

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

ƏHƏD CAMAL OĞLU MƏMMƏDOV

**HİDROTEKNİKİ TİKİNTİDƏ SIZMAYA QARŞI TƏTBİQ
OLUNAN PONUR VƏ ŞPUNT DİVARLARININ
DEFORMASIYAYA HESABLANMA ÜSULLARININ TƏDQIQI**

İxtisas: 3305.08 – "Hidrotexniki tikinti"

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ – 2015

İş Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Texnika üzrə fəlsəfə
doktoru, prof. **K.M.Məmmədov**

Ræsmi opponenlær:

t.e.d., prof. B.H.Əliyev
t.e.d., prof. E.M.Eyvazov

Aparıcı təşkilat: “Azdövsutəslayihə” Su Təsərrüfatı Obyektlərinin Layihələndirilməsi üzrə Azərbaycan Dövlət İnstitutu

Müdafiə 30.06.2015 _____ 2015-ci il, saat _____ Azərbaycan
Memarlıq və İnşaat Universitetində fəaliyyət göstərən **D 02.042**
Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az. 1073/1, Bakı şəh., A.Sultanova küç.5, Azərbaycan
Memarlıq və İnşaat Universiteti, I tədris korpusu, iclas zalı, otaq 317.

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

Aftoreferat 2014-cü ildə göndərilmişdir.

**D 02.042 dissertasiya şurasının elmi katibi,
f-r. üzrə fəlsəfə doktoru, dosent:**

A.M.İsayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Su təsərrüfatı və meliorasiya obyektlərinin tikintisi son 10-15 il ərzində Respublikamızda geniş vüsət almışdır. Bu obyektlərdən ən iriləri su anbarları yaratmaq üçün hidrodüyün qurğularıdır. Yeni əkin sahələri isə suvarma suyuna olan tələbatı daha da artırmışdır. Ona görə də suvarılacaq sahələrin su ilə təmin edilməsində əsas yük sünü yaradılmış su anbarlarının üzərinə düşür. Su anbarlarının yerləşdiyi ərazi su ilə doldurulduqdan sonra yuxarı və aşağı byeflər arasında səviyyələr fərqi yaranır ki, bu da bəndlərin (torpaq, beton, dəmir-beton) əsasında basqılı sızma prosesini intensivləşdirir. Bu cür basqılı sızma prosesi aşağıdakı hadisələrin baş verməsinə səbəb ola bilər: su anbarlarının yerləşdiyi ərazinin qruntu güclü su sızdıran olduqda, anbarların boşalması onlardan istifadəni çətinləşdirir; hidrodüyün qurğularının yeraltı konturuna sızma və yüngülləşdirici əks təzyiq qüvvələri təsir etdiyindən, bu qurğuların qaldırılmaya, üzməyə, aşmaya və sürüşmələrə görə dayanıqlığı azalır; səviyyəqaldıran qurğunun əsasını təşkil edən qruntlarda mexaniki və kimyəvi suffoziya prosesi sürətlənir; su anbarlarından aşağı byefdə yerləşən ərazilərdə aşınmalar, eroziyalar, çatların əmələ gəlməsi, torpaq sürüşmələri və şorakətli torpaqların şoranlaşması intensivləşir.

Basqılı sızma prosesinin təsirini azaltmaq, qarşısını müəyyən qədər və tamamilə almaq üçün müxtəlif mühəndisi tədbirlər həyata keçirilir. Su anbarlarının sututar hissəsini və səviyyəqaldıran qurğuların əsasını təşkil edən qruntlar güclü su sızdıran olduqda əsasən üfüqi konstruksiya kimi, ponurlardan, şaquli konstruksiya kimi şpunt divarlarından istifadə olunur. Köməkçi vasitələr kimi isə səviyyəqaldıran qurğuların əsasında dişlər, diafraqmalar, sement pərdələr, svay cərgələri və s. konstruksiyalar tətbiq edilir. Su təsərrüfatı və meliorasiya sahəsinin qurğuları, onların elementləri və konstruksiyaları ilə bağlı aparılan elmi-tədqiqatlar həmişə *aktualdır*. Xüsusi ilə də sızmaya qarşı tətbiq edilən konstruksiyaların hesablanmasına aid ölkəmizdə və xaricdə olduqca az tədqiqatlar aparıldığından, mövzunu *aktual* hesab etmək olar.

İşin məqsədi. Dissertasiya işindəki tədqiqatları yerinə yetirməkdə məqsəd hidrotexniki qurğuların əsasında sızmaya qarşı tətbiq edilən konstruksiyaların mövcud hesablama qaydalarını araşdıraraq onların çatışmamazlıqlarını göstərmək və yeni hesablama üsullarını təklif etməkdən ibarətdir. Bunun üçün aşağıdakı tədqiqatların aparılması nəzərdə tutulmuşdur:

- sərbəst oturan çevik dəmir-beton ponurların əsasını təşkil edən qrunnun sərtlik əmsalı inteqral-orta qiyməti ilə qəbul edildikdə, xətti və kvadrat parabola qanunu ilə dəyişdikdə deformasiyaya hesablanma metodikasını işləmək;

- en kəsiyi aramsız dəyişən və pilləli-dəyişən sərtlikli sərbəst oturan ponurların deformasiyaya hesablanma üsulunu təklif etmək;

- qeyri-qaya bünövrələrdə tikilən səviyyə qaldıran hidrotexniki qurğularda tətbiq edilən anker ponurların hesabi uzunluğunu təyin etmək və belə qurğuların, kontakt sürüşməyə qarşı dayanıqlıq əmsalını təyin etmək;

- bünövrə qrunnunun sərtlik əmsalının kvadrat parabola qanunu ilə dəyişməsinə nəzərə almaqla dəmir-beton anker ponurların deformasiyaya hesablanma metodikasını təklif etmək;

- hidrotexniki qurğuların əsasında dərin salınan mütləq-sərt dayaqların qrunn mühitinin sərtlik əmsalı eksponensial və parametrik qeyri-xətti qanunlarla dəyişdiyi hallarda, deformasiyaya hesablanma üsullarını işləmək;

- sızmaya qarşı işlərdə istifadə edilən çevik prizmatik və ikipilləli dərin salınan dayaqları üfüqi yerdəyişmənin təyininə hesablamaq;

- beton qurğuların bünövrəsində sızmaya qarşı tətbiq olunan bitmiş və asma şpunt divarların deformasiyaya hesablanma üsulunu təklif etmək.

Elmi yeniliklər. Dissertasiya işindəki elmi yeniliklər aşağıdakılardır:

- bünövrə qrunnunun sərtlik əmsalının müxtəlif qanunauyğunluqlarla dəyişmə hallarında sabit əyilmə sərtlikli sərbəst oturan dəmir-beton ponurların deformasiyaya hesablanma metodikası təklif olunmuşdur;

- aramsız və pilləli-dəyişən sərtlikli sərbəst oturan ponurlarda yüklənmə sxemindən asılı olaraq deformasiya və iç qüvvələri təyin edilmişdir;

- səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğuların bünövrəsində tətbiq olunan ankerlənmiş ponurların nəzəri yollarla hesabi uzunluğunu təyin etmək üçün ifadələr alınmışdır;

- sərtlik əmsalı kvadrat parabola qanunu ilə dəyişən bünövrə qrunnu üzərində oturan ankerlənmiş çevik dəmir-beton ponurların deformasiyaya hesablanma üsulu təklif olunmuşdur;

- hidrotexniki tikintilərin bünövrələrində tətbiq edilən dərin salınmış mütləq-sərt dayaqların yerləşdiyi qrunn mühitinin sərtlik əmsalı

eksponensial və parametrik qeyri-xətti qanunlarla dəyişdikdə üfüqi və şaquli yüklərin təsirinə hesablanma metodikası işlənmişdir;

- köməkçi konstruksiya kimi sızmaya qarşı işlərdə istifadə edilən dərin salınmış çevik dayaqaların üfüqi yüklərin təsirinə hesablanma üsulu işlənmişdir;

- hidrotexniki qurğuların əsasında sızmaya qarşı tətbiq olunan çevik şpunt divarların deformasiyaya hesablanma metodikası təklif edilmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində hidrotexniki qurğuların bünövrələrində tətbiq edilən ponurların və şpunt divarların deformasiyaya hesablanma məsələləri olduqca əhəmiyyətlidir. Aparılan tədqiqatların nəticələrinə əsasən praktikada hidrotexniki qurğuların bünövrəsində tətbiq olunan ponurların, şpunt divarların və svay cərgələrindəki hər bir svayın deformasiyalarını (əyintilərini) təyin etmək mümkün olur. Təklif edilən hesablama üsulları səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğuların bünövrələrində sızmaya qarşı tətbiq olunan ponurların, şpunt divarların, svay dayaqalarının istismar dövrü tam etibarlılığı ilə işləməsinə təminat verir və su (energetika) təsərrüfatı obyektlərinin layihələndirilməsi ilə məşğul olan təşkilatlar bu tədqiqatların nəticələrindən istifadə edə bilirlər.

Alınmış nəticələrin etibarlılığı. Dissertasiyada alınmış nəticələr klassik sızma nəzəriyyəsinə və bünövrə qruntı ilə kontaktda olan konstruksiyaların deformasiyalarını təyin etmək üçün təcrübədə özünü doğrultmuş qeyri-xətti modellərə əsaslanmışdır. Aparılmış tədqiqatlardakı statiki kontakt məsələlərində mövcud və təklif olunan hesablama üsullarının uyğun nəticələri müqayisə edilmiş, həmin nəticələrin bir-birinə yaxın olması və təklif olunan üsulların üstünlük təşkil etməsi sübuta yetirilmişdir.

Müdəfiyə çıxarılan məsələlər:

1. Sabit, aramsız və pilləli dəyişən sərtlikli sərbəst oturan çevik dəmir-beton ponurların sərtlik əmsalı parametrik qeyri-xətti qanunlarla dəyişən bünövrə qruntunda deformasiyaya hesablanma metodikası.

2. Qeyri-qaya bünövrələrdə yaradılan səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğuların anker ponurlarının hesabi uzunluğunun, yeraltı konturunun altındakı drenaj quruluşunun müxtəlif yerləşdirilmə vəziyyətlərindən asılı olaraq təyini.

3. Qeyri-qaya bünövrələrdə tətbiq olunan suaşırıan beton bəndlərə ankerlənmiş dəmir-beton ponurların sol ucunun sərbəst olduğu, şpuntlu tirə

bərkidildiyi hallarda və qrunut bünövrənin sərtlik əmsalı kvadrat parabola qanunu ilə dəyişdikdə deformasiyaya hesablanmasının təklif olunan üsulu.

4. Anker ponurlu suaşırın bəndlərin bünövrəsində drenaj quruluşunun müxtəlif yerləşmə vəziyyətlərində kontakt sürüşməyə qarşı dayanıqlığa hesablanması.

5. Eksponensial, parametrik qeyri-xətli qanunlarla dəyişən sərtlik əmsallı qrunut mühitində yerləşən mütləq sərt dayaqaların bünövrə səthi səviyyəsində müxtəlif qüvvələrin təsirindən deformasiyaya hesablamada təklif olunan üsullar.

6. Hidrotexniki qurğuların bünövrəsində ilişənli qrunut şəraitində tətbiq edilən prizmatik çevik svayların deformasiyaya hesablanma metodikası.

7. Dərin salınan ikipilləli çevik dayaqalar hidrotexniki qurğuların əsasında bircinsli qrunut mühitində tətbiq olunduqda, belə dayaqaların üfüqi yüklərin təsirinə hesablanma üsulu.

8. Sızmaya qarşı tətbiq olunan bitmiş və aşma şpunt divarların, beton qurğuların bünövrəsindəki sərtlik əmsalının parametrik qeyri-xətli qanunlarla dəyişdiyini hallarda deformasiyaya hesablanma metodikası.

İşin aprobeiasyası. Dissertasiya işində qoyulan məsələlərin həlli, alınan yeni ifadələr və nəticələr Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin professor müəllim heyətinin elmi konfransında (Bakı 2010), “Hidrotexniki qurğular və hidravlika” kafedrasının elmi seminarlarında (Bakı 2009-2013, “Su təsərrüfatı, mühəndis kommunikasiya sistemlərinin müasir problemləri və ekologiya” (Bakı 2014), Doktorant və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika elmi konfransında (Bakı, 2015) məruzə (müzakirə) edilmişdir.

Nəşr edilmə. Dissertasiya işinin əsas məzmunu Respublikada və xarici ölkələrdə nəşr olunmuş 9 (doqquz) elmi məqalədə əks olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, beş fəsil, əsas nəticələr və 122 adda isitifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 157 səhifədir, o cümlədən 23 şəkil, 4 cədvəl verilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, işin məqsədi, elmi yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti, alınmış nəticələrin etibarlılığı, müdafiəyə çıxarılan məsələlər, işin aprobeiasyası, strukturu və həcmi haqqında məlumatlar verilir.

I fəsil qeyri-qaya bünövrəli beton bəndlərin yeraltı konturunda sızmaya qarşı tətbiq olunan konstruksiyalara və onların iş şəraitinin təhlilinə həsr olunmuşdur. Qeyri-qaya bünövrələrdə səviyyəqaldıran qurğuların yeraltı kontrunda sızmaya qarşı tətbiq olunan quruluşların (konstruksiyaların) təsnifatı, ponurlar və onların tipləri haqqında məlumatlar verilmişdir. Ponurların konstruksiyaları və tətbiq olunma şəraiti, eləcə də mövcud hesablanma qaydaları izah edilmişdir. Sızmaya qarşı konstruksiya kimi istifadə olunan şpunt divarların (çəpərlərin) başlığının yük götürməmək şərti ilə iş şəraiti və sızma yolunun uzadılmasında rolu göstərilmişdir. Sərbəst oturan və ankerlənmiş çevik dəmir-beton ponurların, bitmiş və asma şpunt divarların, dərin salınan mütləq-sərt və çevik dayaqların müxtəlif qrunut şəraitində deformasiyaya hesablanması üçün S.A. Rivkin, P.L. Pasternak, M.Ə. Hacıyev, M.T. Axundova, N.M. Gersevanov, B.N.Jemoçkin, M.İ. Qorbunov-Pasadov, İ.M. Simvulidi və s. müəlliflərin təklif etdikləri modellər tətbiq olunma nöqtəyi-nəzərdən təhlil edilmişdir. Həmin konstruksiyaların deformasiyaya mövcud hesablanma üsulları analiz edilmiş və gələcəkdə aparılacaq tədqiqatların istiqaməti müəyyənləşdirilmişdir.

II fəsildə səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğuların sərbəst oturan ponurlarının deformasiyaya hesablanma metodikası təklif edilmişdir. Qrunut bünövrəsinin hesabi-mexaniki modeli seçilərək, konstruksiya ilə bünövrə qrunutunun birgə işini dolğun şəkildə əks etdirən xətti mexaniki modellər şərti olaraq 3 qrupa bölünmüşdür. Tədqiqatların aparılması üçün üstünlük, bünövrə qrunutunun yerli elastiki deformasiya, yaxud sabit və dəyişən sərtlik əmsallı Fuss-Vinkler modelinə verilmişdir. Bu model əsasında sərbəst oturan çevik dəmir-beton ponurların əyilmədə ümumi diferensial tənliyi alınmışdır ki, həmin tənlik də başlanğıc sərhəd şərtləri daxilində Pikar ardıcıl yaxınlaşma üsulu ilə integral operatorlarından istifadə olunmaqla həll edilmişdir.

Bünövrə qrunutlarının sərtlik əmsalının sabit sərtlikli ponurun uzunluğu boyunca parabolik qanunla dəyişən halı üçün (şəkil 1) əyilmə məsələsi dörd tərtibli dəyişən əmsallı diferensial tənliklə ifadə olunmuşdur:

$$Y(x) = \bar{q}_0 + \bar{q}_L x - (\bar{K}_0 + \bar{K}_L x^2) Y(x), \quad (1)$$

Burada:

$$\left. \begin{aligned} \bar{q}_0 &= \frac{q_0}{EJ}, [m^{-3}], & \bar{q}_L &= \frac{q_L - q_0}{LEJ}, [m^{-4}] \\ \bar{K}_0 &= \frac{K_0}{EJ}, [m^{-4}], & \bar{K}_L &= \frac{K_L - K_0}{L^2 EJ}, [m^{-6}] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(1) tənliyi də eyni qaydada həll olunmuş və alınmış həll aşağıdakı şəkildə ifadə edilmişdir:

$$Y(x) = Y_0 + \Phi_1(x) + \theta_0 \Phi_2(x) + \bar{q}_0 \Phi_3(x) + \bar{q}_L \Phi_4(x), \quad (3)$$

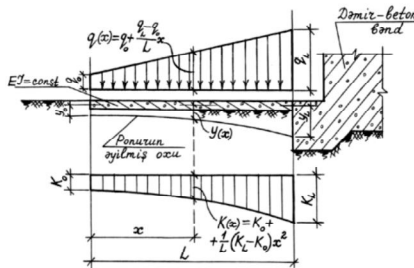
(3) həllindəki $\Phi_j(x)$ ($j=1, 2, 3, 4$) funksiyalarından birinin ifadəsini aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$\begin{aligned} F_1(x) = & 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\bar{K}_0 x^{4n}}{(4n)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\bar{K}_L x^{6n}}{(6n)!} \times \\ & \times [1 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 8 \cdot \dots \cdot (6n-5)(6n-4)] + \bar{K}_L \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\bar{K}_0 x^{4n+6}}{(4n+6)!} t_{1,n}(32.120.302\dots) + \dots; \end{aligned} \quad (4)$$

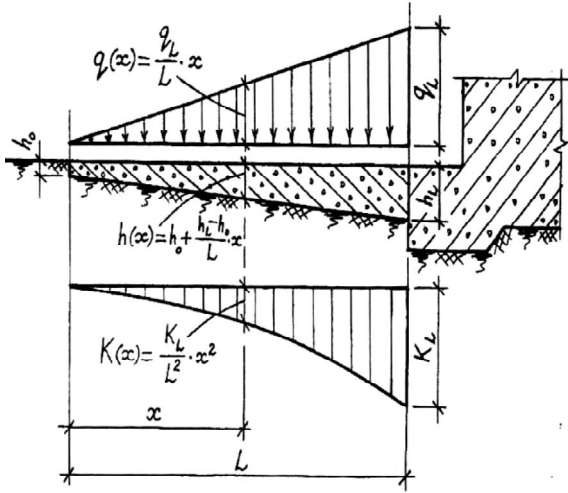
Əyintinin ifadəsi ardıcıl diferensiallanmaqla dönmə bucağı, əyici moment və kəsici qüvvəni ixtiyari kəsikdə təyin etmək üçün ifadələr alınmışdır. Sərbəst oturan ponurun $M(L)=0$ və $Q(L)=0$ şərtlərindən istifadə etməklə, başlanğıc kəsiyində əyinti və dönmə bucağını tapmaq mümkün olmuşdur.

En kəsiyi aramsız dəyişən sərbəst oturan çevik dəmir-beton ponurun (şəkil 2) deformasiyaya hesablanma məsələsi aşağıdakı dörd tərtibli dəyişən əmsallı qeyri-bircins diferensial tənliyə gətirilmişdir:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[(1 + \beta x)^3 \frac{d^2 Y(x)}{dx^2} \right] + ax^2 Y(x) = \bar{q}(x) \quad (5)$$



Şəkil 1. Bünövrə qrununun sərtlik əmsalı kvadrat parabola qanunu ilə dəyişən sərbəst oturan sabit əyilmə sərtlikli dəmir-beton ponurların deformasiyaya hesablanma sxemi



Şəkil 2. Dəyişən sərtlikli sərbəst oturan dəmir-beton ponurun hesablanma sxemi.

Burada: $\beta = \frac{h_L - h_0}{h_0 L}, [m^{-1}]$; $a = \frac{K_L}{L^2 EJ_0}, [m^{-6}]$; $\bar{q} = \frac{q_L}{LEJ_0}, [m^{-4}]$;

(5) diferensial tənliyinin həlli Makloren sırası şəkilində axtarılmış və aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$\begin{aligned}
 Y(x) = & Y_0 \left[1 - 2a \frac{x^6}{6!} + 30a\beta \frac{x^7}{7!} - 360a\beta^2 \frac{x^8}{8!} + 4200a\beta^3 \frac{x^9}{9!} + \dots \right] + \\
 & + \theta_0 \left[x - 6a \frac{x^7}{7!} + 108a\beta \frac{x^8}{8!} - 152a\beta^2 \frac{x^9}{9!} + \dots \right] + \\
 & + \frac{q_L}{LB_0} \left[\frac{x^5}{5!} - 12\beta \frac{x^6}{6!} + 120\beta^2 \frac{x^7}{7!} - 1200\beta^3 \frac{x^8}{8!} + 12600\beta^4 \frac{x^9}{9!} + \dots \right]
 \end{aligned} \tag{6}$$

Dönmə bucağı, əyici moment və kəsici qüvvənin ifadələri (6) düsturundan istifadə edilməklə tapıldıqdan sonra, başlanğıc məchul parametrlər aşağıdakı düsturlarla təyin edilmişdir:

$$\left. \begin{aligned} Y_0 &= \frac{C_2 B_1 - C_1 B_2}{A_1 B_2 - A_2 B_1} \cdot \frac{q_L}{LB_0}; \\ \theta_0 &= -\frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1} \cdot \frac{q_L}{LB_0}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

A_1, A_2, B_1, B_2, C_1 və C_2 sabit kəmiyyətlərinin ifadələri dissertasiya işində verilmişdir. Belə ponurların başlanğıc kəsiyində qalınlığı sifıra bərabər olduğu halda ponurun əyilməsinin diferensial tənliyi aşağıdakı şəkildə ifadə olunmuşdur:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[x^3 \frac{d^2 Y(x)}{dx^2} \right] = \bar{q}_L x - axY(x), \quad (8)$$

$$\text{Burada: } \bar{q}_L = \frac{q_L L^3}{B_L}, [m^{-1}], \quad a = \frac{k_L L^2}{B_L}, [m^{-2}], \quad B_L = \frac{bh_L^3}{12} E \quad (9)$$

(8) diferensial tənliyinin həlli başlanğıc sərhəd daxilində Pikar ardıcıl yaxınlaşma üsulu aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$Y(x) = Y_0 \Phi_1(x) + \theta_0 \Phi_2(x) + \frac{\bar{q}_L}{a} \Phi_3(x) \quad (10)$$

$\Phi_j(x)$ ($j=1, 2, 3, 4$) funksiyaları aşağıdakı ifadələrlə təyin edilmişdir:

$$\left\{ \begin{aligned} \Phi_1(x) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a^n x^{2n}}{(2n)!(2n+1)!}; \\ \Phi_2(x) &= x + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a^n x^{2n+1}}{(2n+1)!(2n+2)!}; \\ \Phi_3(x) &= \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{a^n x^{2n}}{(2n)!(2n+1)!}; \end{aligned} \right. \quad (11)$$

III fəsildə suaşırın beton bəndlərin qeyri-qaya bünövrələrində tətbiq olunan anker dəmir-beton ponurların hesablanma üsulları verilmişdir. Anker dəmir-beton ponurlarının hesabi uzunluğunun təyin olunmasında, drenaj quruluşunun suaşırın bəndin yeraltı konturunun əvvəlində və sonunda yerləşdirilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Anker ponurun hesabi uzunluğu qeyd edilən birinci halda (drenaj yeraltı konturun əvvəlində olduqda)

$$L_p = K_H \frac{Q_p}{\tau_0 + 0,5\tau_H} , \quad (12)$$

ikinci halda (drenaj yeraltı konturdan sonra yerləşdikdə)

$$L_p = \frac{-\tau_0 \ell_{p.p} + K_H Q_p}{2\tau_0 + \tau_H} + \sqrt{\left(\frac{K_H Q_p - \tau_0 \ell_{p.p}}{2\tau_0 + \tau_H} \right)^2 + \frac{2K_H Q_p}{2\tau_0 + \tau_H} \ell_{p.p}} \quad (13)$$

düsturları ilə təyin edilmişdir. Bu düsturlar A.A.Uqinçusun aldığı mövcud düsturlardan fərqlidir. (12) və (13) düsturlarında əmsalların və parametrlərin təyin olunma qaydaları dissertasiyada verilmişdir.

Anker ponurların deformasiyaya hesablanması ponurun əyilməsinin (şəkil 3) diferensial tənliyinin sadələşmiş forması aşağıdakı kimi ifadə olunmuşdur:

$$Y^{IV}(x) = \bar{q}_0 + \bar{q}_L x - (\bar{K}_0 + \bar{K}_L x^2) Y(x) \quad (14)$$

(14) tənliyinin

$$Y(0) = Y_0; \quad Y'(0) = \theta_0; \quad Y''(0) = \frac{M_0}{EJ} = \bar{M}_0; \quad Y'''(0) = \frac{Q_0}{EJ} = \bar{Q}_0 \quad (15)$$

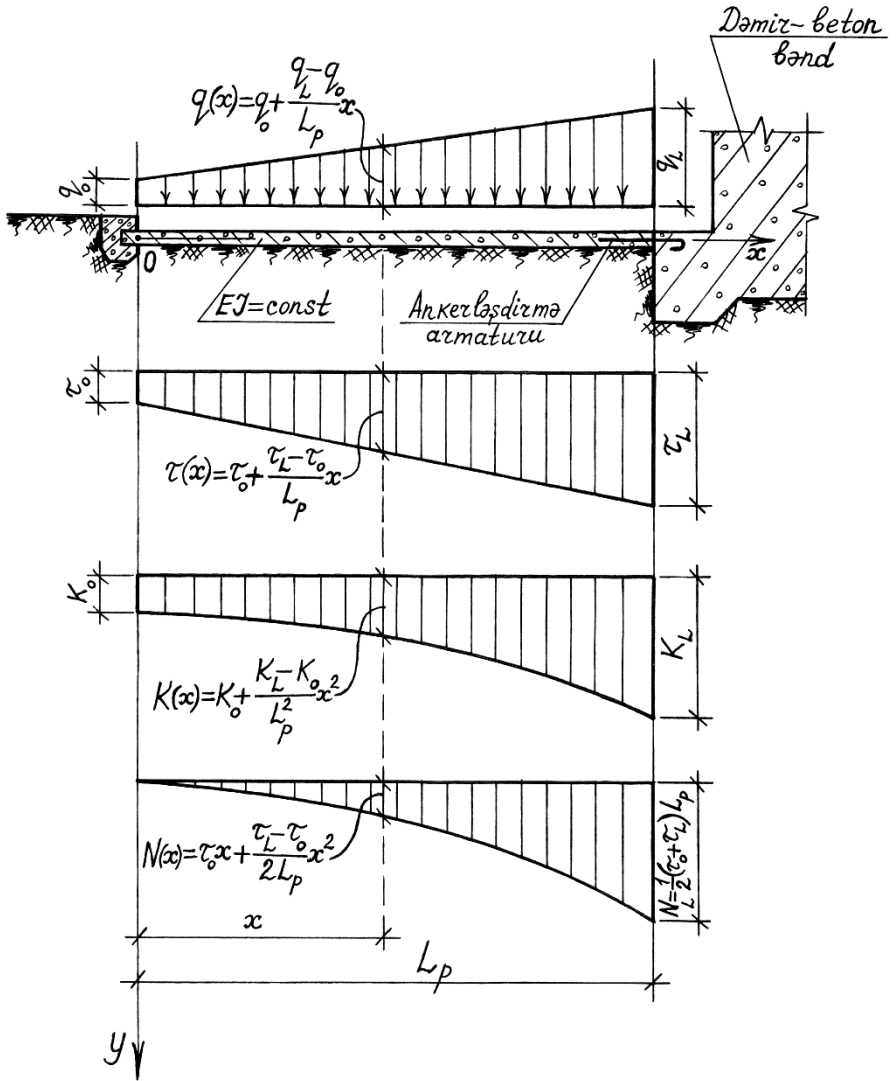
başlanğıc sərhəd şərtləri daxilində məlum usullarla həlli aşağıdakı şəkildə alınmışdır:

$$Y(x) = Y_0 F_1(x) + \theta_0 F_2(x) + \bar{M}_0 F_3(x) + \bar{Q}_0 F_4(x) + \Phi(x) \quad (16)$$

(16) həllindəki $F(x)$ ($j=1, 2, 3, 4$) funksiyaları aşağıdakı kimi təyin edilmişdir:

$$F_1(x) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\bar{K}_0 x^{4n}}{(4n)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\bar{K}_L x^{6n}}{(6n)!} \times \\ \times [1 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 8 \cdot \dots \cdot (6n-5)(6n-4)] + \bar{K}_0 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\bar{K}_L x^{4n+6}}{(4n+6)!} t_{1,n} + \dots; \quad (17)$$

$t_{j,n}$ kəmiyyətlərinin qiymətləri və $\Phi(x)$ funksiyasının ifadəsi dissertasiyada verilmişdir.



Şəkil 3. Dəmir-beton anker ponurların deformasiyaya hesablanma sxemi.

Anker ponurlu suaşıran bəndlərin dayaqlığa hesablanma məsələsində drenaj quruluşu bəndin yeraltı konturunun aşağı diş hissəsinin arxasında yerləşdikdə (şəkil 4), kontakt sürüşməyə görə dayanıqlıq əmsalı aşağıdakı düsturla təyin olunmuşdur:

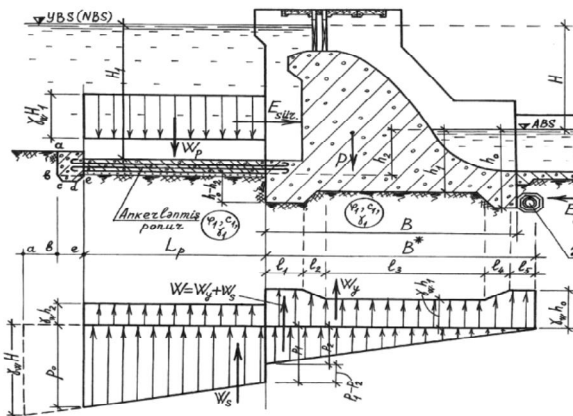
$$K_s = \frac{n}{m} \cdot \frac{(W_p + P - W_y - W_s) g \varphi_1 + (L_p + B^*) c_1 + m_1 E_{pas}}{E_{sür}} \geq K_s^{həd} \quad (18)$$

(18) düsturundakı əmsalların qiymətləri və digər kəmiyyətlərin təyin edilmə ifadələri dissertasiya işində verilmişdir.

IV fəsil hidrotexniki tikintilərin bünövrələrində tətbiq edilən dərin salınmış mütləq-sərt dayaqaların deformasiyaya hesablanması üçün təklif olunan üsullarına həsr edilmişdir. Dərinlik boyunca qrunut mühitinin sərtlik əmsalının eksponensial qanunla dəyişdiyi hal üçün (şəkil 5) Fuss-Vinkler modelinə görə, qrunutun mütləq-sərt dayağa reaktiv müqaviməti aşağıdakı düsturla ifadə edilmişdir:

$$q_{qr}(x) = -\frac{K_h Y_0}{1 - e^{-\beta}} \left(1 - e^{-\beta \frac{x}{h}} \right) + \frac{K_h \theta_0}{1 - e^{-\beta}} \cdot \left(1 - e^{-\beta \frac{x}{h}} \right) x \quad (19)$$

(19) ifadəsini ardıcıl integrallamaqla dayağın ixtiyarı kəsiyində əyici moment və kəsici qüvvənin ifadələri alınmış, Y_0 və θ_0 təyin edilmişdir. Boyuna böhran yükü isə aşağıdakı düsturla tapılmışdır:



Şəkil 4. Anker ponurlu dəmir-beton suaşıran bəndin yeraltı konturunun sonunda drenaj quruluşunun yerləşdiyi hal üçün kontakt sürüşməyə hesablama sxemi.

Sıfır yerdəyişməli nöqtəsinin bünövrə-səthindən yerləşmə dərinliyi aşağıdakı düsturla təyin olunmuşdur:

$$h_0 = \frac{Y_0}{\theta_0} = \frac{BQ_0 - D(M_0 + Q_0 h)}{C(M_0 + Q_0 h) - AQ_0}. \quad (21)$$

burada: A,B,C,D-sabit kəmiyyətlər olub, hesablama düsturları dissertasiya işində verilmişdir.

Boyuna böhran qüvvəsini hesablamaq üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$\begin{aligned} N_{b\delta h} = & \frac{\beta + 1}{K_h + (\beta + 1)(\xi\gamma \operatorname{htg}\varphi + 2c)} \cdot \left[\frac{K_h h^2}{\beta + 2} \cdot \left(\frac{K_h}{(\beta + 1)(\beta + 2)} + \frac{\frac{1}{3}\xi\gamma \operatorname{htg}\varphi + \frac{1}{2}c}{\beta + 1} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{3}\xi\gamma \operatorname{htg}\varphi + c \right) + 2h^2 \left(\frac{1}{3}\xi\gamma \operatorname{htg}\varphi + c \right) \left(\frac{1}{3}\xi\gamma \operatorname{htg}\varphi + \frac{1}{2}c \right) - \frac{K_h h^2}{(\beta + 2)(\beta + 3)} \times \right. \\ & \left. \times \left(\frac{K_h}{\beta + 1} + \xi\gamma \operatorname{htg}\varphi + 2c \right) - h \left(\xi\gamma h^2 \operatorname{tg}\varphi + \frac{1}{3}ch + \frac{1}{2}q_G \right) \left(\frac{K_h}{\beta + 1} + \xi\gamma \operatorname{htg}\varphi + 2c \right) \right] \quad (22) \end{aligned}$$

V fəsilə sızmaya qarşı istifadə olunan dərin salınmış çevik dayaqların və şpunt divarların deformasiyaya hesablanma üsulları işlənmişdir. Hidrotexniki tikintilərdə ilişənli qunt şəraitində tətbiq olunan dərin salınmış çevik prizmatik svayların eninə əyilmə məsələsi dörd tərtibli dəyişən əmsallı diferensial tənliyə gətirilmişdir:

$$Y^{IV}(x) = -a_\beta x^\beta Y(x) - m_1 - m_2 x, \quad (23)$$

burada :

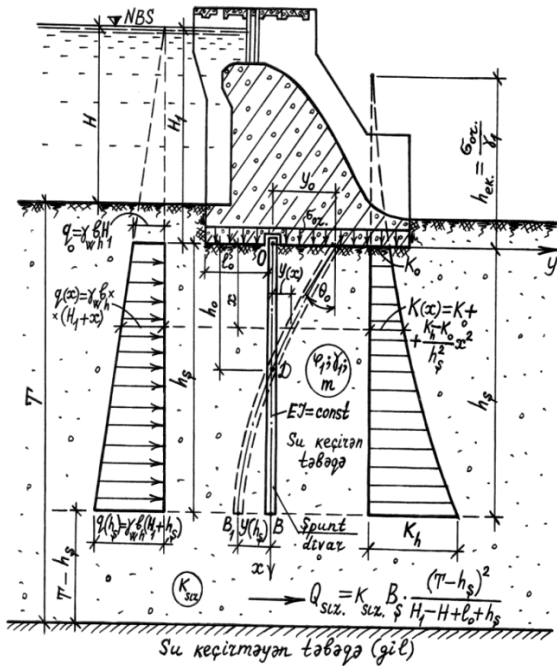
$$\begin{aligned} a_\beta = & \frac{K_h}{h^\beta EJ}, [m^{-(\beta+4)}]; \quad m_1 = \frac{\bar{m}_1}{EJ} = \frac{2bc}{EJ}, [m^{-3}]; \\ m_2 = & \frac{\bar{m}_2}{EJ} = \frac{2\xi\gamma \operatorname{htg}\varphi}{EJ}, [m^{-4}]; \quad (24) \end{aligned}$$

(23) diferensial tənliyinin (15) bağlanğıc sərhəd şərtləri daxilində Pikar ardıcıl yaxınlaşma üsulu ilə həlli aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$Y(x) = Y_0 F_1(x) + \theta_0 F_2(x) + \frac{M_0}{EJ} \cdot F_3(x) + \frac{Q_0}{EJ} \cdot F_4(x) - \frac{\bar{m}_1}{EJ} F_5(x) - \frac{\bar{m}_2}{EJ} F_6(x), \quad (25)$$

$F_j(x) (j=1, 2, \dots, 6)$ funksiyalarının β qeyri-xəttilik parametrindən asılılıq ifadələri dissertasiyada verilmişdir.

Sızmaya qarşı tətbiq edilən asma şpunt divarların deformasiyaya hesablanma məsələsində qrunut mühitinin sərtlik əmsalı kvadrat parabola qanunu ilə dəyişən şəkildə qəbul edilmiş və şpuntaltı sızma axınının sərfinin ifadəsi sxemdə verilmişdir (şəkil 6). Şpuntun əyilmə məsələsi dörd tərtibli



Şəkil 6. Su keçirən təbəqədə yerləşən asma şpunt divarının deformasiyaya hesablanma və şpuntaltı sızma axınının sərfinin təyin edilmə sxemi

dəyişən əmsallı qeyri-bircins diferensial tənliyə gətirilmişdir:

$$Y^{IV}(x) + (a_0 + a_1 x^2)Y(x) = \bar{q}(H_1 + x), \quad (26)$$

burada:

$$a_0 = \frac{K_0}{EJ}, \quad [m^{-4}] \quad a_1 = \frac{K_h - K_0}{h_s EJ}, \quad [m^{-5}]. \quad q = \frac{\gamma_w \bar{\sigma}_h}{EJ}, \quad [m^{-4}]$$

(26) diferensial tənliyinin başlanğıc şərtləri daxilində Pikar ardıcıl yaxınlaşma üsulu isə həlli aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$Y(x) = Y_0 F_1(x) + \theta_0 F_2(x) + \bar{q} F_3(x); \quad (27)$$

$F_1(x)$ funksiyası aşağıdakı kimi təyin edilmişdir :

$$F_1(x) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_0^n x^{4n}}{(4n)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n x^{6n}}{(6n)!} \times \quad (28)$$

$$\times [1 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 8 \cdot \dots \cdot (6n-5)(6n-4)] + a_0 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{a_1^n x^{4n+6}}{(4n+6)!} \cdot r_{1,n} + \dots (32,122,304) + \dots;$$

$F_2(x)$ və $F_3(x)$ funksiyalarının ifadələri dissertasiyada verilmişdir.

Şpuntun aşağı sərbəst ucu səviyyəsində $M(h_s)=0$ və $Q(h_s)=0$ şərtlərindən başlanğıc məchul parametrlər aşağıdakı düsturla tapılmışdır :

$$\begin{cases} Y_0 = \frac{F_2''(h_s)F_3'''(h_s) - F_2'''(h_s)F_3''(h_s)}{F_1''(h_s)F_2'''(h_s) - F_1'''(h_s)F_2''(h_s)} \bar{q}; \\ \theta_0 = - \frac{F_3''(h_s)F_1'''(h_s) - F_1''(h_s)F_3''(h_s)}{F_1''(h_s)F_2'''(h_s) - F_1'''(h_s)F_2''(h_s)} \bar{q}. \end{cases} \quad (29)$$

Bitmiş və asma şpunt divarlarının hesablama metodikaları hidrotexniki qurğuların sızmaya qarşı tətbiq olunan çevik şpunt divarlarını deformasiyaya hesablamağa imkan verir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Dissertasiya işində alınmış əsas nəticələr aşağıdakılardır:

1. Səviyyəqaldıran beton bəndlərin bünövrələrində sızmaya qarşı tətbiq olunan qrunut və qeyri-qrunut materiallardan yaradılan ponurların tipləri, konstruksiyaları, tətbiq olunma şəraiti, hesablama prinsipləri araşdırılmışdır.

2. Aparılmış araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sərbəst oturan və anker tipli dəmir-beton ponurlar səviyyəqaldıran hidrotexniki qurğuların yuxarı biyefində su keçirən bünövrələrində geniş tətbiq olunmalarına baxmayaraq, onların deformasiyaya hesablanması üçün dəqiq mühəndis hesablama metodları bu günədək işlənməmişdir ki, bu metodlardan da hansı hallarda, necə istifadə olunması göstərilmişdir.

3. Müəyyən edilmişdir ki, sərbəst oturan və dəmir-beton anker ponurlar qeyri-qaya bünövrələrdə yaradılan beton bəndlərin kontakt sürüşməyə qarşı dayanıqlılığını artırmaqla yanaşı qurğunun bünövrəsinin gərginlikli deformasiya vəziyyətini də nizamlamağa imkan verir. Bu da qurğunun qeyri-müntəzəm çökmə deformasiyasını və qurğunun meyl etməsini azaltmağa imkan verir.

4. Dəmir-beton anker ponurlarının kontakt səthində yaranan sürüşməyə qarşı həddi müqaviməti nəzərə almaqla onların hesabi uzunluqlarının təyini üçün metodika işlənmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, drenaj quruluşunun ponurun altında yerləşmə vəziyyəti onun hesabi uzunluğuna ciddi təsir edir.

5. Sərbəst oturan və anker tipli dəmir-beton ponurların Fuss-Vinkler modeli əsasında əyilmədə diferensial tənlikləri müəyyən edilmiş, bünövrənin sərtlik əmsalının ponurun uzunluğu boyunca dəyişməsinə xarakterizə edən xətti və qeyri-xətti asılılıqlar təklif edilmişdir.

6. Baxılan kontakt məsələlərin həllində "sərhəd funksiyası" anlayışından və Pikar ardıcıl yaxınlaşma üsulundan istifadə olunmaqla ponurun ixtiyari kəsiyində əyinti, dönmə bucağı, əyici moment və kəsici qüvvəni hesablamaq üçün düsturlar alınmışdır.

7. Anker ponurlu qeyri-qaya bünövrəli suaşırən bəndlərin dayanıqlığa hesablanması üçün metodika təklif olunmudur.

8. Anker və sərbəst oturan dəmir-beton ponurlar üçün təklif olunan hesablama metodları səviyyə qaldıran beton hidrotexniki qurğuların layihələndirilməsində tətbiq üçün tövsiyyə edilir.

9. Qrunt mühitinin dərinliyi boyunca sərtlik əmsalının eksponensial qanunla dəyişdiyi halda hidrotexniki qurğuların əsasına vurulmuş mütləq-sərt dayağın şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanma metodikası işlənmişdir.

10. Dərin salınan mütləq-sərt dayağın üfüqi və boyuna dartıcı qüvvə təsirinə hesablanma üsulu verilmişdir, həddi üfüqi yüklənmə qabiliyyəti təyin edilmişdir.

11. Sərtlik əmsalları xətti qanunla dəyişən ikitəbəqəli qrunt mühitində mütləq-sərt dayaqların üfüqi yüklərin təsirinə hesablanma üsulu verilmişdir.

12. Qrunt mühitinin müxtəlif (ön və yan) müqavimətlərinin təsirini nəzərə almaqla dərin salınan prizmatik mütləq-sərt dayaqların şaquli və üfüqi yüklərin birgə təsirinə hesablanma metodikasında başlanğıc məchul parametrləri və boyuna böhran qüvvəsini təyin etmək üçün lazımı düsturlar alınmışdır.

13. Qrunt mühitinin sərtlik əmsalının parametrik qeyri-xətli qanunla dəyişməsinə və ilişənlik xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla dərin salınan prizmatik çevik dayaqların üfüqi yüklərin təsirindən deformasiyaya hesablanma üsulu işlənmiş və təcrübədə rast gəlinən müxtəlif hallara tətbiq edilmişdir.

14. Hidrotexniki qurğuların əsasında bircinsli qrunt mühitində ikipilləli dərin salınan çevik dayağın üfüqi yüklərin təsirinə hesablanma üsulunda, dayağın hər bir pilləsinin ixtiyari kəsiyində deformasiya və iç qüvvələrini təyin etmək üçün ifadələr alınmışdır.

15. Beton qurğuların (səviyyəqaldıran) bünövrəsində sızmaya qarşı tətbiq olunan bitmiş və asma şpunt divarların deformasiyaya hesablanma metodikası işlənmişdir.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı elmi məqalələrdə dərc olunmuşdur.

1. Məmmədov K.M., Məmmədov Ə.C. Sərt piramidal svayların qruntun yan müqaviməti nəzərə alınmaqla şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanması // "Ekologiya və su təsərrüfatı" Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, Bakı, 2009, № 4, s. 79-82.

2. Məmmədov K.M., Məmmədov Ə.C., Məmmədova V.V. Beton qurğuların bünövrəsində sızmaya qarşı tətbiq olunan bitmiş şpunt divarların deformasiyaya hesablanması // "Ekologiya və su təsərrüfatı" Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, Bakı, 2009, № 5, s. 104-108

3.Məmmədov K.M., Məmmədov Ə.C. Hidrotexniki tikintilərdə ilişənli qrunut şəraitində tətbiq olunan dərin salınan çevik prizmatik svayların deformasiyaya hesablanması // “Ekologiya və su təsərrüfatı” Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, Bakı, 2013, № 1, s. 59-63

4.Məmmədov K.M., Musayev Z.S., Həsənov E.E., Məmmədov Ə.C., Məmmədov A.E. Lyosvari batan qruntlarda svay və svay özüllərin üfüqi yük və topa momentin təsirinə hesablanması // “Ekologiya və su təsərrüfatı” Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, Bakı, 2013, № 5, s. 64-69

5. Мамедов А.Д. Метод расчета абсолютно жестких призматических свай глубокого заложения на совместное действие вертикальной и горизонтальных нагрузок с учетом лобового и бокового сопротивлений грунта // Научно-технический журнал “Сейсмостойкое строительство . Безопасность сооружений”. Москва, 2014, № 6, с. 36-38

6. Məmmədov Ə.C. Sızmaya qarşı tətbiq edilən asma şpunt divarların qrunut mühitinin sərtlik əmsalının parabolik qanunla dəyişməsi halında deformasiyaya hesablama üsulu // Qafqaz Universitetinin “Mexanika və sənaye mühəndisliyi” jurnalı. Bakı, 2015

7. Həsənov E.E. Məmmədov Ə.C. “Dayanıqsız strukturlu lyosvari batan qruntlarda dərin salınan dayaqların şaquli və üfüqi qüvvələrin birgə təsirinə hesablanması” / “Su təsərrüfatı, mühəndis kommunikasiya sistemlərinin müasir problemləri və ekologiya ” beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materilları. 14-15 aprel. Bakı-2014. səh. 133-136

8. Məmmədov Ə.C. Bünövrə qrunutunun sərtlik əmsalının parabolik qanunla dəyişən halı üçün sərbəst oturan dəmir-beton ponurun deformasiyaya hesablanması. “Nəzəri və tətbiqi mexanika” jurnalı. Bakı 2015, s.119-123

9. Məmmədov Ə.C. “Hidrotexniki tikintidə sızmaya qarşı tətbiq olunan ponur və şpunt divarlarının hesablanma üsullarının tədqiqi” / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika Elmi Konfransının Tezisləri. Bakı, 2015.

2.4 saylı elmi məqalələrdə həmmüəlliflər alınmış nəticələrin müzakirəsində iştirak etmişlər.

**Применение методов расчета понура и шпунтовых стен,
используемых в гидротехническом строительстве для борьбы с
фильтрацией**

РЕЗЮМЕ

Разработаны методы деформационного расчета понуров, свай и гибких шпунтовых стенок, используемых для борьбы с фильтрацией в основании гидротехнических сооружений. При расчете этих сооружений на статические нагрузки для определения реактивного сопротивления грунта использовалась модель Фусса-Винклера, дающая наибольшую схожесть с натурой.

При расчете деформаций свободно опертых гибких железобетонных понуров с постоянной жесткостью приняв коэффициент жесткости грунта постоянным.

В случае линейного и параболического изменения задачи изгиба понура приводятся к неоднородным дифференциальным уравнениям четвертого порядка. При решении этих уравнений существующими математическими методами, используя начальные граничные условия, были найдены зависимости для определения изгиба. Последовательным дифференцированием были получены выражения для определения угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы. Эти вопросы были решены для понуров с изменяющейся жесткостью.

По такой же закономерности был разработан метод деформационного расчета анкерных железобетонных понуров водосливных бетонных платин на нескатных основаниях. Были получены выражения для определения расчетной длины анкерных понуров. При расположении дренажа в передней и задней частях подземного контура водосливной плотины.

Были получены выражения для определения деформации и внутренних усилий абсолютно жестких и гибких опор, применяемых в основании гидротехнических сооружений. Были разработаны методы деформационного расчета противофильтрационных гибких стенок, висячих и достигших водоупора. При решении этих задач изменение коэффициента жесткости грунта применяется по линейному и квадратично-параболическому законам.

USING METHODS OF CALCULATION OF ANTI FILTRATION
FORE-APRON AND GROOVE WALLS USED IN HYDRAULIC
STRUCTURE BUILDING .

SUMMARY

They worked out methods of deformation calculation of anti filtration fore-aprons piles and flexible groove walls in the base of hydraulic structures when settling the problems of the structures forced by static loads in order to find reactive resistance of the ground they used Fuss-Winkler is model which is the most similar to nature.

When calculating the deformation of freely set flexible reinforced fore-aprons having the constant coefficient of rigidity they consider the coefficient of rigidity of the ground.

In case of its linear or parabolic change the problem of deformation of fore-apron comes to non-homogenous differential equations of fourth grade.

Solving these equations by means of known mathematic methods, solving the initial edge conditions they found formulas to determine bending. They obtained expressions to find the angle of turning bending moment and cross-sectional force by means of successive differentiating. Their problems have been settled for fore-aprons having changing rigidity.

Following the same approach they worked out the method of deformational calculation of anchor reinforced fore-apron of spillway concrete weirs on non-rock base.

They obtained the expressions of calculation length of anchor when drainage is located in the front and back of underground contour of spillway concrete weirs.

They found the expressions of deformations and internal forces absolutely rigid and flexible piles used in the base of hydraulic structures. They worked out the methods of deformational calculation of anti filtration flexible the water-resistant soil. Solving these problems changes of coefficient of rigidity of the ground take place according to linear or square parabolic law.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ**

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРАИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

АХАД ДЖАМАЛ ОГЛУ МАМЕДОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОНУРА И
ШПУНТОВЫХ СТЕН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С
ФИЛЬТРАЦИЕЙ**

Специальность: 3305.08- «Гидротехнические сооружения»

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике**

БАКУ-2015