = \lambda_a b_d (q_a + q_d + \gamma_y x_1) dx_1 = \lambda_a b_d \left(q_a + q_d + \frac{1}{2} \gamma_y h_y \right); \quad (19)$$

$$h_{E(1)} = h_0 + \frac{\frac{1}{2} q_s h_y^2 + [q_{qr}(h_y) - q_s] \frac{1}{6} h_y^2}{\frac{1}{2} [q_{qr}(h_y) + q_s] h_y} = h_0 + \frac{1}{3} h_y \left[1 + \frac{q_s}{q_{qr}(h_y) + q_s} \right]; \quad (20)$$

E_2 və E_3 - təbii qrunun reaktiv təzyiq
qüvvələrinin divar oxunun sıfır yerdəyişməli
nöqtəsindən (C) yuxarıdakı və aşağıdakı qiy-
mətləri olub, aşağıdakı ifadələrlə tapılırlar:

$$E_2 = \int_0^{h_0} q_{qr}(x) dx = m_t b_d \theta_0 x^2 - \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t} \right) x - Y_0 \frac{q}{\gamma_t} \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t} \right) x - Y_0 \frac{q}{\gamma_t} dx = m_t b_d \left[\frac{1}{3} \theta_0 h_0^2 - \frac{1}{2} \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t} \right) h_0 - Y_0 \frac{q}{\gamma_t} h_0 \right] \quad (21)$$

$$E_3 = \int_{h_0}^h q_{qr}(x) dx = m_t b_d \int_{h_0}^h \left[\theta_0 x^2 - \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t} \right) x - Y_0 \frac{q}{\gamma_t} \right] dx = m_t b_d \left[\frac{1}{3} \theta_0 (h_t - h_0)^2 - \frac{1}{2} \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t} \right) (h_t - h_0) - Y_0 \frac{q}{\gamma_t} (h_t - h_0) \right] \quad (22)$$

$h_{E(2)}$ və $h_{E(3)}$ - qrunun reaktiv təzyiq qüv-
vələrinin aşma nöqtəsinə nəzərən qolları
olub, qrafiki yolla təyin edirlər (şəkil 3);
 E_w və $h_{E(w)}$ - hidrostatiki təzyiq qüvvəsi və
bu qüvvənin qoludur:

$$E_w = \frac{1}{2} \gamma_w H^2 b_d, \quad (23)$$

$$h_{E(w)} = \frac{1}{3} H + h_0. \quad (24)$$

Sərt şaquli divarın dəniz dibindən təbii
qrununda optimal yerləşmə dərinliyini (h_t)
tapmaq üçün aşmaya görə dayanıqlıq şərtinin
(18) ifadəsindən istifadə edirik:

$$E_w h_{E(w)} + E_2 h_{E(2)} + E_3 h_{E(3)} + c_t b_d \delta_d (2h_t - h_0) = K_{a\gamma} E_1 h_{E(1)} \quad (25)$$

(19)÷(24) ifadələrini (25) tənliyində nə-
zərə almaqla, axtarılan h_t dərinliyinin opti-
mal qiymətini tapmaq üçün həmin tənliyi aşağı-
dakı formaya gətiririk:

$$m_t b_d h_{E(3)} \left[\frac{1}{3} \theta_0 (h_t - h_0)^2 - \frac{1}{2} \left(Y_0 - \theta_0 \frac{q}{\gamma_t} \right) (h_t - h_0) - Y_0 \frac{q}{\gamma_t} (h_t - h_0) \right] + K_{a\gamma} E_1 h_{E(1)} - E_2 h_{E(2)} - E_w h_{E(w)} = 0 \quad (26)$$

(26) tənliyini h_t -dən asılı $f_1(h_t) = f_2(h_t)$
funksiyalarının bərabərliyi şəklində göstər-
məklə h_t -nin axtarılan qiymətini “EXCEL”
proqramından istifadə etməklə tapmaq olar.

Hesablama metodikası dəniz yanalma,
liman hidrotexniki qurğularının şaquli divar-
ları ilə yanaşı, istinad divarları və çay məcra-
larının sahillərini mühafizə edən dəmir-beton
bəndləri aşmaya görə dayanıqlılığa yoxlamağa
imkan verir.

NƏTİCƏ

Dəniz yanalma qurğularının şaquli vəziyyətdə yerləşən sərt kateqoriyalı divarının dayanıqlığa hesablanması üçün əsas təsir qüvvələri yerüstü vəziyyətdə tökmə qrunun və dəniz suyunun hidrostatiki təzyiqlərinin, yeraltı vəziyyətdə isə təbii qrunun reaktiv müqavimətinin təsirlərindən yaranan qüvvələr kimi götürülmüşdür. Divarın təbii qrun daxilində dönmə nöqtəsinə nəzərən aşmaya görə dayanıqlığa hesablanma ifadəsi alınmış və divarın bu qrunnda optimal yerləşmə dərinliyini tapmaq üçün "EXCEL" proqramı vasitəsilə həll edilə bilən tənlilik əldə olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Abasov R.F., Məmmədov K.M., Musayev Z.S. Dəniz hidrotexniki qurğuları, neftin, qazın saxlanması və nəqli. Bakı: "ARDNŞ" - in mətbəəsi, 2010, 448 s.
2. Məmmədov K.M., Musayev Z.S., Məmmədov M.K. Dəniz neft-qaz mədən hidrotexniki qurğuları. Bakı: "Təhsil NPM", 2004, 308 s.
3. <http://anl.az/el/kitab/2019/12/cd/Ar2019-959.pdf>
4. Məmmədov K.M., Musayev Z.S. Hidrotexniki qurğular. Bakı: "Təhsil NPM", 2006, 406 s.

XÜLASƏ

Dəniz sahillərində tətbiq olunan yanalma qurğusunun vizual görüntüsü və en kəsik konstruksiyası elmi məqalədə göstərilibdir. Qrun mühitinin yanalma qurğusunda şaquli vəziyyətdə yerləşmiş sərt dəmir-beton divarına göstərdiyi reaktiv müqavimətin intensivliyi Fuss-Vinkler modeli əsasında xətti qanunla qəbul edilib. Divarın aşmaya görə dayanıqlığa yoxlanılması üçün əsasən şərt göstərilərək, təbii qrun mühitində yerləşmə vəziyyətini müəyyən etməkdən ötrü optimal dərinliyinin təyin olunma tənliyi əldə edilibdir.

Açar sözlər: yanalma qurğuları, sərt şaquli divar, qrunun reaktiv müqaviməti, dayanıqlıq əmsalı, optimal yerləşdirilmə dərinliyi.

РЕЗЮМЕ

В статье даны схемы поперечного сечения, а также визуальные изображения морских причальных сооружений. Для расчета интенсивность реактивного сопротивления грунтовой среды на железобетонные причальных сооружений была использована модель Фусса-Винклера изменяющаяся по линейному закону. Получена расчетная формула-для условия устойчивости на опрокидывание вертикальной стенки в условиях естественной грунтовой среды.

Ключевое слова: причальные сооружения, жестко-вертикальная стенка, реактивное сопротивление грунта, коэффициент устойчивости, оптимальная глубина расположения в грунте.

SUMMARY

The visual image and cross-sectional construction of the mooring facility applied on the sea coast is shown in the scientific article. The intensity of the reactive resistance of the soil environment to the hard reinforced concrete wall located in the vertical position in the mooring facility was accepted by the linear law based on the Fuss-Winkler model. The basic condition for checking the stability of the wall due to overturning was indicated, and the equation for determining its optimal depth was obtained for determining the location of the wall in the natural soil environment.

Keywords: mooring facilities, rigid vertical wall, soil reactive resistance, coefficient of stability, optimal embedment depth.

Məqaləyə AzMİU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti, t.ü.f.d. V.V. Məmmədova rəy vermişdir.