

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ**

Əlyazması hüququnda

BAYRAM MIRAZİM OĞLU ASLANOV

**STASİONAR DƏNİZ PLATFORMALARDA TƏTBİQ
OLUNAN SƏRT VƏ ÇEVİK DAYAQLARIN
HESABLANMA ÜSULLARININ TƏDQİQİ**

İxtisas: 3305.08 – "Hidrotexniki tikinti"

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyasının

AVTOREFERATI

BAKİ – 2018

İş Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: t.ü.f.d., prof. **K.M. Məmmədov**

Rəsmi opponentlər: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin professoru,
t.e.d., prof. **H.Q.Feyziyev**

Azərbaycan Meliorasiya və Su Təsərrüfatı ASC-nin “Elm, layihə, tikinti və xarici əlaqələr” şöbəsində müdir müavini,
t.ü.e.n., dos. **T.Ə.Qasımov**

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Hidrotexnika və Meliorasiya Elmi İstehsalat Birliyi, hidrotexniki qurğular laboratoriyası

Müdafiə “_____” _____ 2018-ci il tarixdə saat _____-da Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində fəaliyyət göstərən D 02.042 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az. 1073/1, Bakı şəh., A. Sultanova küç. 11, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, 2-ci tədris korpusu, iclas zalı, otaq 104.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “_____” _____ 2018-ci ildə göndərilmişdir.

D 02.042 Dissertasiya Şurasının Elmi katibi,
f.r. üzrə fəlsəfə doktoru, dosent:

A.M.İSAYEV

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Zəngin neft və qaz yataqlarının mənimsənilməsi xüsusi tipli hidrotexniki qurğuların – stasionar dəniz platformalarının tikintisi ilə qırılmaz surətdə bağlıdır. Stasionar platformalar Xəzər dənizinin müxtəlif dərinliklərində olduqca mürəkkəb hidrometeoroloji, geoloji, hidrogeoloji, seysmiki və digər şəraitdə yaradılır. Bu qurğular dənizdə müəyyən işçi meydançalar yaratmağa xidmət edir ki, bu meydançalarda müəyyən sayda neft quyuları qazmaq üçün tələb olunan texnoloji avadanlığı, qazma qurğusunu, işçi heyətini, helikopter meydançasını və digər hissələri layihələndirmək üçün istifadə olunur. Stasionar platformalar dəniz dibinə sərt və çəvik svay dayaqları vasitəsilə bərkidilir. Baxılan statiki və dinamik kontakt məsələlərin həlli dissertasiya işində öz aktuallığı ilə seçilir. Bu məsələlərin həlli riyazi baxımdan da böyük maraq doğurur. Çünki, bir çox hallarda dörd tərtibli dəyişən əmsallı adi diferensial tənliklərin həllini tələb edir və bu məqsədlə müxtəlif təxmini üsullardan istifadə edilir.

Neft-qaz sənayesinin inkişafı ilə bağlı tikilən hər bir yeni qurğu və onlara dair aparılan yeni hesablama metodikaları çox vacibdir. Ona görə də dissertasiya işinin mövzusunu aktual hesab etmək olar.

Dissertasiya işinin məqsədi. Tədqiqat işlərini yerinə yetirməkdə məqsəd sərt svay dayaqlarını üfüqi yerdəyişmələrə və məcburi rəqslərə, çəvik svay dayaqlarını isə eninə, boyuna-eninə əyilməyə və sərbəst əyilmə rəqslərinə yeni metodika ilə hesablama metodikasının işlənməsindən ibarətdir.

Elmi yeniliklər. Dissertasiya işinin elmi yenilikləri aşağıdakılardır:

- qrunt mühitinin sərtlik əmsalının dərinlik boyunca parametrik qeyri-xətti qanunla dəyişən halında prizmatik mütəlq-sərt svayların şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanma üsulu;
- sərt konik svay dayaqlarının deformasiyaya hesablanma metodikası;
- dəniz mühitinin də təsiri nəzərə alınmaqla sərtlik əmsalı dərinlik üzrə parametrik qeyri-xətti qanunla dəyişən bircinsli qrunt mühitində stasionar platformalarda tətbiq olunan sərt svay dayaqlarının üfüqi yerdəyişmələrə hesablanma üsulu;
- mərkəzi şaquli yük daşıyan dərin salınan çəvik svay dayaqlarının dayanıqlığa hesablanma metodikası;
- ikitəbəqəli qrunt mühitinin evivalent qeyri-xətti qanunla dəyişən sərtlik əmsalı epüründən istifadə etməklə, çəvik svay dayaqlarının

boyuna-eninə əyilməyə hesablanma metodu;

- dərin salınan sərt svay dayaqlarının yuxarı ucuna üfqi vibrasiya yükü təsir etdikdə, məcburi rəqslərə hesablanması və rezonans halı üçün rəqsi hərəkətin tezliyinin təyini;
- stasionar platformaların dərin salınan çevik dayaqlarının sərbəst əyilmə rəqslərinin hesablanma metodikası;
- boyuna qüvvə və zamana görə eksponensial qanunla dəyişən vibrasiya yüklərinin təsirindən çevik svay dayaqlarının məcburi rəqslərinin xüsusi həllinin qurulması.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində tədqiq edilmiş məsələlərin nəticələri dəniz neft-qaz hidrotexniki qurğularının müxtəlif geoloji şəraitdə layihələndirilməsində geniş tətbiq edilə bilər. İstər sərt və istərsə də çevik dayaqların maksimum üfqi yerdəyişməsinə görə dayağa bünövrə səthi səviyyəsində təsir edən həddi üfqi yükün təyini praktiki baxımdan olduqca əhəmiyyətlidir.

Alınmış nəticələrin etibarlılığı. Yerinə yetirilmiş tətqiqat işləri təcrübədə sınaqan keçirilmiş və geniş aprobeziya olunmuş modellərə əsaslanmışdır. Alınan nəticələrin bir çoxu digər müəlliflərin nəticələri ilə müqayisə edilmiş və xüsusi hallarda üst-üstə düşmüşdür.

Müdafiəyə çıxarılan məsələlər:

- Üfqi və şaquli qüvvələrin birgə təsirinə məruz qalan dərin salınmış sərt svay dayaqlarının üfqi yerdəyişmələrə hesablanma üsulu.
- Stasionar dəniz platformalarında tətbiq olunan çevik svay dayaqlarının deformasiyaya hesablanma metodikası.
- Dərin salınan sərt svay dayaqlarının yuxarı ucu səviyyəsində üfqi vibrasiya yükünün təsirindən, məcburi rəqslərə hesablanması.
- Dərin salınan çevik dayaqların sərbəst əyilmə rəqslərinin hesablanma metodikası və tezlik spektrlərinin təyini.
- Dəniz stasionar platformalarında tətbiq edən çevik svay dayaqlarının məcburi rəqslərə hesablanma üsulları.

İşin aprobeziyası. Dissertasiya işinin əsas məzmunu, alınmış yeni nəticələr Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “Hidrotexniki qurğular və hidravlika” kafedrasının elmi seminarlarında (Bakı, 2013-2015) məruzə və müzakirə edilmişdir.

Nəşr edilmə. Dissertasiya işinin əsas məzmunu və alınmış nəticələr nəşr edilmiş 8 (səkkiz) elmi məqalədə əks olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, beş fəsil, nəticələr və 160 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 182 səhifədən, o cümlədən 24 şəkil və 6 cədvəldən ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, işin məqsədi, elmi yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti, alınmış nəticələrin etibarlılığı və müdafiəyə çıxarılan məsələlər qeyd olunur.

I fəsil dəniz neft-qaz mədən hidrotexniki qurğularında tətbiq olunan sərt və çevik dayaqaların mövcud hesablanma üsullarının araşdırılmasına həsr olunmuş, dəniz neft-qaz mədən hidrotexniki qurğuları və onların dayaq konstruksiyaları haqqında ümumi məlumatlar verilmişdir. Kontinental şelf qurğularına düşən yüklər və onların yaratdıqları təsirlər müxtəlifliyinə görə araşdırılmışdır.

Dəniz hidrotexniki qurğularının dərin salınan dayaqlarının mövcud hesablanma üsulların təhlili edilmişdir. Dayağın üfüqi yerdəyişməsindən bünövrə səthi səviyyəsində qruntda plastiki deformasiya yaranmasını nəzərə alaraq, İ.V. Urban qrunzun sərtlik əmsalının dərinlik boyunca dəyişməsinə xətti qanunla qəbul etmişdir.

N.K. Snitko, K.M. Məmmədov, N.A.Səfərova, Əhmədian Hüseyn, A.Ə. Mürsəlov və V.V.Məmmədova svay dayaqlarının üfüqi yüklərə hesablanmasında qrunut mühitinin üfüqi sərtlik əmsalının dərinlik boyunca dəyişməsinə müxtəlif formalarda təklif ediblər. Svay dayaqlarının statiki və dinamiki təsirlərə hesablanmasında V.V. Mironov, H.M. Fərəcov, N.A. Səfərova qrunut mühitinin sərtlik əmsalının svayın yeraltı hissəsində dəyişməsinə parametrik qeyri-xətti qanunla qəbul etmişlər.

Çevik svay dayaqlarının elastiki yarım fəza moldeli əsasında hesablanma üsulu ilə ilk dəfə B.N. Jemoçkin və N.M. Gersevanov tərəfindən təklif edilmişdir. Lakin müəlliflərin təklif etdiyi hesablama üsulunun nəticələri mövcud eksperimental nəticələrdən kəskin şəkildə fərqli alınmışdır. Qeyd edilən modellə yanaşı qrunut mühitində işləyən və elastiki qrunut bünövrəyə söykənən konstruksiyaların hesablanmasında M.Ə.Hacıyev, M.T.Axundovanın konstruksiyaların yerləşmə dərinliyi üzrə qrunut mühitinin qeyri-bircins yarım fəza, S.S.Vyalovun sonlu qalınlıqlı təbəqə, İ.M.Filonenko-Borodiçin “Membran” tipli, İ.A.Simvulidi, M.İ.Qorbunov-Posadovun elastiki yarım müstəvi, P.L.Pasternakın iki yataq əm-

sallı S.A.Rivkinin kombinasiya edilmiş çoxparametrlı modelləri öz tətbiqi əhəmiyyətini tapmışdır. M.Ə.Hacıyev və M.T.Axundovanın modeli əsasında dərin salınan konstruksiyaların eninə əyilməsi xətti və qeyri-xətti diferensial tənliklərin həllinə gətirilmişdir. Dəniz neft-qaz mədəni qurğularının dərin salınan çəvik dayaqlarına boyuna qüvvə təsirini də nəzərə almaqla məcburi rəqslərinin hesablanması, indiyədək vibrasiya yükünün zamandan asılı olaraq dəyişməsi sinusoidal qanunla qəbul edilmişdir. Lakin, bu yükün zamana görə eksponensial qanunla dəyişməsi ilə tədqiqatlar aparılmamışdır. Dissertasiyada dərin salınan svay dayaqlarının statiki və dinamiki təsirləri nəzərə alınmaqla yeni hesablama metodikalarının nəzəri yolla işlənməsinə üstünlük verilməsi bu fəsildə əsaslandırılmışdır.

II fəsildə stasionar dəniz platformalarında tətbiq olunan sərt dayaqların üfüqi və şaquli qüvvələrin təsirinə hesablanma üsulları təklif edilmişdir. Dərin salınan platforma dayaqlarının statiki və dinamiki təsirlərə hesablanması hesabı-mexaniki modelin seçilmişdir ki, təklif olunan yeni məsələlərin müxtəlif qanunlarına əsaslanan Fuss-Vinkler modelinə üstünlük verilmişdir.

Stasionar dəniz platformalarında tətbiq olunan mütləq-sərt dayaqların şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanma metodikası işlənməmişdir. Qrunt mühitinin sərtlik əmsalı parametrik qeyri-xətti qanunla dəyişən şəkildə qəbul olunmaqla (şəkil 1) Y_0 və θ_0 parametrləri aşağıdakı kimi tapılmışdır:

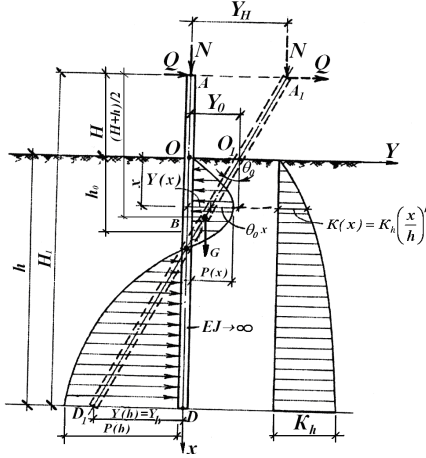
$$\left. \begin{aligned} Y_0 &= \frac{Q}{K_h h^2} (\beta + 1)(\beta + 2)^2 (\beta + 3) \left(\frac{h}{\beta + 3} - \frac{\bar{N} \bar{h}}{K_h h^2} \right); \\ \theta_0 &= \frac{Q}{K_h h^2} (\beta + 2) \left[(\beta + 2)^2 - \frac{\bar{N} \bar{h}}{K_h h^3} (\beta + 2)^2 (\beta + 3) - 1 \right]. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

burada $\bar{N} = N + 0,5 G$; $\bar{h} = H + h$.

Sərt svay dayaqının sıfır yerdəyişməli kəsiyin dəniz dibi səthi səviyyəsindən yerləşmə dərinliyini hesablamaq üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$h_0 = \frac{(\beta + 1)(\beta + 2)(\beta + 3) \left(\frac{h}{\beta + 3} - \frac{\bar{N} \bar{h}}{K_h h^2} \right)}{(\beta + 2)^2 - \frac{\bar{N} \bar{h}}{K_h h^3} (\beta + 2)^2 (\beta + 3) - 1}. \quad (2)$$

Dəniz mühitində tikilən stasionar platformaların svay dayaqları, müəyyən layihələndirilmə prinsipləri əsasında dəniz dibindən hər hansı H hündürlüyündə şaquli (N) və üfüqi (Q) qüvvələrinin təsirini qəbul edir (şəkil 2).



Şəkil 1. Mütləq-sərt svay dayağının şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanma sxemi.

Y_0 və θ_0 - in məlum qiymətlərindən istifadə etməklə, dayağın sıfır yerdəyişməli nöqtəsinin yerləşmə dərinliyini aşağıdakı düsturla hesablayırıq:

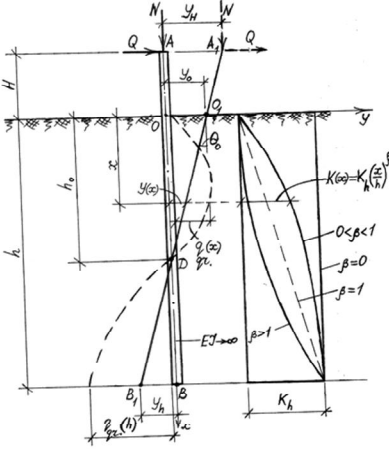
$$h_0 = \frac{Y_0}{\theta_0} = \frac{(\beta + 1) \left[h^2 (\beta + 2) + hH(\beta + 3) - \frac{\bar{N}h_p}{K_h h} (\beta + 2)(\beta + 3) \right]}{(\beta + 3)[h(\beta + 1) + H(\beta + 2)]}. \quad (3)$$

Boyuna böhran qüvvəsini tapmaq üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

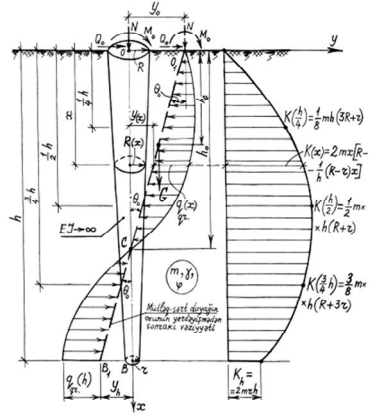
$$N_{buh} = \frac{l}{h + H} \cdot \frac{2 K_h h^3}{(\beta + 2)^2 (\beta + 3)} - 0,5 G \quad (4)$$

Stasionar platformalarda tətbiq olunan konik sərt dayaqların dəniz dibindən ixtiyari x dərinliyindəki en kəsiyinin radiusu isə aşağıdakı düsturla tapılır (şəkil 3):

$$R(x) = r + (R - r) \left(1 - \frac{x}{h} \right) \quad (5)$$



Şəkil 2. Yerüstü hissəyə malik sərt svay dayağının yerdəyişməyə hesablanma sxemi.



Şəkil 3. Dəniz hidrotexniki qurğularında tətbiq olunan konik sərt svay dayaqlarının üfüqi yerdəyişmələrə hesablanma sxemi

Fuss-Vinkler modeli əsasında konik sərt dayağın ixtiyari dərinlikdə əyici moment və kəsic qüvvə aşağıdakı ifadələrlə təyin edilmişdir:

$$\left. \begin{aligned}
 M(x) &= M_0 + Q_0 x + N\theta_0 x + G\theta_0 (x - h_G) + \int_0^x 2mY_0 \left[\frac{1}{h} (R-r)z - R \right] \times \\
 &\times z(x-z) dz + \int_0^x 2m\theta_0 \left[R - \frac{1}{h} (R-r)z \right] z^2 (x-z) dz = M_0 + Q_0 x + \\
 &+ \frac{mx^3}{3} \left[\frac{x}{2h} (R-r) - R \right] Y_0 + \left\{ \frac{mx^4}{2} \left[\frac{1}{3} R - \frac{x}{5h} (R-r) \right] + \right. \\
 &\quad \left. + [Nx + G(x - h_G)] \right\} \theta_0; \\
 Q(x) &= Q_0 + \int_0^x 2mY_0 \left[\frac{1}{h} (R-r)z - R \right] dz + \int_0^x 2m\theta_0 \left[R - \frac{1}{h} (R-r)z \right] z^2 dz = \\
 &= Q_0 + mx^2 \left[\frac{2x}{3h} (R-r) - R \right] Y_0 + mx^3 \left[\frac{2}{3} R - \frac{x}{2h} (R-r) \right] \theta_0.
 \end{aligned} \right\} (6)$$

Boyuna böhran qüvvəsini ($N_{böh}$) tapmaq üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$N_{böh} = \frac{mh^3}{2} \left[\frac{1}{6} \frac{(R+r)(R+3r)}{R+2r} - \frac{1}{5} \left(\frac{2}{3} R + r \right) \right] - G \left(1 - \frac{h_G}{h} \right). \quad (7)$$

Dəniz dibi səviyyəsində qruntda yaranan plastiki deformasiyanı nəzərə almaqla, stasionar platformalarda tətbiq olunan sərt dayaqların üfüqi yerdəyişmələrinin təyini üçün zəruri ifadələr əldə edilmişdir.

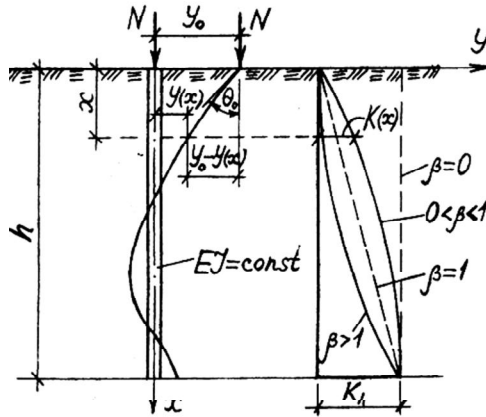
III fəsildə stasionar dəniz platformalarında tətbiq olunan çevik dayaqların deformasiyaya hesablanma metodikası işlənmişdir. Prizmatik çevik svayların yan səthlərində yaranan müqavimətləri əzərə almaqla şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanma üsulu verilmişdir.

Mərkəzi şaquli yük daşıyan dərin salınan çevik dayaqların (şəkil 4) dayanıqlığa hesablanma metodikasında Fuss-Vinkler modeli əsasında statiki kontakt məsələnin diferensial tənliyi aşağıdakı kimi ifadə edilmişdir:

$$Y^{IV}(x) = -v^2 Y''(x) - \bar{K}(x)Y(x), \quad (8)$$

burada: EJ – dayağın sabit əyilmə sərtlidir;

$$v^2 = \frac{N}{EJ}, [m^{-1}]; \quad \bar{K}(x) = \frac{K(x)}{EJ}, [m^{-4}]. \quad (9)$$



Şəkil 4. Stasionar platformaların dərin salınan çevik svay dayağının dayanıqlığına hesablanma sxemi.

(8) diferensial tənliyinə ümumi halda aşağıdakı başlanğıc sərhəd şərtləri daxilində baxılmışdır. $x=0$ olduqda:

$$Y(0) = Y_0; \quad Y'(0) = \theta_0; \quad Y''(0) = 0; \quad Y'''(0) = -v^2 \theta_0.$$

Riyazi ifadə olunmuş (8)-(9) kontakt məsələsinin həllinə qrunտ mühitinin sərtlik əmsalının dərinlik boyunca müxtəlif dəyişmə qanuna - uyğunluqlarında baxılmışdır.

Qrunտ mühitinin sərtlik əmsalı dayağın qrunta salınma dərinliyi boyunca sabit və ya integral-orta qiymətlə qəbul olunduqda (8) tənliyinin həlli aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$K(x) = K = K_{or} = const; \quad \bar{K}(x) = \frac{K}{EJ} = a = const.$$

Bu şərtləri (3.31) tənliyində nəzərə alsaq:

$$Y^{IV}(x) = -v^2 Y''(x) - aY(x)$$

alarıq. Bu tənliyi "sıralar üsulu" ilə həll etsək, alarıq:

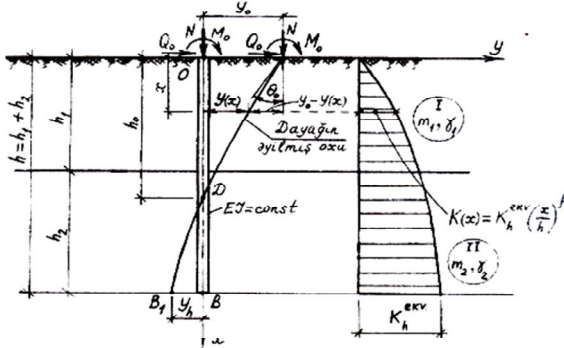
$$Y(x) = Y_0 F_1(x) + \theta_0 F_2(x). \quad (10)$$

$F_1(x)$ və $F_2(x)$ funksiyaları (10) tənliyinin bir-birindən xətti asılı olmayan xüsusi həlləri olub aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$\left. \begin{aligned} F_1(x) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a^n x^{4n}}{(4n)!} + a \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \times \frac{v^{2n} x^{2n+4}}{(2n+4)!} (n+1) + a^2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \\ &\times \frac{v^{2n} x^{2n+8}}{(2n+8)!} (n+1)(n+2) + a^3 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{v^{2n} x^{2n+12}}{(2n+12)!} [2(n^2+1)] + \dots; \\ F_2(x) &= x + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a^n x^{4n+1}}{(4n+1)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{v^{2n} x^{2n+1}}{(2n+1)!} + \\ &+ a \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{v^{2n} x^{2n+5}}{(2n+5)!} (n+1) + a^2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{v^{2n} x^{2n+9}}{(2n+9)!} \times \\ &\times (n+1)(n+2) + a^3 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{v^{2n} a^{2n+13}}{(2n+13)!} [2(n^2+1)] + \dots \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Dərin salınan çevik dayaqların birtəbəqəli və ikitəbəqəli qeyri-bircinsli qrunտ mühitində eninə əyilməyə hesablanma metodikasını üsulları işlənmişdir. İkitəbəqəli qrunտ mühitinin ekvivalent qeyri-xətti qanunla dəyişən sərtlik əmsalı epüründən istifadə etməklə, dərin salınan çevik dayaqların eninə-boyuna əyilməyə hesablanma metodikasında dayağın aşağı ucu səviyyəsində qrunտun sərtlik əmsalı aşağıdakı düsturla təyin edilmişdir (şəkil 5):

$$K_h^{ekv.} = \frac{b_h h_l}{h} \left[m_1 h_l + m_2 h_2 \frac{\gamma_1}{\gamma_2} (\beta + 1) + m_2 \frac{h_2^2}{h_l} \right], \quad (12)$$



Şəkil 5. İkitəbəqəli qrunt mühitində ekvivalent sərtlik əmsalı epüründən istifadə etməklə, dərin salınan çəvik dayağın eninə-boyuna əyilməyə hesablanma sxemi.

Çəvik dayağın boyuna-eninə əyilmədə diferensial tənliyi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\frac{d^4 Y(x)}{dx^4} = -a_{\beta, ekv.} x^{\beta} Y(x) - v^2 \frac{d^2 Y(x)}{dx^2}, \quad (13)$$

burada $v^2 = \frac{N}{EJ}$, $[m^{-2}]$; $a_{\beta, ekv.}$ - "dayaq-qrunt" sisteminin ekvivalent sərtlik göstəricisidir:

$$a_{\beta, ekv.} = \frac{K_h^{ekv.}}{h^{\beta} EJ}, [m^{-(4+\beta)}].$$

(13) tənliyinin həlli aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$Y_n(x) = Y_0 F_1(x) + \theta_0 F_2(x) + \frac{M_0}{EJ} F_3(x) + \frac{Q_0}{EJ} F_4(x). \quad (14)$$

(14) həllindəki $F_1(x)$ funksiyası aşağıdakı kimi tapılmışdır:

$$\left\{ \begin{aligned} & F_1(x) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_{\beta, ekv.}^n x^{n\beta+4n}}{(\beta+1) \cdots (\beta+4) \cdots [(n\beta+4n-3) \cdots (n\beta+4n)]^+} \\ & + a_{\beta, ekv.} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{v^{2n} x^{\beta+2n+4}}{(\beta+1) \cdot (\beta+2) \cdots (\beta+2n+4)} + a_{\beta, ekv.}^2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \\ & \times \frac{v^{2n} x^{2\beta+2n+8}}{(\beta+1) \cdots (\beta+2n+4) \cdot (2\beta+5) \cdots (2\beta+2n+8)} L_n + a_{\beta, ekv.}^3 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \times \\ & \times \frac{v^{2n} x^{3\beta+2n+12}}{(\beta+1) \cdots (\beta+2n+4) \cdot (2\beta+5) \cdots (2\beta+2n+8)(3\beta+9) \cdots (3\beta+2n+12)} M_n + \dots \end{aligned} \right. \quad (15)$$

IV fəsilə dəniz stasionar platformalarında tətbiq olunan dərin salınan dayaqların dinamiki təsirlərə hesablanma üsulları verilmişdir. Stasionar dəniz platformalarının yeraltı sərt və çəvik dayaqlarının dinamiki təsirlərə hesablanma üsulları işlənmişdir ki, dəyişən sərtlik əmsallı Fuss-Vinkler modelindən istifadə etdikdə müqavimət qüvvələrini nəzərə almaqla dəyişən əyilmə sərtlikli çəvik dayaqın sərbəst əyilmə rəqslərinin diferensial tənliyi ən ümumi halda aşağıdakı şəkildə ifadə edilmişdir:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[EJ(x) \frac{\partial^2 Y(x,t)}{\partial x^2} \right] + \bar{K}(x)b(x)Y(x,t) + \\ + m(x) \frac{\partial^2 Y(x,t)}{\partial t^2} + 2cm(x) \frac{\partial Y(x,t)}{\partial t} = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

Qruntun sərtlik əmsalının sabit olduğu hal üçün sərbəst rəqslərin baş formasının diferensial tənliyinin həlli və əsas funksiyalar aşağıdakı şəkildə alınmışdır:

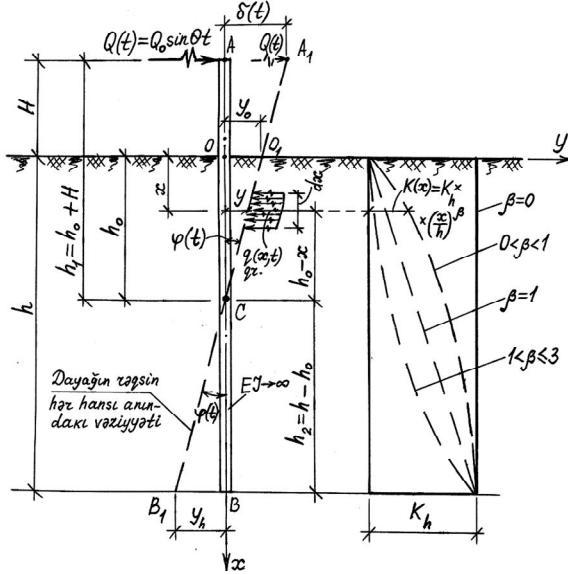
$$X_n(x) = Y_{0n} \Phi_1(x) + \theta_{0n} \Phi_2(x) + \frac{M_{0n}}{EJ} \Phi_3(x) + \frac{Q_{0n}}{EJ} \Phi_4(x), \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1(x) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\psi_0}{EJ} \right)^n \frac{x^{4n}}{(4n)!}; \\ \Phi_2(x) &= x + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\psi_0}{EJ} \right)^n \frac{x^{4n+1}}{(4n+1)!}; \\ \Phi_3(x) &= \frac{x^2}{2!} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\psi_0}{EJ} \right)^n \frac{x^{4n+2}}{(4n+2)!}; \\ \Phi_4(x) &= \frac{x^3}{3!} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\psi_0}{EJ} \right)^n \frac{x^{4n+3}}{(4n+3)!}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

burada: $\psi_0 = \omega_n^2 m - K$.

Mütləq-sərt svay dayaqlarının dinamiki yüklərin təsirindən məcburi rəqslərinin diferensial tənliyini almaq üçün dayaqın döndüyü C nöqtəsinə nəzərən bütün qüvvələrin momentləri cəminin sıfıra bərabər olma şərtindən istifadə edilmişdir (şəkil 6):

$$M_1(t) - M_2(t) + M_3(t) = 0. \quad (19)$$



Şəkil 6. Dərin salınan sərt svay dayağının məcburi rəqslərə hesablanma sxemi.

Məcburi rəqslərinin diferensial tənliyi aşağıdakı şəkildə alınmışdır:

$$\varphi''(t) + \omega^2 \varphi(t) = -q_0 \sin \theta t, \quad (20)$$

burada: ω - sərt svay dayağının məxsusi rəqslərinin tezliyi:

$$\omega = \sqrt{\frac{u}{s}}; \quad (21)$$

q_0 – dayaqda məcburi rəqsləri yaradan yükün amplitudu olub, aşağıdakı düsturla tapılır:

$$q_0 = \frac{Q_0}{s} (h_0 + H); \quad (22)$$

θ – dəniz mühitində dalğa və seysmiki yüklərin təsirindən yaranan məcburi rəqslərin tezliyidir.

(20) diferensial tənliyinin həlli məlumdur və aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\varphi(t) = \frac{q_0}{\omega^2 - \theta^2} \left(\sin \theta t - \frac{\theta}{\omega} \sin \omega t \right). \quad (23)$$

Qərarlaşmış məcburi rəqslərin hərəkət zamanı (23) həllindəki ikinci həddi nəzərdən atmaq olar:

$$\varphi(t) = \frac{q_0}{\omega^2 - \theta^2} \sin \theta t \quad (24)$$

Qrunt mühitinin sərtlik əmsalı inteqral-orta qiymətilə xarakterizə olunduqda, çevik dayaqların sərbəst rəqslərinin tezlik spektrinin təyini üçün ifadələr alınmışdır. Dərin salınan çevik dayağın məcburi və sərbəst əyilmə rəqslərinə hesablanma metodikası işlənmişdir.

Boyuna qüvvə və $q(x,t) = q(x)e^{-\theta t}$ şəklində vibrasiya yüklərinin təsirindən dərin salınan sabit sərtlikli çevik dayaqların məcburi rəqsləri dörd tərtibli qeyri-bircins diferensial tənliklə ifadə edilmişdir:

$$EJ \frac{\partial^4 Y(x,t)}{\partial x^4} + N \frac{\partial^2 Y(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\gamma F}{g} \frac{\partial^2 Y(x,t)}{\partial t^2} + K(x)Y(x,t) = q(x)e^{-\theta t} \quad (25)$$

(25) tənliyinin xüsusi həlli aşağıdakı şəkildə axtarılmışdır:

$$Y_{xüs.}(x,t) = Y(x)e^{-\theta t} \quad (26)$$

$Y_n(x)$ həllini dörd başlanğıc parametrlərə görə qruplaşdırılmaqla aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$Y_n(x) = Y_0 \Phi_1(x) + \theta_0 \Phi_2(x) + \bar{M}_0 \Phi_3(x) + \bar{Q}_0 \Phi_4(x) + \Phi_5(x), \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \Phi_1(x) = & 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda_{\theta}^n x^{4n}}{(4n)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a^n \frac{x^{5n}}{(5n)!} [l \cdot 6 \cdot 11 \cdot \dots \times \\ & \times (5n-4)] + v^2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\lambda_{\theta}^n x^{4n+2}}{(4n+2)!} (n+2) + a \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \times \\ & \times \frac{\lambda_{\theta}^n x^{4n+5}}{(4n+5)!} (2n^2 + 3n+1) + v^2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{a^n x^{5n+2}}{(5n+2)!} t_{1,n} + \dots; \end{aligned} \quad (28)$$

V fəsil təklif olunan hesablanma üsullarına aid ədədi misalların həllinə həsr edilmişdir. Dəniz mühitinin də təsiri nəzərə alınmaqla stasionar platformalarda tətbiq olunan sərt svay dayaqları üfqi yerdəyişmələrə və dayanıqlığa hesablanmış, əsas hesabi parametrlərin dərinlik üzrə epürləri qurulmuşdur.

Dəniz dibindən $h=15,0$ m dərinliyində vurulan konik sərt svay dayağının yerləşdiyi bircinsli qumlu gil quruntunun sərtlik göstəricisinin $m=200 \div 400=250t/m^4$ olduğunu bilərək, şaquli $N=120$ t, üfqi $Q_0=10t$ qüvvələrinin və topa $M_0=50t \cdot m$ momentinin təsirindən bu dayaq deformasiyaya və dayanıqlığa hesablanmış, sərt konik formalı svay dayağının yuxarı ucundakı oturacağına radiusu $R=0,8m$, aşağı ucundakı oturacağına radiusu $r=0,1m$, həcmi çəkisi isə $\gamma_b=2,4$ t/m³ götürülmüşdür.

Hesablamaların nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Sərt konik svayın dərinliyi üzrə hesabi parametrlərin təyin olunma cədvəli

Cədvəl 1

Əsas hesabi parametrlər	Konik sərt svayın dərinliyi üzrə götürülmüş kəsikləri (x, m)					
	0,0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0
K(x), t/m ²	0,0	990	1560	1710	1440	750
M(x), t·m	49,925	73,15	68,86	41,12	11,43	0,0
Q(x), t	10,0	3,646	-6,338	-11,023	-7,73	0,0
q _{qr} (x), t/m	0,0	-3,393	-2,77	-0,21	2,21	2,4

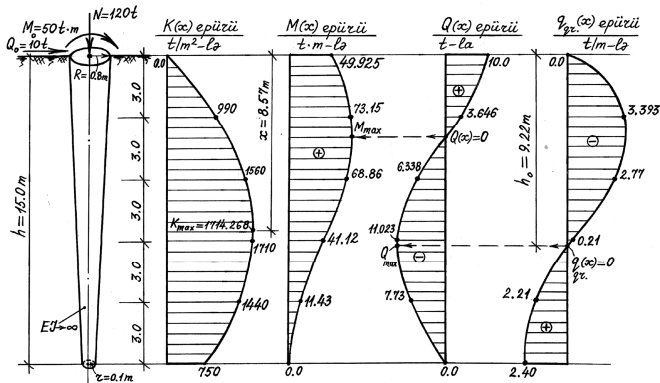
Cədvəl 1-in göstəricilərinə əsasən parametrlərin epürü qurulmuşdur (şəkil 7):

Dəniz hidrotexniki qurğularında tətbiq olunan dərin salınmış sərt silindrik dayaqların deformasiyaya hesablanmasına aid ədədi misal həll edilmişdir. Dərin salınan sərt svay dayaqları üçün məcburi rəqsi hərəkət zamanı rezonans hadisəsi yarada bilən tezliyin təyini məsələsinə baxılmış və qeyri-xəttilik parametrlərinə (β) görə θ tezliyi tapılmışdır (cədvəl 2).

Cədvəl 2.

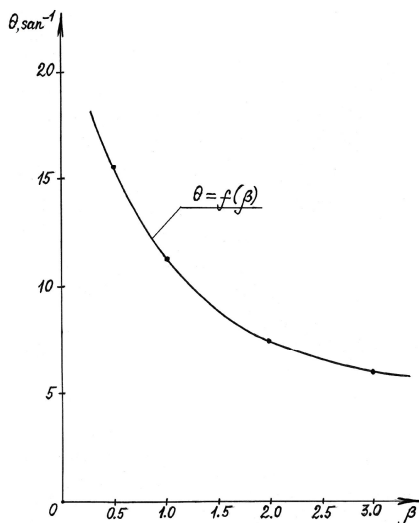
Məcburi rəqslərdə rezonans yarada bilən tezliyin hesablanmış qiymətlər cədvəli

β	0,5	1	2	3
θ, san^{-1}	15,46	11,23	7,44	5,98



Şəkil 7. Silindrik sərt svay dayağının dərinliyi üzrə əsas parametrlərin qurulmuş epürləri.

Cədvəl 2-də verilmiş qiymətlərə əsasən $\theta=f(\beta)$ asılılıq əyrisi qurulmuşdur (şəkil 8).



Şəkil 8. Dərin salınan sərt dayaqların məcburi rəqsi hərəkətləri zamanı rezonans hadisəsi baş verdikdə, rəqs tezliklərinin qrunun qeyri-xəttilik parametrindən asılılıq əyrisi.

Dissertasiya işində aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Dəniz hidrotexniki qurğularında tətbiq edilən dərin salınan sərt dayaqların şaquli və üfüqi qüvvələrin deformasiyaya hesablanması, üfüqi yüklənmə qabiliyyətinin, boyuna böhran qüvvəsinin və dayaqda ixtiyarı kəsikdə iç qüvvələrinin təyini üçün düsturlar alınmışdır.
2. Dərin salınan konik formalı sərt svay dayaqlarının dəniz dibi səviyyəsində şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirindən deformasiyaya hesablanma metodikası işlənmişdir.
3. Dəniz dibi səviyyəsində qurunt da yaranan plastik deformasiyaları nəzərə almaqla, stasionar platformaların dərin salınan sərt dayaqlarının dərinliyi üzrə qurunt mühitinin sərtlik əmsalı parametrik qeyri-xətti qanunda dəyişiklikdə, üfüqi yerdəyişmələrinin və boyuna böhran qüvvəsinin təyin olunması üçün zəruri ifadələr əldə edilmişdir.
4. Stasionar dəniz platformalarının dərin salınan çevik dayaqlarına mərkəzi şaquli yük təsir etdikdə, deformasiyaya hesablanma üsulu işlənmiş və boyuna böhran qüvvəsini tapmaq üçün lazımı ifadələr alınmışdır.
5. Dərin salınan çevik svay dayaqlarının yerləşdiyi ikitəbəqəli qurunt mühitinin ekvivalent qeyri-xətti qanunla dəyişən sərtlik əmsalı epürəndən istifadə etməklə, boyuna-eninə əyilməyə hesablanma üsulu təklif edilmişdir.
6. Dəniz hidrotexniki qurğularının sərt svay dayaqlarının yuxarı ucuna üfüqi vibrasiya yükü təsir etdikdə, məcburi rəqslərin ikitərtibli diferensial tənliyi alınmış və rezonans hadisənin baş verməsinə səbəb olan bu rəqslərin tezliyini tapmaq mümkün olmuşdur.
7. Çevik svay dayaqları üçün (dəniz dibindən başlayaraq bircinsli qurunt mühitində işləyən) sərbəst əyilmə rəqslərinin təcrübədə rast gəlinən müxtəlif hallarda tezlik spektrini tapmaq üçün ifadələr alınmış, boyuna qüvvə və zamana görə eksponensial qanunla dəyişən vibrasiya yükünün təsirindən məcburi rəqslərə hesablanma üsulu işlənmişdir.
8. Silindrik və konik formalı dərin salınan sərt svay dayaqlarının şaquli və üfüqi qüvvələrin, topa momentin təsirindən deformasiyaya (üfüqi yerdəyişmələrə) hesablanmasına aid ədədi misallar həll edilmiş, dərinlik üzrə qurunt mühitinin sərtlik əmsalının və reaktiv müqavimətinin, dayaqda yaranan əyici momentin və kəsici qüvvənin epürləri qurulmuşdur.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı elmi əsərlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Aslanov B.M., Həsənov E.E. Stasionar platformalarda tətbiq olunan konik sərt dayaqların deformasiyaya hesablanma metodikası. //Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin elmi əsərlər toplusu, Bakı, 2015.
2. Məmmədov K.M., Aslanov B.M. Dəniz neft-qaz qurğularında tətbiq olunan çevik dayaqların deformasiyaya hesablanması və üfüq yükötürmə qabiliyyətinin təyini //“Ekologiya və su təsərrüfatı” Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, №1 Bakı, 2012, s. 60-70.
3. Məmmədov K.M., Mürsəlov A.Ə., Aslanov B.M. Dərin salınan sərt dayağın üfüqi və boyuna dartıcı qüvvə təsirinə hesablanması, həddi üfüqi yükötürmə qabiliyyətinin təyini //“Ekologiya və su təsərrüfatı“ jurnalı, №2, Bakı, 2012, s. 61-66.
4. Məmmədov K.M., Aslanov B.M., Səlimov X.O. Dərinlik boyunca qrunt mühitinin sərtlik əmsalının eksponensial qanunla dəyişməsində mütləq-sərt dayağın şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanması //“Ekologiya və su təsərrüfatı“ jurnalı, №4, Bakı, 2012, s. 57-60.
5. Məmmədov K.M., Aslanov B.M., Cavadzadə X.C. Dəniz HTQ-lərdə tətbiq edilən dərin salınan sərt dayağın üfüqi yük götürmə qabiliyyətinin təyini //“Ekologiya və su təsərrüfatı“ jurnalı, №5, Bakı, 2014, s.62-64
6. Мамедов К.М., Асланов Б.М. К вопросу расчета жестких опор, в грунтовой среде при действии горизонтальных и вертикальных нагрузок //”Экология и водное хозяйство” Научно-технический и производственный журнал, Баку, 2012, №5(41), с. 69-72
7. Асланов Б.М. Методика деформационного расчета жесткой конической опоры применяемых в морских стационарных платформах // Журнал «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук», часть I, Москва, 2016, № 3(86), с. 67-70
8. Aslanov B.M. Dərin salınan sərt svay dayaqlarının məcburi rəqsi hərəkətinin hesablanma üsulu // Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin elmi əsərlər toplusu, Bakı, 2017, s.9-13

[1,2,3,4,5,6] məqalələrində həmmüəlliflər məsələlərin qoyulmasında və alınmış nəticələrin müzakirəsində iştirak etmişlər, məsələlərin həlli müəllifə məxsusdur.

Байрам Миразим оглы Асланов

Исследование методов расчета жестких и гибких опор, применяемых в морских стационарных платформах

РЕЗЮМЕ

Разработаны методы расчета свайных опор глубокого заложения стационарных платформ, построенных в морских условиях, на статические и динамические нагрузки на основе коэффициента жесткости грунтовой среды параметрически-нелинейно изменяющегося по глубине.

В диссертации представлены методы расчета жестких свайных опор на горизонтальные и вертикальные нагрузки, определения деформации гибких свайных опор, жестких и гибких свайных опор на динамические воздействия.

Были предложены методы определения несущей способности и деформационного расчета жестких свайных опор глубокого заложения призматической и конической форм. При определении горизонтальных перемещений конических жестких опор, принимается параболический закон изменения коэффициента жесткости грунтовой среды по глубине.

Разработаны методы расчета гибких свайных опор морских стационарных платформ на поперечный, продольный и продольно-поперечный изгиб в однослойной грунтовой среде. Были получены необходимые формулы для определения деформации опор по длине и действующие на их концах силы. С помощью известных методов были решены дифференциальные уравнения 4-го порядка свободных и вынужденных изгибных колебаний гибких свайных опор глубокого заложения.

При расчете вынужденных колебаний жестких свайных опор построен график зависимости резонансной частоты колебаний от параметров, определяющих нелинейности коэффициента жесткости грунтовой среды.

Были решены числовые примеры, относящиеся к предложенным методам и проведен анализ полученных результатов.

Aslanov Bayram Mirazim oglu

Study of methods of calculating of rigid and flexible poles used for offshore stationary platforms

SUMMARY

They worked out methods of calculation of deep poles of stationary platforms built in by static and dynamic load basing on the coefficient of rigidity of soil media changing parametrically non-linearly downwards. In the dissertation they represent the methods of calculation of rigid poles forced by horizontal and vertical loads, the deformation of flexible poles forced by dynamic loads.

The offer the methods of finding load bearing capacity and deformational calculation of rigid and flexible deep prismatic and conic poles forced by dynamic loads. When finding horizontal displacements of conic rigid poles the change of coefficient of rigidity of soil media downwards is thought to be parabolic.

They worked out methods of calculation of cross, along, and crass-along bindings of flexible poles of offshore stationary platforms in single layer and be layer soil media.

They got necessary formulas to along the length find deformation of poles and forces acting on their edges.

They solved the fourth-order differential equation of free and forced bending oscillations of deep flexible poles in limit conditions.

When calculating forced oscillations of rigid poles they made up correlations between frequency able to cause resonance of forced oscillation and parameters defining non-linearity of coefficient of rigidity of soil media.

They solved number problems referring to offered methods and carried out the analysis of found results.

Çapa imzalanmışdır: 22.09.2018
Kağız formatı 60x84 1/16. Sayı 100

«Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya» MMC-də çap olunmuşdur

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

Байрам Миразим оглы Асланов

**Исследование методов расчета жестких и гибких опор,
применяемых в морских стационарных платформах**

Специальность: 3305.08 - «Гидротехническое строительство»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой степени
доктора философии по технике

БАКУ-2018