

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

SAHİB AYDIN OĞLU PİRİYEV

LAYLI, ÇOXRABİTƏLİ VƏ ZƏDƏLƏNƏN YARIMMÜSTƏVINİN
GƏRGİNLİK VƏZİYYƏTİNİN TƏDQIQI

2002.01-Deformasiya olunan bərk cisim mexanikası

riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı - 2014

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin Mexanika-riyaziyyat fakül-
təsinin “Nəzəri mexanika və bütöv mühit mexanikası” kafedrasında yerinə
yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **M.B.AXUNDOV**

Elmi məsləhətçi: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **A.D.ZAMANOV**

Rəsmi opponetlər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **Ş.M.MÜTƏLLİMOV**
(*Azərbaycan Texnologiya Universiteti*)

fizika-riyaziyyat elmləri namizədi,
dosent **Ə.S.GÜLGƏZLİ**
(*Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası*)

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
“Nəzəri və inşaat mexanikası” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi 25 noyabr 2014-cü il saat 14⁰⁰-da Bakı Dövlət
Universitetinin nəzdindəki FD.02.016 Dissertasiya Şurasının iclasında
keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1148, Bakı şəhəri, Z.Xəlilov küçəsi 23.

Dissertasiya işi ilə Bakı Dövlət Universitetinin Kitabxanasında tanış
olmaq olar.

Avtoreferat 24 oktyabr 2014-cü il tarixdə göndərilib.

FD.02.016 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi:

riyaziyyat üzrə elmlər doktoru,
professor N.Q.Əhmədov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı: Konstruksiyaların xüsusi, qeyri adi şəraitdə istismarı və konstruksiya elementlərində yeni növ kompozit və polimer materiallardan istifadə olunması onların uzunmüddətli möhkəmliliyinin hesablanması aktualdır. Uzunmüddətli möhkəmlilik materiallarda zaman boyu tədricən baş verən dağılma prosesi ilə əlaqədardır və bu baxımdan dağılma zamanın ən aktual problemlərindən biri hesab olunur. Qurğuların davamlılığının sürəkliliyi bilavasitə qurğunun materialında baş verən dağılma prosesinin xarakterindən asılıdır. Bu mənada dağılma prosesinin öyrənilməsi bir zərurət kimi ortaya çıxır. Dağılma prosesi bütöv mühit mexanikası, bərk cisim mexanikası və materialşünaslıq üçün ortaq problemdir. Dağılma mexanikası iki istiqamətdə inkişaf edir: 1) ümumi nəzəri mülahizələr və təcrübi verilənlər əsasında bütöv mühitin dağılma modellərinin qurulması; 2) bu modellərin köməyi ilə uyğun məsələlərin həlli.

Dağılma prosesinə materialın quruluşu böyük təsir göstərir və bundan asılı olaraq dağılma mürəkkəb və qeyri sabit ola bilər. Həmçinin dağılma prosesinin xarici təsirdən də mühüm asılılığı vardır. Bunlar yüklənmənin xarakterindən, istilik rejimindən, səth effektlərindən və sairə asılıdır. Bütün bunlar materialın gərginlik vəziyyətinin xarakterinə təsir edir, bu da öz növbəsində dağılmanı şərtləndirir. Dağılmanın bir növü materiallarda yaranan və toplanan ümumi zədələnmə termini ilə ifadə olunan hansısa növ defektlərlə əlaqədardır. Belə dağılma səpələnmiş dağılma adlanır. Əgər gərginlik bircinsdirsə (məsələn, çubuğun dartılmasında), onda zədələnmə həcmə görə müntəzəm artır. Gərginlik sahəsi qeyri-bircins olan halda dağılma prosesinin analizi üçün iki mərhələni fərqləndirmək lazımdır: gizli dağılma (inkubasiya periodu) və aşkar dağılma mərhələləri. Gizli dağılma mərhələsində mikroçatlar və digər defektlər əmələ gəlir (məsələn $0 \leq t < t_1$ zaman intervalında), $t = t_1$ olanda artıq lokal dağılma baş verir, belə lokal dağılma oblastları ətrafında səpələnmiş mikroçatlar və digər defektlər bir-birinə qovuşaraq makroçat əmələ gətirir. Məsələn, materialın yorğunluqdan dağılması üçün aparılan təcrübələr göstərir ki, dağılmanın ilkin mərhələsində zədələr durmadan yığılır və zədələnmə səpələnmiş xarakteri daşıyır və bu mərhələnin sonunda makroçatlar əmələ gəlir və onlar sonrakı anlarda intensiv inkişaf edirlər. Yorğunluqdan dağılmada hamar nümunələr üçün inkubasiya periodu ümumi dövrlərin sayının 80-90%-ni təşkil edir. Aşkar dağılma mərhələsində isə dağılma müqayisəli dərəcədə tez baş verir.

Yeraltı konstruksiya elementlərinin layihələndirilməsi zamanı əsas məsələ onun dağılmasının qarşısını almaq məsələsidir. İstismar müddətində əksər yeraltı konstruksiyalar mürəkkəb gərginlik vəziyyətində olurlar. Konstruksiya elementlərinin materialları özlülük xüsusiyyətini daşıdıqda onların istismar müddətinin qiymətləndirilməsi böyük çətinliklər yaradır.

Materialın zədələnməsini nəzərə almaqla onun istismar qabiliyyətinin tədqiqi probleminin həlli elmi-texniki inkişafın vacib məsələlərindən biri hesab olunur.

Yeraltı boru kəmərləri və digər qurğuların çoxu qərarlaşmış temperatur şəraitində işlədiyi üçün belə konstruksiya elementlərinin materiallarının həcmindəki qərarlaşmış temperatur zədələnmələrinin nəzərə alınması dağılma mexanikasının aktual məsələlərindəndir.

İşin məqsədi: Qruntala əhatə olunmuş dairəvi konsentrik və maye ilə doldurul-

muş ikilaylı, üçlaylı elastiki və özlü elastiki quraşdırılmış borularda kontakt təzyiqin hesablanması; şaquli və qeyri bircins quyularda mühitlərarası kontakt təzyiqə yeraltı suların süzülməsinin təsirinin öyrənilməsi; qalıncıqlı boruların səpələnmiş dağılmasının aqressiv mühitlərin təsirinin tədqiqi; üfüqi və şaquli boşluğu olan zədələnmə yarımüstəvidə boşluqətrafi mühitin səpələnmiş dağılmasının tədqiq edilməsindən ibarətdir.

Elmi yeniliyi: – qeyd olunan konstruksiya elementləri üçün başlanğıc dağılma zamanını təyin edən (inkubasiya dövrü) düsturlar.

– şaquli vəziyyətdə qrunta basdırılmış silindrik elastiki boruların gərginlik vəziyyəti tədqiq olunmuşdur. Burada qrunla təmasda olan borularda kontakt təzyiq üçün analitik düstur alınmış və hesablamalar aparılmışdır.

– şaquli vəziyyətdə qrunta basdırılmış silindrik, elastiki və özlü elastiki ikilaylı quraşdırılmış boruların gərginlik vəziyyəti tədqiq olunmuş və təmas səthlərində yaranan kontakt təzyiqlər üçün analitik düsturlar alınmışdır.

– aktiv mühitlə təmasda olan zədələnmə materialdan hazırlanmış borda dağılma cəbhəsi üçün inteqral tənlik alınmış və hesablanmışdır.

– şaquli iki laylı silindrik quyuların dayanıqlığına qrun sularının təsiri araşdırılmış və hesablamalar aparılmışdır. Həmin hesablamalardan istifadə edərək mühitlərin təmas səthində yaranan kontakt təzyiqin zamandan asılı olaraq stabilləşmə əyriləri qurulmuşdur.

– dağılma prosesinin temperaturun konstruksiya elementinin həcmi boyu paylanma qanunundan asılılığının analizi verilmişdir.

– dağılma cəbhəsinin hərəkətini xarakterizə edən qeyri-xətti inteqral tənlik və tənliklər sistemi alınmış və həll edilmişdir. Sadə eksponensial nüvə halında səpələnmiş dağılmanı xarakterizə edən prosesin analitik keyfiyyət analizi aparılmış, sinqulyar nüvə halı isə ədədi üsulla tədqiq olunmuşdur. Dağılma cəbhəsinin arxasında materialın iş qabiliyyətinin qismən saxlanması halı araşdırılmışdır (qalıq möhkəmliliyin varlığı halı).

– dağılma prosesini xarakterizə edən parametrlərin materialın fiziki və həndəsi keyfiyyətlərindən asılılığı müəyyənləşdirilmişdir.

– bircins zədələnmə yarımüstəvinin dağılmasının tədqiqi məsələsində oblastın düzxətli sərhəddində təsir edən müntəzəm paylanmış yükün boşluğa görə simmetrik və qeyri-simmetrik paylandığı hallara baxılmışdır. Məsələnin həllində ədədi üsuldan–sonlu fərqlər üsulundan istifadə edilmişdir.

Tədqiqat üsulu: Y.V.Suvorova və M.B.Axundov tərəfindən verilmiş deformasiya olunan izotrop cisimlər üçün irsi zədələnmə nəzəriyyəsinin bazasına əsaslanmışdır. Alınmış inteqral tənliklər və tənliklər sistemi ədədi üsulla həll olunmuşdur. Hesablama prosesində Volter–Rabotnovun uyğunluq prinsipindən və Rabotnov rezolvent operatorunun cəbri düsturlarından və xassələrindən istifadə edilmişdir.

Nəticələrin dəqiqliyi: məlum olan çoxsaylı təcrübələrdə təsdiq edilmiş zədələnmə nəzəriyyəsinə istifadə olunmasına, uyğun elastiki məsələlərin dəqiq həllərindən istifadə edilməsinə, alınmış inteqral tənliklərin və tənliklər sisteminin həlli sxeminin dəqiqliyinin yoxlanılmasına əsaslanır.

Praktiki əhəmiyyəti: Alınmış nəticələrdən yeraltı tunellərin və boru kəmərlərinin

uzunömürlülüyünün hesablanmasında, onların dayanıqlığının qiymətləndirilməsində istifadə oluna bilər.

Dissertasiyada yerinə yetirilən tədqiqat işləri Bakı Dövlət Universitetinin “Nəzəri mexanika və bütöv mühit mexanikası” kafedrasının elmi planları çərçivəsində aparılmışdır.

İşin aprobasiyası: İşin nəticələri AMEA-nın Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu-Akademik İ.İ.İbrahimovun 90 illiyinə həsr olunmuş riyaziyyat və mexanikanın tətbiqi məsələləri üzrə VI Respublika Konfransında, aspirantların və gənc tədqiqatçıların VIII Respublika Elmi Konfransında, 24-28 may 2010-cu il tarixdə Latviya Universitetinin Polimer Mexanikası İnstitutunda kompozit materiallar mexanikası üzrə XVI beynəlxalq konfransında, 2-6 iyun 2014-cü il tarixdə Latviya Universitetinin Polimer Mexanikası İnstitutunun 50-ci ildönümünə həsr olunmuş kompozit materiallar mexanikası üzrə beynəlxalq konfransda, BDU-nun “Nəzəri mexanika və bütöv mühit mexanikası” kafedrasının seminarlarında məruzə və müzakirə edilmişdir.

Dissertasiyanın nəşri: Dissertasiya işi əsasında 12 (on iki) sayda elmi məqalə dərc olunmuşdur.

İşin sturukturu və həcmi: Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 178 səhifəlik yazıdan, 35 şəkildən, 13 cədvəldən və 164 sayda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

DİSSERTASIYANIN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya işi giriş, dörd fəsil, nəticə, ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

Girişdə dissertasiya işinin aktuallığı, məqsədləri, elmi yeniliyi, nəticələrin dəqiqliyi və praktiki əhəmiyyəti qeyd olunmuş və dissertasiyanın fəsillərinin qısa məzmunu verilmişdir.

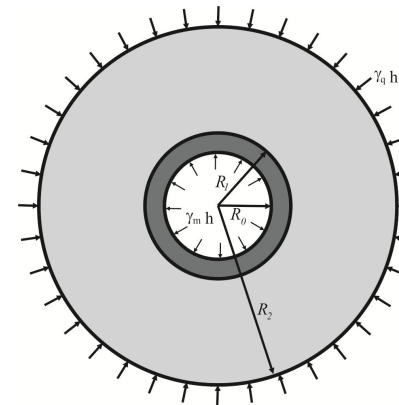
Birinci fəsil – “Üfüqi boşluqları olan yeraltı mühitin gərginlik–deformasiya vəziyyəti” adlanır və dörd yarım fəsildən ibarətdir. Bu fəsil köməkçi xarakter daşıyır və burada dissertasiyanın mövzusunə aid aparılan elmi işlərin icmalı və üfüqi boşluqları olan yeraltı zədələnən mühitlərin gərginlik–deformasiya vəziyyətinin tədqiqi problemlərinə aid istinad olunan əsas elmi tədqiqatların qısa xülasəsi verilmişdir.

Birinci yarım fəsildə əsas zədələnmə nəzəriyyəsinin qısa izahatı verilmişdir. İkinci yarım fəsil izotrop yarımsonsuz mühitin üfüqi boşluqlar ətrafı gərginlik vəziyyətinin öyrənilməsinə həsr olunmuş və burada boşluq ətrafı mühitin gərginlik vəziyyətinin araşdırılması nəzərdən keçirilmişdir. Üçüncü yarım fəsildə analoji qayda ilə anizotrop yarımsonsuz mühitin üfüqi boşluq ətrafı gərginlik vəziyyəti haqqında ümumi məlumatlar verilmişdir. Dördüncü yarım fəsildə möhkəmləndirilmiş boşluğun hesabata sxeminə, həmçinin boşluq ətrafı dayaqların layihə–konstruktor parametrlərinə və ya düzəltmə qaydalarına görə onların təsnifatı verilmişdir.

İkinci fəsil – “Qruntla təmasda olan silindirik və çoxlaylılayli mühitlərin gərginlik vəziyyəti” adlanır. Bu fəsildə qrunta basdırılmış və maye ilə doldurulmuş dairəvi konsentrik elastiki və özlü elastiki laylı borularda laylararası kontakt təzyiqin tapılması məsələsinə baxılmışdır.

Birinci yarım fəsildə qrunta əhatə olunmuş və maye ilə doldurulmuş dairəvi

elastiki borunun gərginlik vəziyyəti tədqiq edilmişdir. Məsələnin həllində sərhəd şərtləri, daxildə olan mayenin təsiri oxa simmetrik olaraq bərabər paylanmış qüvvələr, xarici səthdə olan qrunun təsiri səth boyu bərabər paylanmış qüvvələr kimi qəbul olunmuşdur. Həmin yarım fəsildə burada daxili layın elastiki, xarici qrunun layının özüləlastığı olduğu hala baxılmış və onlar arasında yaranan kontakt təzyiqin zamandan asılılıq düsturu alınmışdır (şəkl.1).



Şəkl.1. Borunun en kəsiyi

Hər bir lay üçün gərginliklə yerdəyişmə arasında olan məlum asılılıqlar aşağıdakı kimidir:

Birinci layda ($r=R_0$ -da):

$$\begin{aligned}\sigma_{rr}^{(1)} &= \frac{E_1}{1-\nu_1^2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial r} + \nu_1 \frac{u_1}{r} \right), \\ \sigma_{\varphi\varphi}^{(1)} &= \frac{E_1}{1-\nu_1^2} \left(\frac{\partial u_1}{r} + \nu_1 \frac{\partial u_1}{\partial r} \right), \\ \sigma_{r\varphi}^{(1)} &= G_1 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_1}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right).\end{aligned}\tag{1}$$

İkinci layda:

$$\begin{aligned}\sigma_{rr}^{(2)} &= \frac{E_2}{1-\nu_2^2} \left(\frac{\partial u_2}{\partial r} + \nu_2 \frac{u_2}{r} \right), \\ \sigma_{\varphi\varphi}^{(2)} &= \frac{E_2}{1-\nu_2^2} \left(\frac{\partial u_2}{r} + \nu_2 \frac{\partial u_2}{\partial r} \right), \\ \sigma_{r\varphi}^{(2)} &= G_2 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_2}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right).\end{aligned}\tag{2}$$

Sərhəd şərtləri:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^{(1)} \Big|_{r=R_0} &= \gamma_m h; \quad \sigma_{rr}^{(1)} \Big|_{r=R_1} = -q_k, \\ \sigma_{rr}^{(2)} \Big|_{r=R_1} &= -q_k; \quad \sigma_{rr}^{(2)} \Big|_{r=R_2 \rightarrow \infty} = -\gamma_q h. \end{aligned} \quad (3)$$

Burada γ_m -mayenin, γ_q -qruntun çəkisi, h -borunun yerləşmə dərinliyi, E_1, G_1, ν_1 borunun elastiklik modulları və Poasson əmsal, E_2, G_2, ν_2 qruntun elastiklik modulları və Poasson əmsalı, q_k -borunun xarici səthi ilə qrunt arasında yaranan kontakt təzyiqli adlanır. Hər iki lay üçün müvazinət tənliyi aşağıdakı kimidir.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2} = 0. \quad (4)$$

(4) tənliyinin həlli, uyğun olaraq daxili və xarici laylar üçün aşağıdakı kimi axtarılır.

$$u_1 = c_1 r + c_2 / r, \quad u_2 = c_3 r + c_4 / 4. \quad (5)$$

(5) həllini (1) və (2)-də yazıb (3) sərhəd şərtlərini nəzərə alıb c_1, c_2 və c_3, c_4 sabitlərini təyin etdikdən sonra daxili və xarici laylar üçün yerdəyişmələr aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{[R^2 R_1^2 (1-\nu_1) + R_0^2 R_1^2 (1+\nu_1)] q_k - [R^2 R_0^2 (1-\nu_1) + R_0^2 R_1^2 (1+\nu_1)] \gamma_m h}{R(R_0^2 - R_1^2) E_1}, \\ u_2 &= \frac{[R^2 R_2^2 (1-\nu_2) + R_1^2 R_2^2 (1+\nu_2)] \gamma_q h - [R^2 R_1^2 (1-\nu_2) + R_1^2 (1+\nu_2)] q_k}{R(R_1^2 - R_2^2) E_2}, \end{aligned} \quad (6)$$

$r = R_1$ -də $u_2 - u_1 = \varepsilon$ -şərtindən hər iki mühitin elastiki olduğu halda təmas səthində yaranan kontakt təzyiqli təyin edə bilərik.

$$q_k = \frac{(-\varepsilon k_3 k_6 E_1 + k_2 k_6) E_2 + k_3 k_4 E_1}{k_1 k_6 E_2 + k_3 k_5 E_1}. \quad (7)$$

Burada k_1, k_2, k_3, k_4 və k_5 daxil edilmiş işarələmələrdir.

Bundan sonra, ikinci mühiti özlüelastiki mühit kimi qəbul edilmiş və Rabotnovun irsi növ zədələnmə nəzəriyyəsinə əsasən fiziki asılılıqlar aşağıdakı kimi olur.

$$\varepsilon_{ij} = (1 + M^*) s_{ij}, \quad \varepsilon = 3K\sigma. \quad (8)$$

Burada ε və σ -deformasiya və gərginlik tenzorlarının kürəvi hissələri, ε_{ij} və s_{ij} -onların deviatorları, K -həcmi deformasiya modulu, M^* -zədələnmə prosesini xarakterizə edən integral operatorudur:

$$M^* s_{ij} = \sum_{k=1}^n \Phi_k(t_k^+) \int_{t_k^-}^{t_k^+} M(t_k^+ - \tau) s_{ij}(\tau) d\tau + \int_{t_{n+1}^-}^t M(t - \tau) s_{ij}(\tau) d\tau. \quad (9)$$

$M(t - \tau)$ -zədələnmə nüvəsi, $(t_k^-; t_k^+)$ -isə aktiv yükləmədə zaman intervallardır. Baxılan məsələdə olduğu kimi, yükləmə zaman boyu sabit və ya monoton artan olan

halda zədələnmə prosesini ifadə edən M^* integral operatoru adi özlüelastiki operatora çevrilir.

$$M^* s_{ij} = \int_0^t M(t - \tau) s_{ij}(\tau) d\tau, \quad (10)$$

və onunla bütün əməliyyatlar, məlum rezolvent operatorlar cəbrindən istifadə olunaraq aparıla bilər. Həmçinin bu halda özlüelastiklikdə məlum olan uyğunluq prinsipindən istifadə etmək mümkündür. Sonrakı mərhələdə ikinci mühit zədələnmə mühit kimi qəbul olunmuş və uyğunluq prinsipindən istifadə olunmuşdur.

$$\tilde{E}_2 = E_2 (1 - \mathfrak{D}_\alpha^*(\lambda)). \quad (10')$$

Burada $\mathfrak{D}_\alpha^*(\lambda)$ zədələnməni xarakterizə edən integral tipli operatorudur. (10')-i (7)-də nəzərə alsaq kontakt təzyiqli üçün növbəti düstur alınır.

$$q_k = \frac{A+B}{C+D} \left[1 + (\mu_2 - \mu_1) \mathfrak{D}_\alpha^*(\lambda + \mu_2) \cdot 1 \right]. \quad (11)$$

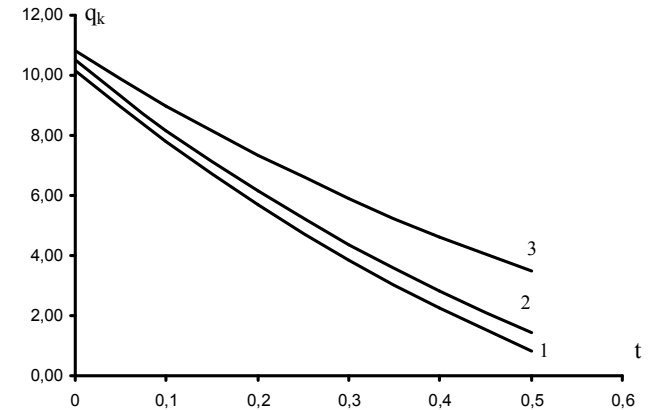
(11) düsturunun hesablanması zamanı $\mathfrak{D}_\alpha^*(\lambda)$ operatorunun nüvəsi,

$$\mathfrak{D}_0(\lambda + \mu_2) = e^{(\lambda + \mu_2)t}, \quad (\alpha = 0)$$

$$q_k = \frac{A+B}{C+D} \cdot \left[1 + (\mu_2 - \mu_1) \cdot (1 - e^{(\lambda + \mu_2)t}) \right]. \quad (12)$$

(12)-düsturundan kontak gərginliklərin hesablanması zamanı aşağıdakı şəkildə işarələmələr qəbul olunmuş və alınmış nəticələr qrafiklərdə göstərilmişdir.

$$E_1/E_2 = \psi; \quad R_0/R_1 = \eta; \quad e = \varepsilon \cdot \beta; \quad \beta = E_1/p_0$$



Şək. 2. $\varepsilon=1, \eta=0,5$ -qiymətlərində kontakt gərginliyin relaksasiyası

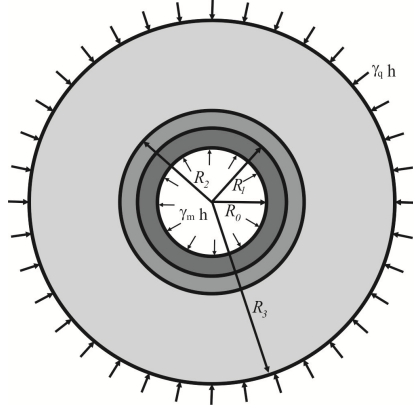
1. $\psi=2$; 2. $\psi=4$; 3. $\psi=10$;

Qrafikdən görünür ki, şaquli vəziyyətdə qrunt basdırılmış silindirik boru ilə ətraf qrunt arasında olan kontakt təzyiqlin relaksasiyası mühitlərin mexaniki xassələrindən asılı olaraq dəyişir. Belə ki, mühitlərin mexaniki xassələrinin nisbəti artdıqda, onlar

arasındaki kontakt təzyiqin azalması stabilləşir.

Birinci yarımfəsilin birinci bəndində qruntla təmasda olan silindirik elastiki svayın gərginlik vəziyyəti tədqiq olunmuşdur. Burada svayla qrunt arasında yaranan kontakt təzyiq üçün düstur alınmışdır. Həmin düsturdan istifadə edərək svayın həndəsi ölçülərinin və elastiklik modullarının müxtəlif qiymətlərinə uyğun hesablamalar aparılmış və kontakt təzyiqin zamandan asılılıq əyriləri qurulmuşdur.

Birinci yarımfəslin ikinci bəndində şaquli vəziyyətdə qruntla basdırılmış və maye ilə doldurulmuş ikilaylı quraşq borunun gərginlik vəziyyəti tədqiq edilmişdir (şək. 3).



Şək. 3. Borunun en kəsiyi.

Uyğun olaraq hər bir mühit üçün sərhəd şərtləri aşağıdakı kimi qəbul olunmuşdur:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^{(1)} &= \Big|_{r=R_0} = -\gamma_m h; & \sigma_{rr}^{(2)} &= \Big|_{r=R_2} = -q_k^{(2)}; \\ \sigma_{rr}^{(1)} &= \Big|_{r=R_1} = -q_k^{(1)}; & \sigma_{rr}^{(3)} &= \Big|_{r=R_2} = -q_k^{(2)}; \\ \sigma_{rr}^{(2)} &= \Big|_{r=R_1} = -q_k^{(1)}; & \sigma_{rr}^{(3)} &= \Big|_{r=R_3 \rightarrow \infty} = -\gamma_q h \end{aligned} \quad (12)$$

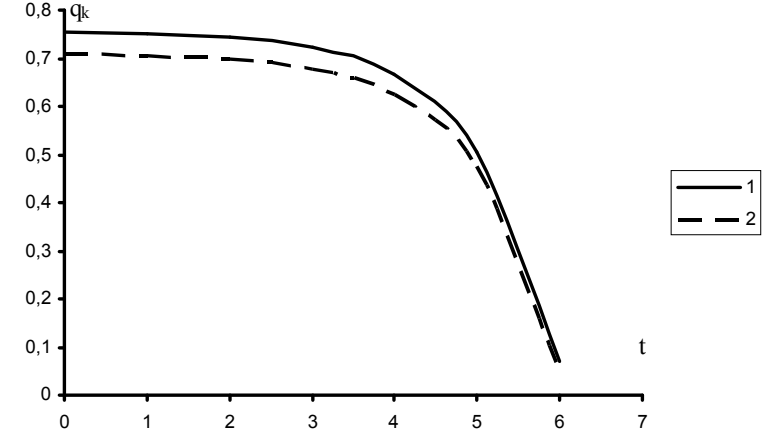
Burada γ_m -borunun daxilində olan mayenin və γ_q -qruntun xüsusi çəkili, h -quyunun yerləşmə dərinliyi, $q_k^{(1)}$ -quraşq borunun layları arasında yaranan kontakt təzyiq, $q_k^{(2)}$ -boru ilə ətraf qrunt arasında olan kontakt təzyiqdir.

Analoji qayda ilə təmas səthlərində yaranan kontakt təzyiqlər üçün alınmış düsturlar aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$q_k^{(1)} = \frac{A_2 + B_2}{D_2} + \frac{C_2}{D_2} \cdot \frac{A_1 E_3 + B_1}{C_1 E_3 + D_1} \cdot (1 - (\mu_1 - \mu_2)(1 - e^{(\lambda + \mu_2)t})), \quad (13)$$

$$q_k^{(2)} = \frac{A_1 E_3 + B_1}{C_1 E_3 + D_1} \cdot (1 - (\mu_1 - \mu_2)(1 - e^{(\lambda + \mu_2)t})). \quad (14)$$

Burada $A_1, B_1, D_1, C_1, \mu_1, A_2, B_2, D_2, C_2, \mu_2$ -daxil edilmiş işarələmələr, E_3 -qruntun elastiklik moduludur. (13) və (14) düsturlarından istifadə edərək kontakt təzyiqlərin zamandan asılılıq qrafikləri aşağıdakı kimi olur.



Şək. 4. Kontakt gərginliyin zamandan asılılığı.

1-əyrisi $r=R_1$ -də olan, 2-əyrisi $r=R_2$ -də olan kontakt gərginlikdir.

Qrafikdən aydın olur ki, konsentrik mühitlərin sayı üç olduqda mühitlərarası kontakt təzyiqin zamandan asılı olaraq azalması bir müddət gecikir və bu ümumi zamanın 50%-ni təşkil edir. Zamanın müəyyən qiymətindən sonra sürətlə sifira yaxınlaşır. Həmçinin qrafikdən görünür ki, birinci və ikinci mühitlər arasındakı dağılma, ikinci və üçüncü mühitlərarası dağılmadan gec baş verir. Şəkil 2 və şəkil 3 qrafiklərinin müqayisəsindən aydın olur ki, boru ikilaylı olduqda qruntla təmas səthində yaranan kontakt təzyiq əvvəlcədən stabil olur. Yəni boru ikilaylı olan halda təmas səthi daha möhkəm olur.

İkinci yarımfəsildə aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnən materialdan hazırlanmış silindirik borunun səpələnmiş dağılmasına aqressiv mühitin təsiri tədqiq edilmişdir. Məsələnin həlli tarazlıq tənlikləri, deformasiyanın birgəlik tənlikləri və deformasiya komponentləri ilə gərginlik komponentləri arasındakı asılılıqlar, aqressiv mühitin boruda paylanma konsentrasiyası üçün diffuziya tənliklərindən ibarət tənliklər sisteminin həllinə gətirilmişdir. Alınan nəticələr əsasında aqressiv mühitin dağılma prosesinə təsiri müəyyən edilmişdir. Aqressiv mühitlə təmasda olan qalındıvarlı borunun səthində aqressiv mühitin paylanmasını xarakterizə edən diffuziya tənliyi aşağıdakı kimidir.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \text{div}(D \text{grad } c). \quad (15)$$

Aqressiv mühitin konsentrasiyası üçün başlanğıc şərt:

$$c(\vec{r}, t) \Big|_{\vec{r} \in S} = 1. \quad (16)$$

Burada \vec{r} - nöqtənin vektorial koordinatı s - borunun xarici səthi, c - aqressiv mühitin konsentrasiyası adlanır. Aydın məsələdir ki, gərginlik altında işləyən boru konstruksiyalarının dağılması zamandan asılı olaraq tədricən baş verir. Buna səbəb dağılan hissənin arxasında dağılmayan hissənin təsir göstərməsidir. Dağılan hissənin

genişlənməsi dağılma cəbhəsinin inkişafı adlanır və onun genişlənməsi konstruksiyanın uzunmüddətli möhkəmliyini xarakterizə edən səbəbdir. Struktur elementlərin gərginlik vəziyyəti ekivalent gərginliklə xarakterizə olunur σ_{ϑ} . Burada ekivalent gərginlik olaraq gərginliyin intensivliyi götürülmüşdür σ_u . Aqressiv mühütlə təmasda olan struktur element üçün möhkəmlik kriteriyasının materialın ani möhkəmlik həddi ilə ifadəsi aşağıdakı kimidir.

$$\sigma_{\vartheta} = \sigma_u, \quad (1 + M^*)\sigma_{\vartheta} = \sigma_0. \quad (17)$$

Burada M^* - zədələnməni xarakterizə edən inteqral tipli operatorudur.

Aqressiv mühitin konsentrasiyası aydın məsələdir ki, materialın ani möhkəmlik həddinə təsir göstərir və tədiq olunan işdə bu asılılıq xətti götürülmüşdür.

$$\sigma_0(c) = \sigma_0(1 - \gamma c), \quad (18)$$

Burada $0 < \gamma < 1$ - sabit kəmiyyətdir. Konstruksiyanın dağılması müəyyən anda baş verir və bu ana qədər dağılma prosesi gizli gedir. Həmin gizli dağılmanı xarakterizə edən zaman inkubasiya zamanı adlanır və inkubasiya zamanı (17) münasibətindən müəyyən olunur. Bundan sonra dağılma genişlənir və nəticədə dağılma cəbhəsi yaranır. Dağılma cəbhəsi cismin tam həcmi əhatə etdikdən sonra konstruksiya davamlılığını itirərək sıradan çıxır. Bu problemin həllinə daha dəqiq yanaşsaq, belə nəticəyə gəlmək olar ki, dağılma cəbhəsi cismin tam həcmi əhatə edənə qədər qurğu öz iş qabiliyyətini davam etdirir. Burada dağılma prosesinin dağılma cəbhəsinin inkişafı ilə əlaqəsi öyrənilmişdir. Burada xarici dairəvi oblast iki s_{1c} və s_1 dairəvi oblastlara bölünmüşdür. Burada s_{1c} -dağılma cəbhəsi, s_1 - oblastın dağılmayan hissəsidir. Hansı ki, s_{1c} və s_1 oblastları mexaniki xassələrinə görə bir-birindən fərqlidir. μ_0, μ_c və μ_1 -uyğun olaraq s_0, s_{1c} və s_1 oblastları üçün sürüşmədə elastiklik modullarıdır.

$$\chi = \mu_c / \mu_1; \quad 0 < \chi < 1.$$

R_c - ilə dağılma cəbhəsinin dəyişmə radiusunu işarə edək $R_c = R_c(t)$. Həmçinin q_1 -ilə $R = R_1$ -də, q_2 - ilə isə $R = R_c$ -də, yəni dağılma cəbhəsində olan kontakt gərginlikləri işarə edək. Bu məsələdə hər üç oblast sıxılmayan mühit kimi qəbul olunmuşdur.

Bu işdə dağılma cəbhəsinin yaranması, dağılan hissənin mexaniki xassələrinin dəyişməsi və mühitin dağılmayan hissəsinin dağılma oblastına təsiri öyrənilmişdir. Baxılan məsələdə aqressiv mühitin konsentrasiyası üçün sərhəd şərtləri aşağıdakı kimi qəbul olunmuşdur:

$$C(R_1; t) = 1, \quad C(R_2; t) = 0. \quad (20)$$

Məsələnin həllinin növbəti mərhələsində aqressiv mühitin konsentrasiyası borunun qalınlığı boyu aşağıdakı şəkildə qəbul edilmişdir:

$$C(R) = (R_2 - R) / (R_2 - R), \quad (21)$$

Onda (17) dağılma kriteriyası aşağıdakı kimi olar:

$$\sigma_u^{(1)}(t) + \int_0^t M(t - \tau) \sigma_u^{(1)}(\tau) d\tau = \sigma_0(1 - \gamma c(t)). \quad (22)$$

Gərginlik intensivliyi aşağıdakı kimidir:

$$\sigma_u = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta})^2 + (\sigma_{rr} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{\theta\theta} - \sigma_{zz})^2}. \quad (23)$$

(23)-ü (22)-də nəzərə alsaq dağılma cəbhəsinin inkişafını xarakterizə edən tənlik aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\frac{q_2(t)}{R_2^2 - R_c^2(t)} + \frac{1}{R_c^2(t)} \int_0^t M(t - \tau) \frac{R_c^2(\tau) q_2(\tau)}{R_2^2 - R_c^2(\tau)} d\tau = \frac{\sigma_0}{\sqrt{3} R_2^2} \left(1 - \gamma \frac{R_2 - R_c(t)}{R_2 - R_1} \right). \quad (24)$$

Dağılma cəbhəsinin inkişafını xarakterizə edən (24) inteqral tənliyində operatorun nüvəsi sabit qəbul olunmuşdur.

$$M(t - \tau) = m = const. \quad (25)$$

(24) tənliyinə daxil olan $q_2(t)$ -dəyişəni təmas səthində yerdəyişmələrin kəsilməzlik şərtindən istifadə edərək təyin olunur. Tənliyin həlli üçün başlangıç şərt növbəti şəkildədir.

$$R_c \Big|_{t=t_0} = R_1. \quad (26)$$

Digər tərəfdən (24)-də $t = t_0$; $R_c = R_1$ və $q_2 = q_1$ götürsək inkubasiya zamanı üçün düstur alınır.

$$t_0 = \frac{1}{m} \left[\frac{1 - \frac{R_1^2}{R_2^2}}{\frac{\mu_0}{\mu_1} \left(1 - \frac{R_1^2}{R_0^2} \right) + \frac{\sqrt{3} p}{\sigma_0(1 - \gamma)}} - 1 \right]. \quad (26)$$

Üçüncü yarımfəsildə şaquli quyuaşrafı mühitin dayanıqlıq prosesinə baxılmışdır. Məsələdə birölçülülük, yastı radial-süzülmə axınının qeyri-bircins quyuaşrafı mühitin möhkəmliyinə təsiri öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr onu göstərir ki, mayenin qərarlaşmış yastı-radial süzülməsi zamanı, mühitlərin təmas səthində yeraltı suların süzülməsi nəticəsində yaranan təzyiqin təsiri nəzərə alındıqda həmin səthdə kontakt gərginliklərin relaksasiyası intensivləşir.

Dördüncü yarımfəsildə qrunla təmasda olan boru kəmərləri vasitəsi ilə axıdılan maye və qazların temperaturlarının təsirindən, borularda yaranan əlavə temperatur gərginliklərinin hesablanması məsələsinə baxılmışdır. Belə yanaşma çərçivəsində bu yarımfəsildə qrunla basdırılmış və maye ilə doldurulmuş ikilaylı elastiki və özlü-elastiki şaquli boruda temperatur gərginliklərinin təyin olunması məsələsi tədqiq olunmuşdur. Bu məsələdə boru kəməri daxili radiusu R_0 , xarici radiusu R_1 və daxili radiusu R_1 , xarici radiusu R_2 olan iki dairəvi konsentrik silindrik borulardan ibarətdir. Məsələnin həllində silindrik r, θ, z koordinat sistemindən istifadə olunmuş və z -oxu borunun oxu istiqamətində şaquli aşağı yönəlmişdir. Burada fərz olunmuşdur ki,

boru maye ilə doldurulmuş və mayenin yaratdığı təzyiq oxa simmetrik şəkildə daxili səthi boyu bərabər paylanmışdır. İkinci borunun xarici səthində qruntun yaratdığı təzyiq səth boyu bərabər paylanmışdır.

Üçüncü fəsil. “Üfüqi və şaquli boşluğu olan yarımsonsuz mühitin dağılması” adlanır. Bu fəsildə yarımsonsuz mühitin üfüqi və şaquli boşluq ətrafı dağılmasının müxtəlif geomexaniki modelləri verilmişdir.

Birinci yarım fəsildə başlanğıc bərabərkomponentli gərginlik vəziyyətində olan yarımsonsuz mühitin dağılması modelləri verilmişdir.

İkinci yarım fəsildə üfüqi boşluqətrafı dağılma cəbhəsinin yaranması və genişlənməsi məsələsinə baxılmış və burada bərabər-komponentli, başlanğıc təbii gərginlik vəziyyətli bircins izotrop zədələnmə mühitin içərisində yerləşən üfüqi boşluq ətrafında dağılma cəbhəsinin yaranması və genişlənməsi prosesinin tədqiqinə irsi tipli zədələnmə nəzəriyyəsini tətbiq edərək zədələnmənin toplanması prosesi araşdırılmışdır.

Bərabərkomponentli, başlanğıc təbii gərginlik vəziyyətli bircins izotrop mühit içərisində yerləşən üfüqi boşluq ətrafında dağılma cəbhəsinin yaranması və genişlənməsi prosesinin tədqiqinə irsi tipli zədələnmə nəzəriyyəsini tətbiq edək. Diqqəti yalnız zədələnmənin toplanması prosesinə yönəldək. Yəni mühitin mexaniki xassələrini elastiki zədələnməyə malik olmasını fərz edək. Onda mühitin hal tənliyi (8) şəkilində olur.

M^* və N^* zədələnmə prosesini təsvir edən irsi tipli operatoru ümumi halda aşağıdakı kimi olur:

$$M^* S_{ij} = \sum_{k=1}^n \Phi(\sigma_u(t_k^+)) \int_{t_k^-}^{t_k^+} M(t_k^+ - \tau) S_{ij}(\tau) d\tau + \int_{t_{n+1}^-}^t M(t - \tau) S_{ij}(\tau) d\tau, \quad (27)$$

$$N^* S_{ij} = \sum_{k=1}^n \Phi(\sigma_u(t_k^+)) \int_{t_k^-}^{t_k^+} N(t_k^+ - \tau) S_{ij}(\tau) d\tau + \int_{t_{n+1}^-}^t N(t - \tau) S_{ij}(\tau) d\tau.$$

Burada $t \in (t_{i+1}^-, t_{i+1}^+)$ -zədələrin toplanması prosesinin baş verdiyi zaman intervallarıdır, hansı ki, aşağıdakı şərtdən təyin olunurlar.

$$\partial \sigma_u / \partial t \geq 0,$$

σ_u - gərginlik intensivliyi olub aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{3}{2} \sqrt{S_{ij} S_{ij}}} = \sqrt{\sigma_{rr}^2 + \sigma_{\varphi\varphi}^2 + \sigma_{zz}^2 - \sigma_{rr} \sigma_{\varphi\varphi} - \sigma_{\varphi\varphi} \sigma_{zz} + 3\sigma_{rz}^2},$$

Φ - defektlərin bərpası funksiyasıdır.

Fəal arasıkəsilməz davam edən yüklənmə prosesi üçün zədələnmə operatoru adi özlü elastiklik operator, yəni (10) şəkilində olur.

Möhkəmlik kriteriyasının iki növünə—maksimal gərginliyə və gərginlik intensivliyinə görə yazmaq olar. Maksimal gərginliyə və intensivliyə görə,

$$\sigma_{\max} + M^* \sigma_{\max} = \sigma_0, \quad (28)$$

$$\sigma_u + M^* \sigma_u = \sigma_0. \quad (29)$$

Burada σ_0 -ni möhkəmlikdir.

Bərkidilməmiş ($p = 0$) boşluq halında gərginliklər aşağıdakı kimi olur:

$$\sigma_r = q \left(1 - \frac{1}{r^2}\right); \sigma_\theta = q \left(1 + \frac{1}{r^2}\right); \sigma_z = q; \tau_{rz} = \tau_{r\theta} = \tau_{z\theta} = 0. \quad (30)$$

(30) ifadələrindən görünür ki, maksimal sıxılma gərginliyi ən böyük qiymətini boşluq konturunda, $r = 1$ -də olan tangensial σ_θ gərginliyidir.

$$\sigma_\theta^{\max} = 2q \quad (31)$$

(31) ifadəsini (28) möhkəmlik kriteriyasında nəzərə alsaq üfüqi boşluğun dağılmasının t_0 başlanğıc zamanını tapırıq:

$$2q(1 + M^* \cdot 1) = \sigma_0$$

t_0 zamanı üçün aşkar ifadəni düstur şəkilində yazmaq üçün zədələnmə operatorunun nüvəsini dəqiqləşdirmək lazımdır. Müxtəlif nüvələr üçün dağılma kriteriyasından istifadə edərək t_0 üçün aşağıdakı düsturlar alınır:

$$a) M(t) = mt^{-\alpha} : t_0 = \left[\frac{1-\alpha}{m} \left(\frac{\sigma_0}{2q} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}, \quad (32)$$

$$b) M(t) = \lambda e^{-\delta t} : t_0 = -\frac{1}{\delta} \ln \left\{ 1 + \frac{\delta}{\lambda} \left(1 - \frac{\sigma_0}{2q} \right) \right\}, \quad (33)$$

$$c) M(t) = k : t_0 = \frac{1}{k} \left(\frac{\sigma_0}{2q} - 1 \right). \quad (34)$$

(32) və (33) ifadələrinin analizi göstərir ki, əgər nüvə sinqulyardırsa və ya sabitdirsə, onda ən kiçik təzyiq dağılmaya səbəb olar. Baxmayaraq ki, q azaldıqca t_0 zamanı artır. Reqlular olmayan nüvə halında elə bir aşağı sərhəd var ki, $q < q_*$ olduqda dağılma baş vermir.

Üçüncü yarım fəsildə qeyri-bərabərkomponentli başlanğıc gərginlik halında olan yarımsonsuz mühitin dağılması tədqiq edilmişdir.

Dördüncü yarım fəsildə şaquli quyu ətrafı dağılmasının dağılması məsələsinə baxılmışdır. Model olaraq mühit elastiki-zədələnmə mühit kimi qəbul olunmuş və monoton zədələnmə halı üçün zədələnmə operatoru irsi özlü axın operatoru ilə üst-üstə düşdüyü üçün baxılan məsələdə Volterra-Rabotnov uyğunluq prinsipindən istifadə edilmişdir.

Dördüncü fəsil-“ Zədələnmə və boşluğu olan ağır yarım müstəvinin səpələnmiş dağılması” adlanır. Bu fəsildə zədələnmə və boşluğu olan ağır yarım müstəvinin səpələnmiş dağılması məsələsinə baxılmışdır.

Birinci yarım fəsildə boşluğu olan birincins yarım müstəvinin səpələnmiş dağılması tədqiq olunmuşdur. Bu məsələnin həllində sərhəd şərtləri yarım müstəvinin düzxətli hissəsində verilmiş parçada bərabər paylanmış qüvvələr, parçadan kənarında isə bütün qüvvələr sıfıra bərabər, boşluğun daxilində isə bərabər paylanmış qüvvələr kimi qəbul olunmuşdur. Burada müstəvinin düzxətli hissəsində verilmiş qüvvələrin

boşluğa nəzərən simmetrik və qeyri-simmetrik olduğu hallar araşdırılmışdır. (8) münasibətlərindən istifadə edərək deformasiya komponentləri ilə gərginlik komponentləri arasında aşağıdakı asılıq alınmışdır.

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2G_0}(1+M^*)\sigma_{ij} + \frac{1}{3}\left\{\left(\frac{1}{3K_0} - \frac{1}{3G_0}\right) + \left(\frac{1}{3K_0}N^* - \frac{1}{2G_0}M^*\right)\right\}\sigma\delta_{ij}. \quad (35)$$

Gərginlik intensivliyi olub növbəti şəkildə ifadə olunur:

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{3}{2}\sqrt{\sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 + \sigma_{33}^2 - \sigma_{11}\sigma_{22} - \sigma_{22}\sigma_{33} - \sigma_{11}\sigma_{33} + 3\sigma_{12}^2}}. \quad (36)$$

Məsələ müstəvi məsələsi olduğu üçün müvazinət tənlikləri:

$$\frac{\partial\sigma_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial\sigma_{12}}{\partial x_2} = 0; \quad \frac{\partial\sigma_{12}}{\partial x_1} + \frac{\partial\sigma_{22}}{\partial x_2} - \gamma = 0. \quad (37)$$

Burada γ -qruntun xüsusi çəkisi adlanır.

Deformasiyanın birgəlik tənlikləri isə aşağıdakı kimidir.

$$\frac{\partial^2\varepsilon_{11}}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2\varepsilon_{22}}{\partial x_1^2} = 2\frac{\partial^2\varepsilon_{12}}{\partial x_1\partial x_2}. \quad (38)$$

Bu məsələnin həllində yarımmüstəvinin düzxətli hissəsinin verilmiş $[a, b]$ parçasında bərabər paylanmış qüvvələr, parçadan kənarında isə bütün qüvvələr sıfıra bərabər götürüldüyü üçün sərhəd şərtləri aşağıdakı kimidir.

$$\sigma_{xy} = 0, \quad \sigma_{yy} = -p, \quad y = h, \quad a \leq x \leq b. \quad (39)$$

Boşluğun daxilində bərabər paylanmış qüvvələr təsir etdiyindən boşluğun konturu üzərində sərhəd şərtləri,

$$\sigma_{rr} = -q, \quad \sigma_{r\theta} = 0, \quad r = R. \quad (40)$$

Boşluqdan uzaq nöqtələrdə gərginlik vəziyyəti təbii gərginlik vəziyyətinə, yəni boşluğu olmayan yarımmüstəvi vəziyyətinə yaxın olduğu üçün,

$$\sigma_{ij} \rightarrow \sigma_{ij}^0; \quad x^2 + y^2 \rightarrow \infty. \quad (41)$$

Burada σ_{ij}^0 təbii hala uyğun başlanğıc gərginliklərdir.

Hansılar ki, aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\sigma_{xx}^0 = -y(H-y), \quad \sigma_{yy}^0 = -\lambda\gamma(H-y). \quad (42)$$

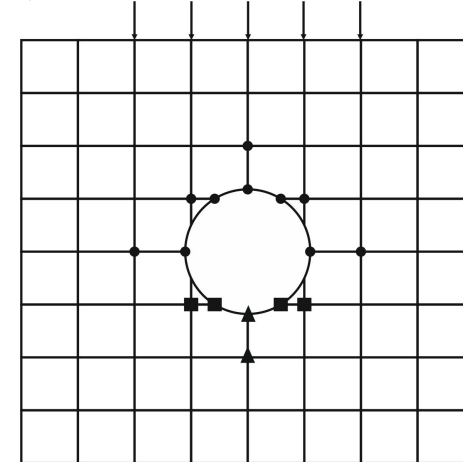
Burada λ ($0 < \lambda < 1$) yan təzyiqli əmsaldır və elastiki halda, ν -Puasson əmsaldır. İkinci yarımfəsildə tənliklər sisteminin sonlu fərqlər üsulu ilə həlli verilmişdir.

Alınan (35), (37) və (38) tənliklər sisteminin analitik həlli çox çətin olduğundan burada ədədi üsuldən, sonlu fərqlər üsulundan istifadə edilmişdir. Bunun üçün sonsuz yarımmüstəvi sonlu düzbucaqlı ilə əvəz olunur. Onun kifayət olan nisbi ölçüləri ədədi hesablamalar zamanı müəyyən olunur. Şəbəkəni qurmaq üçün burada x oxu üzrə h_1 addımını, y oxu üzrə h_2 addımını seçək və kordinatları $x_i = x_0 + ih_1$, $y_j = y_0 + jh_2$ ($i, j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) olan nöqtələr çoxluğunu qurmuş və məsələnin həlli gərginlik komponentlərindən ibarət tənliklər sisteminin həllinə gətirilmişdir.

Qəbul olunan hesablamalar parametrləri üçün zamanın birinci addımında gərginliklər bütün düyün nöqtələrində təyin olunur və hər düyünda onların əsasında (29) dağılma kriteriyası ödənilib, ödənilməməsi yoxlanılır. Əgər dağılma kriteriyası ödənilmişsə onda növbəti addımda düyünə məxsus mexaniki parametrlərin qiymətləri saxlanılır, əks halda bu parametrlərin qiymətləri kiçildir.

Beləliklə hesablamalar nəticəsində oblasta dağılma hissəsinin düyün-düyün artmasını izləmək mümkün olur. Belə bir hesablamaların nəticələri aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir. Hesablamalarda yükün dairəvi boşluğa görə simmetrik və qeyri-simmetrik yerləşdirilməsi hallarına baxılıb.

Simmetrik hal üçün ilk dağılma məlum olan elastiki məsələdə gərginliklərin paylanmasına uyğun alınır. Bu aparılan hesablamaların düzgün olmasını bir daha sübut edir. Simmetrik hal üçün yan təzyiqli əmsalı artdıqca dağılma zonası daha da sürətlə boşluqdan yan tərəfə genişlənir və ümumiyyətlə dağılma prosesinin özü sürətlənir. Qeyri-simmetrik hal üçün dağılma zonası təbii ki, boşluğa görə qeyri-simmetrik artır. Bu halda ilk dağılma hissə yan təzyiqli əmsalından asılıdır. Yan təzyiqli əmsalı artdıqca dağılma zonası boşluğun aşağı hissəsindən verilmiş səthi qüvvələrin istiqaməti boyunca dəyəşir.



Şək. 5. $\lambda = 1$ -halında dağılma.

Üçüncü yarımfəsildə dairəvi boşluğu olan yarımmüstəvinin səpələnmiş dağılmasına yeraltı qrunt sularının təsiri öyrənilmişdir. Alınmış nəticələrin analizi göstərir ki, yeraltı qrunt sularının hidrostatik və hidrodinamik təzyiqləri dağılma cəbhəsinin inkişafına kəskin şəkildə təsir göstərərək, onun genişlənməsini sürətləndirir.

Dördüncü yarımfəsildə boşluğu olan yarımmüstəvinin səpələnmiş dağılmasının tədqiqi zamanı mühitin mexaniki xassələri təsadüfi kəmiyyət kimi qəbul olunmuş və təsadüfi kəmiyyətlərin ədədi xarakteristikalarından istifadə edilmişdir. Burada alınmış nəticələrdən aydın olur ki, mühitin mexaniki xassələri sabit olan halda dağılma, təsadüfi olan halla müqayisədə gec baş verir. Yəni mühitin mexaniki xassələri təsadüfi olan halda dağılma tez baş verir.

NƏTİCƏ

Elmi-tədqiqat işində aşağıdakı yekun nəticələr alınmışdır:

- şaquli şaquli vəziyyətdə özlüelastiki qrunta basdırılmış silindrik, elastiki boruların gərginlik vəziyyəti tədqiq olunmuşdur. Burada qrunla təmasda olan borularda kontakt təzyiq üçün analitik düstur alınmış və hesablamalar aparılmışdır. Həmin hesablamaların nəticəsinə əsasən qurulmuş qrafiklərdən görünür ki, özlüelastiki qrunla təmasda olan silindirik borularda boru ilə qrun arasında kontakt təzyiqin stabiləşmə əyriyə mühtlərin mexaniki xassələrindən və boru divarının qalınlığından asılı olaraq dəyişir. Belə ki, mühtlərin mexaniki xassələrinin və boru divarının qalınlığı artdıqca onlar arasında kontakt təzyiqin sabitləşməsi tezləşir.

- şaquli vəziyyətdə qrunla təmasda olan dairəvi, konsentrik iki elastiki silindirik boruda qrunla boru arasında yaranan kontakt gərginliklərin relaksasiyası boruların radiuslarından və mühtlərin mexaniki xassələrindən asılı olaraq artır və ya azalır. Xarici və daxili oblastların radiusları nisbəti artdıqca kontak gərginliyin relaksasiyası sürətlənir. Boru ikilaylı olduqda qrunla təmas səthində yaranan kontakt təzyiqin azalması birlaylı boruya nisbətən gec baş verir. Yəni boru ikilaylı olduqda qrunla təmas səthi birlaylı boruya nisbətən daha möhkəm olur

- aktiv mühtlə təmasda olan zədələnən materialdan hazırlanmış borda dağılma cəbhəsi üçün inteqral tənlik alınmış və hesablanmışdır. Aqressiv mühtlə təmasda olan boruda mühtlərarası kontakt gərginliklərin hesablanması üçün düsturlar alınmış və bu gərginliklərin borunun materialında yaranan dağılma prosesinə təsiri öyrənilmişdir.

- şaquli iki laylı silindirik quyuların dayanıqlığına qrun sularının təsiri araşdırılmışdır. Aparılmış hesablamaların nəticəsi göstərir ki, mayenin qararlaşmış yastı-radial süzülməsi zamanı, mühtlərin təmas səthində yeraltı suların süzülməsi nəticəsində yaranan təzyiqin təsiri kifayət qədərdir. Mayenin süzülməsi nəticəsində mühtlərarası kontak təzyiqin azalması intensivləşir. Bu da quyunun iş qabiliyyətinin azalmasına gətirir.

- üfqi və şaquli boşluğu olan yarımsonsuz zədələnən mühtin dağılma prosesi tədqiq olunmuşdur. Hər iki halda inkubasiya periodunun qiyməti üçün aşkar analitik düsturlar alınmış və dağılma cəbhəsinin tənliyi qurulmuş və həll edilmişdir.

- müəyyən edilmişdir ki, inkubasiya müəyyən şərtlərdə mövcuddur və bu şərtlər təyin olunmuşdur.

- bircins zədələnən yarımüstəvinin dağılmasının tədqiqi məsələsində oblastın düzxətli sərhəddində təsir edən müntəzəm paylanmış yükün boşluğa görə simmetrik paylandığı hal üçün yan təzyiq əmsalı artdıqca dağılma zonası daha sürətlə boşluqdan yan tərəfə genişlənir və ümumiyyətlə dağılma prosesinin özü sürətlənir.

- qüvvələrin boşluğa nəzərən qeyri-simmetrik paylandığı hal üçün dağılma zonası boşluğa görə qeyri-simmetrik artır. Bu halda ilk dağılan hissə yan təzyiq əmsalından asılıdır və yan təzyiq əmsalı artdıqca dağılma zonası boşluğun aşağı hissəsindən verilmiş səth qüvvələri istiqamətində genişlənir.

- mühtin fiziki xassələri təsadüfi olan halda dağılma zonasının inkişafı, təsadüfi olmayan hala nisbətən daha sürətlə inkişaf edir.

Dissertasiyanın əsas nəticəsi aşağıdakı işlərdə çap edilmişdir:

1. Axundov M.B., Piriyev S.A. Dairəvi boşluğu olan ağır yarımüstəvinin səpələnmiş dağılması // Bakı universitetinin xəbərləri. 2001, № 4. s. 129-135.
2. Пириев С.А. Длительное разрушение тяжелого грунтового основания с горизонтальным круговым ослаблением с учетом наличия подземных вод // Механика машиностроение, Баку 2001, №2, с. 22-24.
3. Akhundov M.B., Piriyev S.A. The dispersed failure of a laminated heavy half-plane with a circular aperture // Transactions of NAS of Azerbaijan. Baku 2002, № 1, p. 181-185.
4. Пириев С.А. Рассеянное разрушение ослабленной круговым отверстием повреждающейся тяжелой полуплоскости со случайно распределенными механическими характеристиками // Механика машиностроение, Баку 2002, №1, с. 31-33.
5. Пириев С.А. Числовой расчёт процесса разрушения грунтового массива вокруг горизонтального тоннеля с учётом повреждаемости горных пород // Механика машиностроение, Баку 2005, №4, с. 19-21.
6. Пириев С.А. Прогнозирование несущей способности грунтового массива вокруг горизонтальных полостей // Актуальные проблемы современной науки. М., 2008, №5(44), с. 91-95.
7. Piriyev S.A. The dispersed failure of a heavy half-plane with a circular aperture // International Mathematical Forum. Bulgaria 2009, no. 34, p.1693-1698.
8. Axundov M.B., Giasbeyli S.A., Piriyev S.A. Длительная прочность повреждающейся турбы, внутренние армированной цилиндрическим слоем из активного материала // Механика машиностроение, Баку 2010, №1, с.4-8.
9. Akhundov M.B., Piriyev S.A. Long destruction of contact connection between matrix and fiber in unidirectional reinforced composite / MCM. may 24-28, 2010 Riga, Latvia p. 27.
10. Piriyev S.A. Forecasting of load – carrying ability of the earth fail around of horizontal cavities // Global Journal of Geography & Environmental Geo-Sciences. (USA) Version 1.0 Year 2012. p 23-25.
11. Axundov M.B., Piriyev S.A. Şaquli boşluğu olan ağır qrunların zəminə daxil olan dağılması // Bakı universitetinin xəbərləri. 2013, № 2. s. 89-96.
12. Piriyev S.A. Şaquli quyuya şaquli mühtin kontak təzyiqinə yeraltı suların süzülmasının təsiri // Bakı universitetinin xəbərləri. 2013, № 4. s. 110-119.
13. Piriyev S.A. Qrunla təmasda olan maye ilə doldurulmuş elastiki və özlüelastiki ikilaylı boruda temperatur gərginliklərinin paylanması // Nəzəri və tətbiqi mexanika (AMİU). 2014, № 1. s. 45-50.
14. Akhundov M.B., Zamanov A.D., Piriyev S.A. Interaction of the non-homogeneous compound media limited by cylindrical surfaces / MCM. June 2-6, 2014 Riga, Latvia. p. 26

Сахиб Айдын оглы Пириев

Исследование напряженного состояния слоистой, многосвязной и повреждающейся полуплоскости

Резюме

Крепление скважин прочными обсадными трубами - одна из важных задач успешного освоения месторождения. Уточнение расчетных нагрузок, действующих на обсадную колонну, является основой экономики металлов при изготовлении труб.

Современные проблемы крепления нефтяных и газовых скважин, особенно в соленосных, пластичных и песчано-пластичных глинистых отложениях, могут быть решены при использовании нового научного направления – перехода от детерминированных моделей к адаптационным, пригодным для различных вариантов оценочных расчетов на прочность и долговечность обсадных колонн с учетом температурных и реологических эффектов.

Диссертационная работа посвящена определению проявлений горного давления в нефтяных и газовых скважинах, стенки которых состоят из горных пород с ярко выраженными неупругими свойствами, передаче горного давления на обсадную колонну (через цементную оболочку и непосредственно), определению прочности и долговечности колонн и термоупругих напряжений в них.

В диссертации также исследовано рассеянное разрушение повреждающейся тяжелой полуплоскости с круговым отверстием, подверженное действию внутреннего постоянного давления. На прямолинейном участке границы полуплоскости задана нагрузка. Разрешающая система интегро-дифференциальных уравнений получена на основе наследственной теории повреждаемости Суворовой-Ахундова для изотропного тела. Применен численный способ решения, для которого исследуемая область выбирается конечной, с перенесением на ее границу условий на бесконечности. Для трех значений коэффициента бокового распора дана иллюстрация развития разрушенной области по времени возле кругового ослабления.

Рассмотрены случаи случайного распределения мгновенных упругих модулей.

Sahib Aydin oqlu Piriyeu

The investigation of the stress situation of the half-plane with layered, more coherent and damaging

Summary

Fastening of chinks by strong vertical pipes - one of the important problems of successful development of a deposit. Specification of the settlement loadings operating on vertical with pipes, is a basis of economy of metals at manufacturing of pipes.

Modern problems of fastening of oil and gas chinks, especially in sulphurous, plastic and sand-plastic clay adjournment, can be solved at use of a new scientific direction - transition from the determined models to adaptable, suitable for various variants of estimated calculations on durability and durability vertical columns taking into account temperature and real effects.

Dissertational work is devoted definition of displays of mountain pressure in the oil and gas chinks which walls develop of rocks with strongly pronounced not elastic properties, to transfer of mountain pressure on vertical by pipes (through a cement cover and it is direct), to definition of durability and durability of columns and temperature elastic pressure in them.

In this problem dispersion of failure around the aperture contour in infinitely heavy complex plane having an aperture was investigated. Here forces in rectilinear boundary of domain and forces uniformly distributed inside the aperture were given. Solving this problem Suworov-Akhundov "failure theory of isotropic bodies" was used.

The case of casual distributaion of instant elastic modules is considered.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

САХИБ АЙДЫН ОГЛЫ ПИРИЕВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
СЛОИСТОЙ, МНОГОСВЯЗНОЙ И ПОВРЕЖДАЮЩЕЙСЯ
ПОЛУПЛОСКОСТИ**

2002.01 – Механика деформируемого твердого тела

Çapa imzalanmışdır: 22.10. 2014
Format 60x84 1/16. Tiraj 100 nüsxə
© Bakı Universiteti nəşriyyatı

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктор философии по математических наук

Bakı Dövlət Universiteti

Bakı, AZ 1148, Z.Xəlilov, 23

Баку - 2014