Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası

ADNA-nın 90 illik yubileyinə həsr edilir

NEFTQAZ MƏDƏN MAŞIN VƏ AVADANLIQLARININ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYIHƏLƏNDIRMƏ SISTEMI VƏ MÜHƏNDIS HESABLAMA METODLARI

(Ali texniki məktəblər üçün dərslik)

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirinin 846 saylı 23.06.2010 tarixli əmri ilə təsdiq olunmuşdur.

B A K I -2010

I.Ə.HƏBIBOV, V.T.MƏMMƏDOV

Neftqazmədən maşin və avadanliqlarinin avtomatlaşdirilmiş layihələndirmə sistemi və mühəndis hesablama metodlari. Baki: ADNA-nin mətbəəsi. 2010.-84s.

Rəyçilər:

1. Azərbaycan Dövlət Neft akademiyasının «Maşınqayırma və materiallar emalı» kafedrasının professoru, t.e.d. S.H. Babayev.
2. «Bakı neftmədən avadanlıqları» ASC-nin texniki şöbəsinin müdiri, t.e.n. A.Nəbiyev.

Dərslikdə neftqazmədən maşın və avadanlıqlarının layihələndirmə, konstruksiyalama və hesablanması üçün müxtəlif üsullar və onların tətbiq şəhr olunmuşdur.

Dərslik texniki ali məktəblərin bakalavr və magistr pillələrində təhsil alan tələbələr, aspirantlar, eləcə də mühəndis-layihə işləri ilə məşqul olan mütəxəssislər üçün faydalı ola bilər.

MÜNDƏRICAT

Giriş

Maşın və avadanlıqların müasir layihələndirmə sistemi - avtomatlaşdırılmış layihələndirilmə sistemi (ALS) mövcud üsulundan əsaslı fərqlidir. Beləki, mövcud layihələndirmə üsulunda layihə prosesinin hər bir mərhələsi insan amilinin bilavəasitə iştirakı ilə görülüdüyündən çox vaxt itkisi və zəhmət tələb edir. Bu baxımdan ALS müasir hesablama metodlarına və hesablama mexanikasına əsaslandığı üçün layihələndirmə prosesini sürətli və səmərəli həllinə əsas verir.

ALS «EhM və konustruktor» dialoqu rejimində aparıldığından layihələndirmə avtomatik deyil avtomatlaşdırmış layihəlindirmə adlanır. ALS - optimal həll axtarılır, hansı metodun tətbiqindən asılı olmayaraq, avadanlığın keyfiyyət meyarlarını xarakterizə edən riyazi modeli-məqsəd funksiyaları yaradılır və məhdudluq şərtləri müəyyənləşdirilir. Sonra təklif olunan layihələndirmə metodu ilə EhM-ə daxil edilir və öz optimalhəllini tapır.

Təqdim olunan dərslik tədrisin bakalavr və magistr pillələrində təhsil alan tələbələr, aspirantlar, eləcə də mühəndis-konstruktorlar gündəlik işlərində istifadə üçün faydalı ola bilər.

1. TRİBOTEXNİKİ DÜYÜNLƏRİN LAYİHƏLƏNDİRMƏ METODLARI

1.1. Layihələndirmə və konstruksiya olunma

Müasir dövrdə elmi-texniki tərəqqinin əsas istiqamətlərindən biri xalq təsərrüfatının kompüterləşdirilməsidir.

İnsan sivilizasiyasının bütün inkişafı boyu əməyin tətbiqi əsasən material obyektlər üzərində olmuşdur.

Layihələndirmə sistemlərində çertyoj-konstruktor işlərinin həcmi artdıqca, insan əməyi də artır. XVIII əsrdən başlayaraq layihələndirmə sahəsində insan biliklərinin ümumi tutumu hər 50 ildən bir, 1950-ci ildən başlayaraq hər 10 ildən bir, 1970-ci ildən hər 5 ildən bir və 1985-ci ildən hər 3 ildən bir 2 dəfə artmışdır.

ALS - "avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemi" ("Sapr") olmadan layihə işlərində optimal layihə həllinə nail olmaq olmaz.

Xüsusilə, Neft-qaz mədən avadanlıqlarının optimal forma və ölçülərini təyin etmək üçün ALS-nin tətbiqi vacibdir.

Hər hansı bir obyektin: yəni konstruksiya sisteminin proqramının yaradılması işi - **layihələndirmə** adlanır.

Burada əsas məsələ - axtarılan layihə həllinin **optimal** variantlarının düzgün seçilməsidir.

Bu proses aşağıdakı etaplardan ibarətdir:

1) axtarışlı layihələndirmə;
2) konstruksiyaetmə
3) istehsalatın təşkili (texnoloji)
4) təcrübü nümunələrin hazırlanması
5) külli istehsalın mənimsənilməsi

Konstruksiyaolunma prosesin çıxışı texniki vasitənin və ya yeni konstruksiyanın yaradılması deməkdir. Beləliklə iki etapı (mərhələni) ayırmaq lazımdır:

- Layihələndirmə - obyektin (texniki sistemin) və ya onun elementlərinin xarici cəhətdən təsviridir;
- Konstruksiyaolunma - obyektin və ya texniki sistemin konstruksiyası deməkdir.

Deməli layihələndirmə ilə konstruksiyaolunma obyektin növünə görə fərqlənir, məsələn: texniki vasitələrdən - K_0-dan istifadə etməklə onun formasını dəyişdirməkdən ibarətdir - bu layihələndirmədir.

Yeni texniki vasitələrin yaradılmasını və layihə-konstruktor sənədlərinin -prosesinin realizə olunması konstruksiyaolunma deməkdir.

Layihələndirmənin seçilməsi I_{lay}, girişi ilə Q_{lay} çıxışı və həmçinin x həlldən (yəni layihələndirmə prosesidirsə x_{lay}, konstruksiyaolunma prosesidirsə x_k-dan) asılı olacaqdır.

Texniki vasitələrin giriş və çıxışı I_{lay}, və Q_{lay} ilə xarakterizə olunur. Layihələndirmə prosesi ilə o vaxt məhdudlanmaq olar ki, əgər məqsədin mövcud konstruksiyanın texniki vasitələrindən istifadə etmək olsun. Əgər mövcud konstruksiya olmazsa, onda layihələndirmə konstruksiyaolunma ilə tamamlanmalı, yeni texniki vasitələr yaradılmalıdır.

Layihələndirmə və konstruksiyaolunmanı kifayət qədər obyektə ayırmaq olar:

- texniki vasitələrin girişi - I;
- çıxışı - O;
- təsir prinsipi - D;
- yeni konstruksiya - K olsun.

Müxtəlif layihə-konstruktor prosesinin modellərini yazaq:

1.Verilir giriş, konstruksiyanın təsir prinsipi və çıxışı:

$$\langle I \rangle \Rightarrow \langle O, D, K \rangle$$

2. Çıxış verilib; axtarılır: texniki vasitənin - yeni konstruksiyanın bazası və təsir prinsipi, giriş:

$$\langle O \rangle \Rightarrow \langle I, D, K \rangle$$

3.Texniki vasitənin təsir prinsipi verilib, konstruksiyanın girişi, çıxışı və yeni konstruksiya axtarılır:

$$\langle D \rangle \Rightarrow \langle I, O, K \rangle$$

4.Texniki vasitənin təsir prinsipi və konstruksiya verilir, giriş və çıxış təyin edilir.

$$\langle DK \rangle \Rightarrow \langle I, O \rangle$$

5.Verilir giriş və çıxış, texniki vasitənin təsir prinsipi və konstruksiya axtarılır:

$$\langle I, O \rangle \Rightarrow \langle D, K \rangle$$

6.Layihə vardır, yeni konstruksiya təyin edilir:

$$\langle I, OD \rangle \Rightarrow \langle K \rangle$$

7.Konstruksiya mövcuddur, onu təkmilləşdirməli:

$$\langle I, OD, K \rangle \Rightarrow \langle K' \rangle$$

8. Texniki vasitələr verilib, giriş və çıxışı təyin etməli:

$$\langle I, D, K \rangle \Rightarrow \langle O \rangle$$

$$\langle O, D, K \rangle \Rightarrow \langle I \rangle$$

9. Texniki vasitələr, müxtəlif konstruksiyalar verilib, yeni texniki vasitənin yaradılması tələb olunur:

$$\langle K_0 \rangle \Rightarrow \langle D, I, O, K \rangle$$

Beləliklə, layihələndirmə konstruksiyaetmədən əsas olunla fərqlənir ki, konstruksiyaetmədə tam konstruksiya, konstruktor sənədləri işlənilir; bunun da əsasında maşınqayırma texnologiyasının bütün tələbləri gözlənilməklə yeni texniki vasitələrin istehsalı aparılır.

1.2. Funksional layihələndirmə

Funksional layihələndirmə obyektin qurulması üçün tədqiqat proseslərini əlaqəli öyrənir. Bu çətin işin öhdəsindən riyazi modellərin köməkliyi ilə gəlinir. Bunun əsasını mikro, makro və metasəviyyəli layihələndirmə təşkil edir. Burada məsələlər layihə həlli, differensial tənliklərin və cəbri tənliklərin köməyi ilə həll edilir. Funksional layihələndirmənin əsas riyazi modeli:

$$\Psi\left(\frac{\partial y}{\partial t}, y, x, U, V, t\right) = 0$$

burada, x - rejim daxili parametrləri; u - çıxış xarakteristikasının vektoru; U - idarəetmə vektoru; V - xarici vektor; t – vaxtdır.

Xüsusi layihə həlli Koşi formasında belə yazıla bilər:

$\frac{\partial y}{\partial t} = F(y, x, U, V, t)$ - dinamik sistem üçün $\frac{\partial y}{\partial t} = 0$ - götürülürsə, onda transsendent tənliklərin həlli statik tənliklərin həllinə gətirilir:

$$F(y, x, U, V, t) = 0$$

Konstruktor layihələndirmənin əsas məsələsi funksional layihələndirmədə alınan prinsipial sxemləri realizə etməkdir.

Bu zaman ayrı-ayrı detalları yaradıb düyün üçün komponovka aparılır. Bundan sonra konstruktor sənədləri tərtib olunur.

1.3.Texnoloji layihələndirmə

Texnoloji layihələndimədə hər bir pəstah texnoloji xəritə üzrə mexaniki emaldan keçir. 60-80% işin həcmi buna sərf olunur. Ona görə ALS-nin tətbiqi vacibdir.

Texnoloji proses üçün optimal riyazi modeller aşağıdakı kimi götürülür:

I. Texnoloji keçid üçün riyazi model:

$$A = \{a_1, a_2, ...a_n\}$$

burada A-texnoloji keçid a_1, a_2 .. - dəzgahda yerinə yetirilən hər bir texnoloji əməliyyat.

II.Alət blokunun riyazi modeli:

$$B = \{b_1, b_2, ...b_n\}$$

Burada V - texnoloji prosesin toplusu, $b_1, b_2, ...b_n$ - texnoloji əməliyyatlardakı dəzgahlardır.

III.Çoxşaxəli texnoloji prosesin riyazi modeli:

$$V = \{v_1, v_2, ...v_n\}.$$

V - çoxşaxəli emalın toplusudur.

Optımallaşdırma meyarı $b = \max \frac{MB(q)}{\Omega}$ olacaqdir.

Buna qoyulan məhdudiyyət şərtləri:

$$\frac{MB(q)}{\Omega_B} \geq \frac{MB(q)}{\Omega_A}$$

$$MA(q) \geq Q \text{ layihə}$$

$$MB(q) \geq Q \text{ layihə}$$

burada $M_A(q) - A$ texnoloji prosesində avadanlıqdan alınan riyazi gözlənilmə:

$$\Omega_A = \sum_{i=1}^{N} \text{ - avadanlığın miqdarı.}$$

$M_B(q) - B$ texnoloji prosesində reolizə olunan avtomatik xəttin sisteminin riyazi gözlənilməsi.

$\Omega_B = \sum_{i=1}^{n} m_i$ komponovkadakı avadanlığın cəm miqdarıdır.

1.4. ALS təminatının forması və təsnifatı

ALS müxtəlif cəhətlərinə görə təsnif olunur. Təsnifatın aparılması sistemin avtomatlaşdırılmasının elmi-texniki səviyyəsindən ötrü və həmçinin ALS standartlaşdırılması, tipləşdirilməsi və unifikasiya etdirilməsi üçün işlənilir.

Obyektin layihələndirmə tipinə görə ALS məlumat (konstruksiya), onun hazırlanması, texnoloji prosesi, obyektin tikintisi, texniki sistemin təşkili və s. ayrılır.

Obyektin mürəkkəbliyindən asılı olaraq ALS sadə ALS-ə hansı ki, özündə 10^2 tərkibində obyekt adi ALS-a tərkibində 10^3 obyekti mürəkkəb ALS-a tərkibi 10^4 obyektdən təşkil olunana bölünür.

ALS müxtəlif səviyyələrdə aparılır.

GKS(çertyoj-konstruktor sənədləri) görə ALS aşağı növlərə bölünür:

1. Kiçik avtomatlaşdırılmış

$GKS \leq 25\%$ orta avtomatlaşdırılmış 25 $GKS \leq 50\%$ və yüksək avtomatlaşdırılmış $GKS > 50\%$ layihələndirmə.

Yüksək avtomatlaşdırılmış ALS kompleks tərkibcə sınaq nümunəsinin hazırlanmasının sayəsində yaranır.

Axtarılan sistemin həllinin dərəcəsinə görə ALS bölünür. Çevik ALS-a (obyektin problemi və layihəsiylə əlaqəli aparılır); məlumatın müəyyən texnoloji proseslərini yaradan ALS-a; unikal ALS-a çox mürəkkəb obyektlərin yaradılmasına.

ALS tətbiqinin səmərəliliyini xarakterizə edən əsas kriteriya onun məhsuldarlığıdır. Bu məhsuldarlığa görə ALS -standart bir il ərzində sistemin buraxdığı layihə sənədlərinin miqdarına görə bölünür:

1) kiçik ALS($Npd<10^5$)
2) orta ($10^5<Npd<10^6$)
3) yüksək $Npd>10^6$) məhsuldarlıqlı ALS:

ALS-ın quruluşu ALS-ın tərtib olunması QOST 235010-79 görə aparılır.

ALS-ın növü

Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə vasitələrini avtomatlaşdırılma layihələndirmənin təminatının formalaşmasına görə qruplaşdırmaq olar.

I. ALS-ın texniki təminatı - avtomatlaşdırılımış layihələri aparmaq üçün bir-birilə qarşılıqlı əlaqəyə və təsirdə olan texniki vasitələrərin topluğu nəzərdə tutulur.

Texniki təminat aşağıdakı qruplara bölünür:

1) Verilənləri işləyən proqram vasitələrinə
2) Verilənlərin hazırlanması və daxil edilməsilə
3) Təsvirləndirilməsi və sənədləndirilməsi
4) Layihə həllinin arxivinə
5) Verilənlərin ötürülməsi

II. ALS-ın riyazi təminatı özündə layihə olunan obyektin riyazi modelini, layihənin yerinə yetirilmə mərhələlərinin metod və alqoritmlərini əks etdirir.

ALS-ın riyazi təminatının elementləri çox dərəcədə müxtəlifdir. Lakin bunların arasında invariant elementlər də vardır ki, bunlardan da müxtəlif cür adda neft avadanlıqlarının ALS-da geniş istifadə olunur. Məsələn bunlara aiddir:

1) funksiyanın modellərin qurulma prinsipi;
2) ekstremum məsələlərin həlli, ekstremumun axtarılması;

III. ALS-ın proqram təminatı - maşındaşıyıcılardakı verilənləri işləmək üçün universal proqramı işlədən proqram sənədlərini birləşdirir.

Proqram təminatı bölünür:

1) ümumi sistem
2) baza
3) tətbiqi (xüsusi) proqramlarına

IV.ALS-ın məlumat - informasiya təminatı-avtomatlaşdırılmış layihələndirməni həyata keçirmək üçün lazım olan bütün vasitələri birləşdirir. Bu vasitələr müxtəlif daşıyıcılarda təqdim oluna bilir (maqnit lövhələrində, lentdə sxem, qeydiyyat cədvəl və s.).

Bu məlumat xarakterli məlumatın materialı, layihənin tipik həlli haqqında, elementlərin parametrləri, layihənin həllinin aralıq və son nəticələri haqqında informasiyaları özündə saxlayır. Bir sözlə ALS verilənləri üçün bankdır.

V. ALS dil təminatı. Layihə mərhələsini və avtomatlaşdırılmış layihənin dillərini mərhələlərini yazmaq üçün lazım olan dilləri təqdim edir. Bu dillər Paskal, Alqol-69, Fortran, Pl-1, Kotqol və s.-dir.

VI. ALS-ın metodiki təminatı - ALS-ı aparmaq üçün sənədlərdir.

VI. ALS-m təminatı. Təminatı - ALS bölmələrinin işinin təşkilidir.

1.5. ALS tərkibi

ALS tərkib hissələrindən biri də alt sistemlərdir. Bu bütün sistemlərin (texniki vasitələrin, proqram təminatı və s.) xüsusiyyətlərini əks etdirir və sərbəst sistemlər kimi yaranır.

Alt sistemlərinin ALS təlimatına görə 2 növə bölünür: layihəedici və xidmətedici. Layihəedicilərə aid olan alt sistemlərə aşağıdakı altsistemlər aiddir: (bunlar layihə mərhələlərini və əməliyyatlarını yerinə yetirir).

1) Maşınları komponovka edən altsistem
2) Layihənin yığma vahidinin altsistemi
3) Detalları layihələndirən altsistem
4) Layihələndirmənin idarəedici altsistemi
5) Texnoloji layihələndirmənin altsistemi

Xidmətedici altsistemlərə layihəedici altsistemlərin işgörmə qabiliyyətini saxlamaq üçün işlədilir.

1) Layihələndirmə obyektinin qrafiki təsviri üçün altsistem
2) Sənədləşdirici altsistem
3) Məlumat axtarışı altsistemi obyektinə layihələndirmə münasibətinə görə layihələndirmə altsistemləri iki növə bölünür:

- Obyekt sistemi (obyekti qaralama) asılı olmayan obyekt obyekt altsistemi invariant altsistemi
- Obyekt altsistemə texnoloji layihələşmə altsistem və layihələndiriləcək konstruksiya üçün dinamikanı maddələşdirici altsistem

Altsistemlərə layihə məsələləri və əməliyyatları yerinə yetirən altsistemlər daxildir:

- Maşın hissələrini hesablayan altsistem

- Kəsmə rejimini hesablayan altsistem
- Texniki-iqtisadi göstəriciləri hesablayan altsistem

ALS əsas qurulma prinsipi

1) ALS konstruksiyası - eyni sistemdir. ALS yaradıcı konstruksiyadır.

2) ALS ierarxiya sistemidir.

Yəni layihənin bütün mərhələlərinə bütün səviyyələrdə kompleks yaxınlaşdırılır.

3) ALS məlumat razılaşdırıcı altsisteminin toplusudur.

4) ALS məlumat təminatı

ALS məlumat tənimatı özündə bir çox sənədləri - standart layihə mərhələlərini, tipik layihə həllini, tipik elementləri və komplekt məlumatları, materialları və maşındaşıyıcı verilənlər blokunu əhatə edən sənədlərin toplusudur. Tutduğu məqsəd ALS-ı düzgün və tez aparmaqdır. Bundan ötrü ALS yaddaşına düzgün məlumatların verilməsi vacibdir.

ALS məlumat təminatında əsas problem odur ki, layihə konstruksiyasında işin həllini aparmaq üçün onu məlumatların əldə etməli maşınla işlətməli və konstuktorun rahat qəbul edə biləcəyi tərzdə çıxış məlumatın alınması imkanı olsun.

Ona görə də ALS üçün verilənlər -baza verilənləri yaradılmalıdır. Bu verilənlər: tədqiqat nəticələri, hesabat məlumatlarıdır.

Verilənlərin bazasının yaradılmasında əsas mürəkkəb iş layihələndirmənin alqoritminin yaradılmasıdır. Alqoritmin yaradılma dərəcəsi maşında realizə olunana qədər aparılmalıdır.

1.6 Konstruktorun EHM ilə işi

Hazırda neft avadanlığı və maşınlarını avtomatlaşdırılmış layihə etməyin prosesini konstruktorun → EHM-nı ilə qarşılıqlı təsirini təmin etmək kimi başa düşülməlidir. Bu prosesdə konstruktor üçün yerinə yetirəcəyi funksiyaları EHM-sız təsəvvür etmək qeyri mümkündür. Bu zaman həll ediləcək məsələyə konstruktor istifadə və estetik xarakteristikaları EHM-la yalnız nəzərə alınır. Tədqiqatçı, konstruktor və ya layihəçinin EHM-rı ilə təsiri əlbəttə, qoyulan məqsəddən, EHM-lə işləyənin hazırlığından, onun kompüter savadından və onun EHM-da inteliktuallıq dərəcəsindən və başqa bir sıra faktorlardan asılıdır.

EHM-ı ilə işləyən ınühəndis konstruktor avtomatlaşdırılmış layihələndirmə prosesinin yerinə yetirərkən aşağıdakı funksiyaları həyata keçirir.

1) Layihənin nıəqsədini və məsələsini müəyyənləşdirir.

2) Obyektin riyazi bəzən həndəsi modelini yaradır;

3) Məsələnin konstruktiv həlli metod və proqramını işləyir.

4) Obyektin layihələndirmə qaydasını planlaşdırır.

EHM intelektini nəzərə almaqla həndəsi modelin optimal kriteriyalarını verir.

5) İllik hazır proqramların hesablanması variantlarının nəticələrini qiymətləndirir.

6) Həndəsi modelləri dəqiqləşdirir, onları riyazi formada dəyişdirir, optimum variant üçün parametri ayırır.

7) Layihə həllinin EHM-lə işlənilmiş (texniki iqtisadi və estetik xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla) nəticələrinə qiymət verməyi həyata keçirir.

ALS səmərəli olması konstruktorun EHM işləmə rejimindən çox asılıdır. Iki cür rejim vardır: paket rejimi və dialoq rejimi

Paket rejimində konstruktor layihə işini çox tez görə bilir, lakin həllinin nəticələrini aktiv görə bilmir.

Dialoq rejimində isə konstruktor EHM ilə bütün iş prosesində qarşılıqlı olaraq dialoq rejimində olur.

ALS-nın proqram təminatı

ALS-nin proqram təminatı özündə - verilənlərə görə layihə alqoritmini işləyən, hesablama prosesini idarəetmək, başlanğıc və aralıq verilənləri saxlamağı təşkil edən proqramlarını əks etdirir.

Proqram təminatı ümumi və xüsusi proqramlara bölünür.

Adi proqramlar layihələndirmə obyektindən çox az asılıdır. Bunlar əsasən ümumi təminatlı operatorlarla yazılan iri proqramlar olub hesablama şəbəkəsini aparmaq üçün işlədilir və operasion sisteminə daxildir.

Xüsusi proqramlar - komoret layihələndirmə obyekti üçün yazılmış tətbiqi paket proqramlarıdır.

ALS-da optimal layihələndirmənin məsələləri

ALS optimal layihələndirmə dedikdə - elə layihələndirmə başa düşülür ki, bu zaman təkcə verilənlərin yerinə yetirilməsi deyil, bu eyni zamanda qabaqcadan qoyulmuş qeydiyyat kriteriyalarına cavab versin.

Müasir layihələndimənin optimal vəzifəsinin problemlərinin tətqiqi imkan verir ki, onların həll səviyyələrini aşkar etsin. Bütün bunlar şərti olaraq A, B, C, D hərfləri ilə işarə olunur.

A səviyyəsi => EHM texnika vasitələrini və buna uyğun optimal metodlardan istifadə etmədən ən yaxşısını seçərək məsələnin həllini tapmaqdan ibarətdir.

Məsələn, iki və ya üç variant üçün hesabat aparılır və axırda ən münasib konstruksiya seçilir.

V səviyyəsi ⇒ burada optimal layihələndirmə məsələsinin idarə olunması riyazi modellərlə təsvir olunur. Məsələn, burada olaraq optimallaşdırmanın metodlarından biri ilə həll edirlər (əl üsulu ilə EHM vasitələrindən istifadə etmədən).

Bu zaman sadə modeller və optimallaşdırma metodlarından istifadə olunur ki, bu da layihənin optimal qiymətini aşağı salır.

S səviyyəsi ⇒ bu tip məsələlərə EHM tətbiq etməklə optimallaşdırnıa layihələndirməni aparmaq üçün riyazi modellərin və optimallaşdırmanın metodlarının tətbiq olunduğu aiddir.

Bu C səviyyəsində layihələndirmə aparanda daha mürəkkəb sistemlərin modellərində alqoritmdən istifadə etməyə imkan verir.

D səviyyəsi ⇒ burada ALS çərçivəsində optimal layihələndirmə aparmağa imkan verən məsələlər daxildir.

ALS-da optimallaşdırma məsələlərini layihələndimıənin bütün mərhələlərində aparmaq olar. Belə ki, ezgiz mərhələsində optimallaşdırma məsələsi kimi gələcək konstruksiyanı xarakterizə eden parametrlərin ən böyük sayda onların optimal qiymətlərinin tapılması ola bilər. Layihələndirmənin texniki mərhələlərində optimallaşdırma məsələsi kimi daha dərin məsələlər qoyulur: burada obyektin bütöv halda və ya onun ayn-ayn düyün və detallarının parametrlərin optimal qiymətlərinin təsiri durur.

Beləliklə ALS-da optimal layihələndirmə nümunə kimi aşağıdakı məsələlərin həlli ilə bağlıdır.

1) Avtomatlaşdırılmış layihələndirmənin mərhələlərinin tədqiqi (optimal qiymətlərdə).

2) Optimallaşdirma metodlarının seçilməsi və maşın alqoritimlərinin işlənilməsi.

3) Optimallaşdirma məsələlərini həll etmək üçün proqram təminatının yaradılması.

4) Dialoq sisteminin işlənməsi və obyektin keyfiyyət göstəricilərinin optimal qiymətlərinin tərifı.

5) Riyazi modellərin formalaşdırılması üçün dialoq sisteminin işlənməsi.

6) Optimal layihələndirmənin riyazi modellərinin seçilmə qaydaları.

Texniki modelin optimal riyazi modeli layihələndirməsinin özündə obyektin formasını xarakterizə edən keyfiyyət, şəraiti təmiıı edən kriteriyallarm ayrı-ayrı parametrlərlə tələbləri yerinə yetirən funksiyanın yazılmasını əks etdirir.

Riyazi model baxılan layihə məsələsi üçün qoyulan məqsədin və ona uyğıın optimallaşdırma kriteriyalarının formalaşdırılması ilə bağlıdır.

Məsələn: texniki obyekti optimal layihə edən optimallaşdırma məqsəd funksiyası kimi aşağıdakılar qoyula bilər:

1) Texniki obyektin minimum kütləsi.
2) Maksimum faydalı iş əmsalı.
3) Minimum ölçüləri.
4) Maksimum etibarlılığı.
5) Emalın minimum maya dəyəri.
6) Minimum yanacaq sərfi.
7) Maksimum yük qaldırması.
8) Maksimum məhsuldarlığı.

Hər bir bu sayılanlara optimal layilıələndirmənin özünün optimallaşdırma uyğun gəlir(kütlə ölçülür və s.).

Optimallaşdırma kriterisi Q(x) məqsədl funksiyası ilə xarakterizə olunur. Bu texniki obyektin parametrlərinin qiymətləri arasında riyazi asılılıqları yazır.

Bəzən riyazi obyekt mürəkkəb olanda optimallaşdırma kriteriyası 1-dən çox da ola bilər. Real layihələndirmə məsələləri çox krimetrial optimallaşma məsələləridir.

Optimal layihələndirmənin birinci mərhələsini işləyəndə əvvəlcə obyektin optimallaşdırma kriterisini və ya kriteriyalarını xarakterizə edən parametrləri aydınlaşdırmaq, seçmək lazımdır və axırıncı optimallaşdırma kriterisinin bu parametrlərdən funksional asılılığının forması təyin olunur. Sonra texniki obyektin onun verilən funksiyasını yerinə yetirmək üçün lazım olan şərtləri parametrlərinə qoyulan funksional məhdudiyyət təyin edilir.

1.7. Məhdudiyyət şərtləri

Texniki obyektin parametrlərinin toplusunu p -ölçülü fəza üçün layihələndirmədə R_n ilə işarə edək. Bunu iki yerə bölmək olar:

1) real layihənin yarım fəzası D-ı,

2) qeyri-real layihənin yarım fəzası.

Burada → real layihə fəzası nöqtələrini əmələ gətirilir, hansı ki, texniki obyektin parametrin diskret və funksional məhdudiyyət tələblərini ödəyən konstruksiyadır.

I. Parametrik məhdudiyyət M_t belə ifadə olunur.

$$x_i' \leq x_i \leq x_i'' \qquad (1)$$

burada x_i - i-ci qiymətli texniki obyektin parametri; x_i' və $x_i'' - i$ parametrinin uyğun olaraq minimum və maxsimum buraxıla bilinən qiymətləridir.

(1) ifadəsinin qoyduğu məhdudiyyətlərin toplusu p-ölçülü fəzada paralalipipedin R^n layihələndirməsini əmələ gətirir.

II. Diskretli M_2 məhdudiyyəti belə formada olur.

$$\{ \ x_{jk} = x_{j1}, x_2, ... x_{jm} \ \} \quad (2)$$

burada x_j - texniki obyektinin j - cu parametiridir.

$x_{jk} - j$ -ci parametrin buraxıla bilən diskret qiymətləridir (k = l, 2…,m).

(1) məhdudiyyətindən əmələ gələn fəza real layihəsi ölçülülüyündən p-t ölçülü yarımfəza ölçüsünün toplusuna keçir. Yəni 3 ölçülü fəzadan müstəviyə keçir. (2) məhdudiyyəti parametr çoxluğuna keçir: qiymətinə ya onların fiziki mahiyyətinə görə (məs. disli çarx ötürülməsində dişlərin sayı yalnız müsbət və tam ədəd ola bilər) və ya DS (QOST) sahə standartlarının tələbinə uyğun qoyula bilinər. Funksional M_3 məhdudiyyəti layihənin parametrlərinə qoyularaq onların əlaqələrinin şərt qiymətlərini müəyyən edir. Bu məhdudiyyət belə bir şəkildədir:

$$g_i(x) \leq 0; \quad g_i(x) = 0; \quad g_h(x) < 0 \qquad (3)$$

Texniki obyektin optimal layihələndirilməsində funksional məhdudiyyət kimi aşağıdakı kriteriyalar qoyula bilinər: möhkəmlik; sərtlik; dayanaqlıq; obyektin yerləşəcəyi fəzanın həcminin məhdudlaşdırılması; perimetrlilik; uzun ömürlülüyü.

Bu şərtlər arzu olunan texniki xarakteristikaları və iqtisadi göstəriciləri təmin edir. Deməli buraxıla bilən yarımfəza D layihələndirilməsi R^n fəza layihələndirilməsində nöqtələrin çoxluğunu (l)-(3) məhdudiyyətlərini xarakterizə edir.

Beləliklə optimal layihələndirmənin məsələsi belə idarə olunur: Elə $x^* \in D$ həlli var ki,

$$Q(x^*) = \min_{x \in D} Q(x) \qquad (4)$$

tapılmış həll **x*** (məsələnin həlli) bu halda optimal adlanacaq, $Q(x^*)$ - isə optimallıq kriteriyasının optimum qiyməti olacaq.

Məqsəd funksiyaları

Metod bəzən kriteriyaları ümumiləşdirəndə

$$Q(x) = \sum_{i=1}^{S} \lambda_i Q_i(x) \qquad (5)$$

burada $Q_i(x) - i$ -ci optimallıq krimetriyası

λ_1 - çəki (ağırlıq) əmsallı adlanır.

λ - nın qiyməti - təcrübi; intuiziya və ya ekspert üsulu ilə təyin edilir. Subyektivçilik λ - nın tapılmasında məhz bu üsulun cəhətidir.

Ona görə çəki funksiyaların bir neçəsi təyin edilir, bunlardan sonra ən yaxını həll üçün seçilir.

Bərabər optimal krateriyalı hal üçün ümumiləşdirici vektor belə yazılır:

$$Q(x) = \sum_{i=1}^{S} \left\{ Q_i(x) - \varphi_i^*(x) J / Q_i(x^*) \right\} \qquad (6)$$

burada Q(x) i-ci optimallaşdırma kriteruyaları, $Q_i^*(x) - i$ -ci kriteriyalı optimallaşdırma olub məqsəd funksiyasının $Q_0(x) - Q_i(x)$ həlli ilə məsələnin həllini bilir. Ən yaxşı optimal həlli tapmaq üçün aşağıdakı kriteriyalardan istifadə olunur.

$$T(x) = \min_{x} \max_{1 \le i \le m} (Q_i(x) - Q_i^* - S^*) \quad (7)$$

burada $Q_i^*(x) - i$ - ci optimal kriteriya: Q(x) məqsəd funksiyası, b_i - birinci kriteriyanın komponentinin qiymətləridir.

1.8.Optimal layihələndirmə məsələlərinin həlli metodları

Optimal layihələndirmə riyazi modelinin həlli üçün bir çox metodlar vardır:

1) funksiyaların klassik analizlə tədqiqi;
2) Laqranj vurğu metodu;
3) variasiya hesabı;
4) maksimum prinsipi;
5) dinamiki layihələndirmə;
6) xətti layihələndirmə;
7) qeyri xətti layihələndirmə;
8) təsadüfi axtarış metodu.

1.9. Funksiyaların klassik analizinin tədqiqi metodları

Bu differensial hesabı ilə bağlıdır.

Məqsəd Q(x) funksiyasının ekstremumları onun mövcudluq şərtindən tapılır. Bu halda optimum həll x* tənliklər sisteminə görə tapılır.

$$\frac{\partial Q}{\partial x_i} = 0 \qquad i = 1,2..., p \qquad (1)$$

yəni əgər ekstremum nöqtəsində törəmə öz işarəsini müsbətdən dən mənfiyə dəyiyirsə onda $Q(x^*)$ məqsəd funksiyasının maksimumu olacaq:

Əgər işarə mənfidən müsbətə dəyişirsə onda Q(x*) minimum qiymət alacaq.

Əgər törəməsinin x* nöqtəsində işarəsi dəyişilirsə bu nöqtədə məqsəd funksiyasının ekstremumu yoxdur.

Əgər (1) tənliyi qeyri xətti olsa həll EHM tətbiqi ilə aparılır. Bu halda qeyri xətti proqramlaşmadan istifadə edilir:

$$(x) = \sum_{i=1}^{n} (\partial Q / \partial x_i)^2$$

$$f_{\min X \in D}$$

bu sadə məsələləri məhdudiyyət qoymadan həll edir.

1.10. Laqranj vuruğu metodu

Bu metod əvvəlki metoda nisbətən daha mürəkkəb optimallaşdırma məsələlərinin məhdudluq şərtlərini həll edir.

Bu metodun məğzi budur: r dərəcədən qeyri aşkar x_j-laqranj vuruğunu onun funksiyasına daxil etməkdir:

$$F = Q(x) - \sum_{i=1}^{p} \lambda_{jgj}(x)$$

$X_i (i = 1,2...n)$ dəyişəninin optimal qiymətini tapmaq üçün n+p sayda tənliklər sistemini həll etmək lazımdır;

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = 0; \qquad i = 1,2...n$$

$$g_i(x) = 0; \quad j = 1,2...p$$

bunlardan naməlum x və λ tapılır. Laqranj metodunun tətbiqinə aid məsələyə baxaq.

Verilən paralelepipedin həcmi V-dir. Onun elə a,b,c ölçülərini tapmaq lazımdır ki, səthi S minmal qiymətdə olsun.

Optimallaşdırma kriteriyası bu məsələ üçün:

$$S = 2ab + 2ac + 2bc$$

a, b və s parametrlərinə qoyulan məhdudiyyət şərti məsələnin şərtinə görə. abc=V və ya abc-V=0 Laqranj metoduna əsasən məqsəd funksiyanı tərtib edək.

$$F = Q(x) - \sum_{i=1}^{p} \lambda_{jgj}(x)$$

yəni

$$F = 2ab + 2ac + 2bc - \lambda(abc - V)$$

$\frac{\partial Q}{\partial x_i} = 0$ əsasən bu funksiyanın şəkili belə olacaq:

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2b + 2c - \lambda bc = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2a + 2c - \lambda bc = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2b + 2b - \lambda bc = 0$$

$$abc - V = 0$$

bu tənlikləri həll etsək V həcmini, paralelepipedin optimal ölçülərini tapmaq olur.

$$a = b = c = \sqrt[3]{V}$$

$$\lambda = 4/\sqrt[3]{V}$$

bu ölçülərdə paralelepipedin S=b$\sqrt[3]{V}^2$ səthi alınır.

1.11. Variasiya hesabı metodu

Bu metod funksiyanın ekstremum qiymətini tapmaq üçün işlədilir: hansı ki, funksionalın ekstremumu hər hansı bir intervaldan təşkil olunur. Variasiya hesabı ilə məsələlərin həllini aşağıdakı funksionalla almaq olar.

$$J = f_{x^1}^{x^2} F\left[x_i y(x), y_V(x)\right] dx$$

Burada inteqral altı funksiya x-dan həm aşkar və qeyri aşkar asılıdır. Çünki həm y(x) funksiyası və onun I tərtib törəməsi $y_x(x)$ iştirak edir.

Məsələ qarşıda belə qoyulur: elə y(x) funksiyası təyin et ki, yuxarıdakı, J inteqralı maksimum və ya minimum qiymətlər alsin.

Variasiya hesabı metodunun əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, funksionalın variasiyaları analiz edilir. Funksionalın variasiyası dedikdə verilən qiymətinin dəyişməsi ilə funksionalın sonsuz kiçilən qiymətdə dəyişilməsi başa düşülür.

Bu halda funksionalın minimal qiymət almasnın vacib şərtini tapmaq üçün onun I variasiyasinın bərabər olması, şərti isə II variasiyasının analiz edilməsidir.

Məsələ: iki nöqtə arasındakı minimum uzunluğun tənliyini tapmalı:

Xətti uzunluğu

$$J = \int_{x^1}^{x^2} \left[1 + y_x^2(x)\right]^{0.3^0} dx$$

ekstremumun vacib şərti

$$\frac{\partial F}{\partial y} - \frac{d}{dx} \qquad \frac{\partial F}{\partial y} = 0$$

burada $F = {}^{x}\left[1 + y_x^2(x)\right]^{0.5}$ bu şərt Eyler-Laqranj şərti adlanır.

Bunu tətbiq etsək:

$$\frac{d}{dx}\left[y_x(1+y_x^2)^{-0.5}\right]=0$$

buradan

$$y_x(1+y_x^2)^{-0.5}=const$$

yəni $y_x = const$ yəni iki nöqtə arasmdakı ən qısa yol düz xətdir.

1.12. Pontryaqinin maksimum prinsipi

Bu differensial tənliklər sistemi ilə optimal prosesi yazmaq metodudur.

$$dx_i(t)/dt = f_i\left[x(t), iş\right]$$

Burada $i = 1,2..., p$; x(Z) - dəyişən vektor olub fəza koordinatını bildirir. U(t) - idarə etmə vektorudur.

Maksimum prinsipi ilə belə bir məsələni lıəll edirlər. Elə optimal idarəetmə təyin etmək ki, sistem x(t_0) halından $\rightarrow$ x(t_1) halına keçəndə aşağıdakı minumumlaşma ödənilsin.

$$J = \int_{t_2}^{t_1} f_0\left[x(t), u(t), t\right]dt$$

bu başlanğıc şərtlər daxilində:

$$x(t_0) = x_0$$

$$x(t_1) \in S^*$$

burada S' - məqsəd çoxluğudur, şərti belədir.

$u(t) \in U$ bütün t üçün, burada U - buraxıla bilinən idarəetmə ki, təşkil edir. Məsələni həll etmək üçün qoşma vektor olan $\lambda(t)$ dəyişənini daxil edirlər və buna Qamilton funksiyası da əlave olunur.

$$H[x(t),\lambda(t),U(t),t] = f_0[x(t),U(t),t] + \sum_{i=1}^{n}\lambda_i(t)_{fi}(x,u,t)$$

max prinsipinə görə əgər $U^*(t)$ - optimal idarəetmədirsə $x^*(t)$ - optimal trayektoriyadırsa, onda elə və $\lambda^*(t)$ qoşma dəyişən vektoru mövcuddur ki, o optimal trayektoriyanın təmin etsin:

$$d\lambda^*(t)/dt = \partial H/\partial\lambda_i^*(t);$$

$$d\lambda^*(t)/dt = \partial H/\partial x_i^*(t);$$

bu zaman $u \in U$ olanda $H(x^*,u^*,\lambda^*,t) = \max H(x,u,\lambda,t)$

1.13. Dinamiki proqramlaşdırma metodu

Bu metod optimallaşdırma məsələləri içərisində mühüm bir metodlardan biri olub, çoxmərhələli və çoxpilləli sistemlər üçündür. Prosesinin mərhələsi dedikdə vahid bir elementi bölüşdürdükdə zamana görə və ya fəzaya görə, o vəziyyəti xarakterizə edən parametrlər toplusuna çevrilsin: məsələn, detalın hazırlanmasında hər bir texnoloji əməliyyata mərhələ kimi baxa bilərik. Pillə dedikdə vahid elementin bir neçə tərkib hissələrə bölünərək onların parametrlər toplusu ilə xarakterizə olunmasıdır. Məsələn, avadanlığm ayrı-ayrı düyünləri və ya qovşaqları çoxmərhələli və çox pilləli sistemlərin optimallaşdırma kimi additiv və multiplikativ funksiyalarına ayrılır.

Birinci hala optimallaşdırma kimi bütün mərhələ və pillə kriteriyalarinın ∑ cəmi götürülür.

Amma II halda isə bu kriteriyaların * hasili götürülür.

Additivə misal olaraq prosesin dəyərinin krimetriyasını göstərmək olar. Multiplikativə misal maşının f.i.ə-nı göstərmək olar, yəni bütün düyünlərin ayrı-ayrılıqda f.i.ə-nın hasilini götürməklə maşının ümumi f.i.ə-nı tapa bilərik.

Dinamiki proqramlaşdırma metodu Belman prinsipinə əsaslanıb, yəni optimallaşdırma elə xüsusiyyətə malikdir ki, başlanğıc şərtlərdən asılı olmayaraq optimal həldə birinci həllin optimal qiymətlərindən istifadə olunur.

riyazi tənliyi:

$$f_n^{(x_1)} = \max_{u_1 \in u}\left[Q_1(x_1, u_1) + f_{N-1}(x_2)\right]$$

və ya

$$f_n^{(x_1)} = \max_{u_1 \in u}\left\{Q_1(x_1, u_1) + f_{N-1}\left[\varphi_1, U_1\right]J\right\}$$

$b_n(x_1)$ - N mərhələli proseslər üçün optimallaşdırma krimetriyasının maksimum qiyməti; x_1 və x_2 I və II mərhələ üçün parametrlərinin vektoru.

u_1- birinci idarəetmə vektoru, U buraxıla bilinən idarəetmə çoxluğu; $Q_i(x_1, u_1)$-*1* mərhələsinin optimal kriterik qiyməti; $f_{N-1}(x_2)$ - sonuncu mərhələdə N-l mərhələləri üçün optimallaşdırma kretiriyasının maksimum qiyməti: φ_1 - x_2 parametri, x_1 və U_1 dən aslılığını bildirən hər hansı bir funksiyadır.

Dinamiki proqramlaşdırma metodunun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, N-ci mərhələ üçün prosesin başlanğıcda həllini ardıcıl olaraq iki mərhələli, üç mərhələli və u.a. N-cu mərhələyə kimi aparır. Bu halda məsələnin optimal həllinin tənliyini axırıncı mərhələdə təyin edirlir. Bunu yuxarıdakı tənliyə əsasən həll edirlər.

1.14.Xətti proqramlaşdırma.

Bu metodla optimallaşdırma məsələsini həll etdikdə məqsəd funksiyası və məhdudluq şərtləri xətti olmalıdır.

Xətti proqramlaşdırma məsələsini aşağıdakı kimi formalaşdırmaq olar: məqsəd funksiyasının minimal (maksimal) qiymətini qoyulan məhdudluq şərtlərində tapmalı məqsəd funksiyası

$$Q(x) = \sum_{i=1}^{n} C_j x_j$$

məhdudluq şərtlərində:

$$x_j \geq 0, \qquad j = 1,2,...,n;$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i, \qquad i = 1,2,...,m_1;$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{kj} x_j \leq b_k, \qquad k = 1,2,...,m_2;$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{rj} x_j \leq b_e, \qquad e = 1,2,...,m_3;$$

burada *s; a_{ij}, a_{kj}, a_{ej}, b, b_k, b_e* - verilən həqiqi ədədlərin x_j optimallaşdırma parametridir.

Metodun əsas mahiyyəti sipleks-metodudur, yəni sonlu rəqəm şəklində iterasiya ilə optimal həlli tapmaqdır.

1.15. Qeyri xətti proqramlaşdırma

Qeyri xətti proqramlaşdırmanın məsələsi belə ifadə olunur:

Q(x) məqsəd funksiyanın minimal (maksimal) qiymətlərini $x \in R^{n}$ məhdudiyyət şərtləri daxilində tapılır.

$$g_j(x) \leq 0 \qquad j = 1,2,...m_1$$

$$g_k(x) = 0 \qquad k = 1,2,...m_2$$

$$g_e(x) \geq 0 \qquad e = 1,2,...m_3$$

həm funksiyanın özü, həm də məhdudluq şərtləri qeyri xəttidir.

Qeyri xətti proqramlaşdırma da riyazi modellərlə, optimallaşdırmada məhdudluq şərtindən asılı olaraq iki qruplara bölünür: 1) şərtsiz optimallaşdırma. 2) şərtli optimallaşdırma.

I qrup məhdudluq şərti olmadan optimallaşdırma II qrup isə məhdudluq şərti olan optimallaşdırmadır. Eyni zamanda şərtsiz optimallaşdırma öz növbəsində iki yerə bölünür: törəmə iştirak edən və törəmə iştirak etməyən.

2. ALS-nin MƏQSƏD FUNKSIYALARI ÜÇÜN ELASTIKLIYYƏT NƏZƏRIYYƏSININ XƏTTI ASILILIQLARI

Neft-mədən avdanlıqlarnın avtomatlaşdırılmış layihələndirilməsi onun riyazi, proqram, dil və informasiya təminatlarının həyata keçirilməsi ilə bağlıdır.

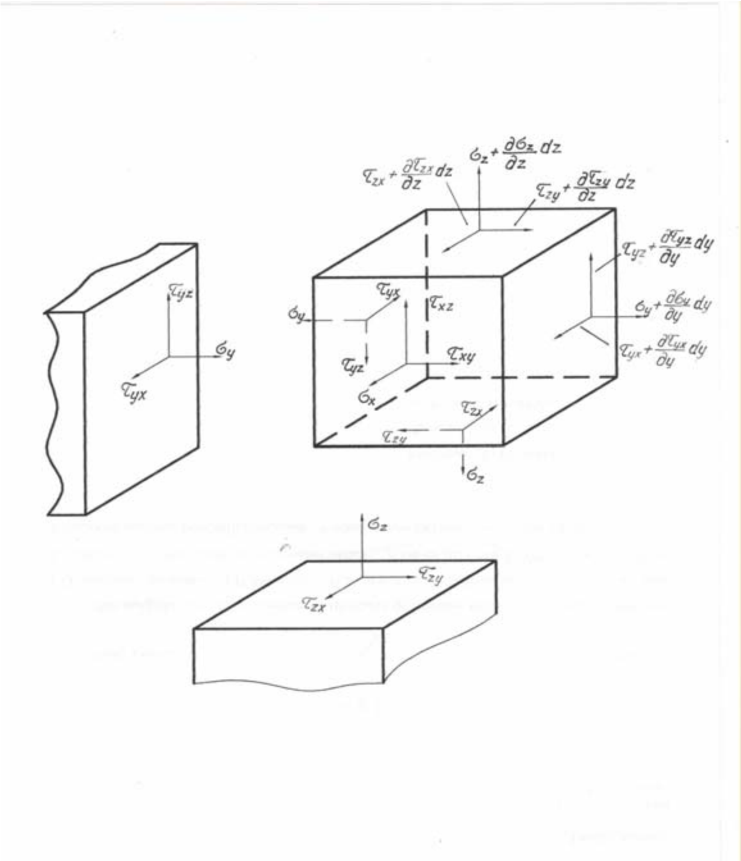
ALS-nin riyazi təminatı onun məqsəd funksiyalarının qurulması və ya seçilməsi ilə həyata keçirilir. Bunun üçün məhdudiyyət şərtləri yazıılr və qurulmuş məqsəd funksiyaları ilə birlikdə layihə həlli axtarılır.

Neft-medən avadanlığının məqsəd funksiyaları kimi onun işgörmə qabiliyyətini müəyyən edən keyfıyyət meyarlarnı təyin edən funksiyalar və funksionallar götürülür.

- avadanlığın minimal çəkisi;
- maksimum yükgötürmə qabiliyyəti;
- maksimum məhsuldarlıq;
- yüksək etibarlılıq;
- deformasiya həddinin mütənasiblik-elastiki həddə alınması;
- bərabər gərginlikli vəziyyətdə işləmə qabiliyyəti və i.a.

Elementar həcm üçün gərginliklərin müvazinət tənlikləri aşağıdakı kimi yazılır(şək.1)

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial\sigma_x}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial z}+R_x=0\\
\frac{\partial\tau_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_y}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{yz}}{\partial z}+R_y=0\\
\frac{\partial\tau_{zx}}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{zy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_z}{\partial z}+R_z=0
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$



Ris.1

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}; \quad \tau_{xz} = \tau_{zx}; \tau_{yz} = \tau_{zy} \quad (2)$$

burada σ_x, σ_y, σ_z -elementar həcmin (kubun) üzərində yaranan gərginliklərin baş kompanentləri; σ_{xy}, σ_{xz}, σ_{zy} -gərginliklərin komponentləri; $R_{x,y,z}$ - həcmi qüvvələrin proyeksiyaları; τ_{xy}, τ_{yz}, τ_{xz} - toxunan gərginliklərin toplananları.

Bu halda xətti nisbi deformasiyalar aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial U}{\partial x};\ \ \varepsilon_y = \frac{\partial \vartheta}{\partial y};\ \ \varepsilon_z = \frac{\partial W}{\partial z} \qquad (3)$$

burada ε_x, ε_y, ε_z -proyeksiya oxları üzrə nisbi deformasiyalar; U,ϑ,W-uyğun olaraq x, y, z oxları üzrə yerdəyişmələrdir.

Bu halda bucaq yerdəyişməsinin deformasiyası aşağıdakı kimi hesablana bilər:

$$\left.\begin{aligned} \gamma_{zy} &= \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\partial \vartheta}{\partial z} \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \\ \gamma_{xz} &= \frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial x} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Nəzərə almaq lazimdir ki, $\gamma_{xy} = \gamma_{yx};\quad \gamma_{xz} = \gamma_{zx}; \gamma_{yz} = \gamma_{zy}$. (1) tənliklərinə (2), (3) və (4) tənliklər sistemini əlavə etməklə 9 tənlik almış oluruq, hansı ki, bu 15 məchulu tapmağa imkan vermir, buna görə bu tənliklərə əlavə fiziki asılılıqları ifadə edən tənliklər qurulmalıdır.

2.1. Məqsəd funksiyalar üçün fiziki asılılıqlarının qurulması

Məqsəd funksiyalar üçün fiziki asılılıqları qurmaq üçün bəzi fiziki anlayışlara baxaq. Bunlardan biri sıxılmamazlıqdır. Elementar kubdan (mili $1+\varepsilon$ olan) nümunənin sıxılmamazlıq şərti:

$$(1+\varepsilon_x)\cdot(1+\varepsilon_y)\cdot(1+\varepsilon_z) = 1\cdot 1\cdot 1 \qquad (5)$$

ε^2 sonsuz kiçilənləri nəzərdən atsaq alarıq:

$$\varepsilon_x+\varepsilon_y+\varepsilon_z=0 \tag{6}$$

(6) şərtini (3) ilə birlikdə həll etdikdə belə çevrə bilərik:

$$\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{\partial \vartheta}{\partial y}+\frac{\partial W}{\partial z}=0 \tag{7}$$

Sıxılmamazlıq (şərti) qabiliyyəti Puasson əmsalı μ ilə six əlaqəlidir:

$$\varepsilon_x=-\mu\varepsilon_z;\ \ \varepsilon_y=-\mu\varepsilon_z \tag{8}$$

(8)-i (6)-da yerinə yazsaq:

$$\varepsilon_z(1-2\mu)\ =\ 0 \tag{9}$$

II fiziki anlayış ümumiləşmiş Hüq qanunudur:

$$\varepsilon_i^i=\frac{\sigma_i}{E};\quad i=x,y,z \tag{10}$$

burada E-elastiklik modulu, σ_i - gərginliklərin intensivliyi, ε_i^i - ümumiləşmiş nisbi deformasiyası və i-indeksi deformasiyanın yaranma prinsipini göstərir.

Sıxılmamazlıq şərtinə tabe olan cisimlər üçün Puasson əmsalı μ=0,5 onda (8)-in ifadəsini belə yazmaq olar:

$$\varepsilon_j^i=-\frac{\varepsilon_i^i}{2}=-\frac{\sigma_i}{2E};\quad i=x,y,z;\ \ j=x,y,z \tag{11}$$

Əgər bir istiqamətdə olan deformasiyaları cəmləsək onda ümumiləşmiş Hüq qanunun ifadəsini yaza bilərik:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_i^i + \varepsilon_i^j + \varepsilon_i^k = \frac{1}{E}\left[\sigma_i - \frac{1}{2}(\sigma_j + \sigma_k)\right];$$

$$\gamma_{iy} = \frac{\tau_{ij}}{G};\ i = x, y, z;\ \ j = x, y, z;\ \ k = x, y, z \qquad (12)$$

Hidrostatik funksiyanı nəzərdə tutsaq:

$$S = \frac{1}{E}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \qquad (13)$$

onda

$$\varepsilon_i = \frac{1}{2}\left(\frac{3\sigma_1}{E} - S\right) \qquad (14)$$

Materialın mexaniki xarakteristikası kimi sürüşmədə modulunu nəzərdə tutsaq alarıq:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \qquad (15)$$

μ=0,5 halı üçün $G = \frac{1}{3}E$ (16)

onda (14) ifadəsi aşağıdakı şəkili alar:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{2G}(\sigma_i - GS) \qquad (17)$$

buradan

$$\sigma_i = G(2\varepsilon_i + S) \qquad (18)$$

(18) ifadəsi Ümumiləşmiş Hüq qanununun düsturudur.

2.2. Məqsəd funksiyalarının ümumiləşmiş tənlikləri

Ümumiləşmiş işarələri daxil edək:

gərginlik - τ_y;

deformasiya-ε_y;

yerdəyişmə -U_i;
koordinat- x_i.

Bunlar müvazinət tənliyini aşağıdakı kimi yazmağa imkan verir:

$$\sum_i \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} + R_j = 0 \quad i = x, y, z; \;\; j = x, y, z \tag{19}$$

x_i koordinatına görə diferensiallamanı i indeksi ilə işarə etsək alarıq:

$$\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} = \tau_{i,j,i} \tag{20}$$

Onda (19) ifadəsi əvəzinə yaza bilərik:

$$\tau_{ij,i} + R_j = 0 \tag{21}$$

Onda (3) və (4) ifadələrini aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\varepsilon_{i,j} = \frac{1}{2}(U_{i,j} + U_{j,i}) \tag{22}$$

Aşağıdakı kimi işarələri qəbul edək:

$$\varepsilon_{xx} = \varepsilon_x; \;\; \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2}\gamma_{xy}; \;\; \varepsilon_{xz} = \frac{1}{2}\gamma_{zy};$$

$$\varepsilon_{yy} = \varepsilon_z; \;\; \varepsilon_{yz} = \frac{1}{2}\gamma_{yz}; \;\; \varepsilon_{zz} = \varepsilon_z$$

$$U_x = U; \;\; U_y = \vartheta; \;\; U_z = W \tag{23}$$

Onda ümumiləşmiş Hüq qanununu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\tau_{ij} = G(2\varepsilon_{ij} + \delta_{ij} S) \tag{24}$$

burada δ_{ij}-Kroneker simvolu $\delta_{ij}=1,\ i = j;\ \delta_{ij}=0,\ i \neq j$ qəbul edilir.

Bu halda sıxılmamazlıq şərti aşağıdakı kimi olur:

$$\varepsilon_{ii} = 0 \tag{25}$$

və ya $$U_{ii} = 0 \tag{26}$$

2.3. ALS-nin məsələlərini həll etmək üçün məqsəd funksiyalarının tənliklər sistemi

Gərginliklər ilə məsələlərin həlli

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y \partial z^2}; \quad \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial y^2} \tag{27}$$

Ifadələrin sol və sağ tərəflərini toplasaq:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} = \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial y^2} = \frac{\partial^2}{\partial z \partial y}\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right) \tag{28}$$

$\dfrac{\partial \vartheta}{\partial z} + \dfrac{\partial W_y}{\partial y} = \gamma_{yz}$ olduğunu nəzərə alsaq alarıq:

$$\frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} = \frac{\partial W}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z \partial x} \tag{29}$$

$$\frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} = \frac{\partial^2 u}{\partial y \partial z} + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}$$

$$\frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} = \frac{\partial^2 u}{\partial y \partial z} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x \partial z} \tag{30}$$

$$\frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x}+\frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y}=\frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z}=2\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \qquad (31)$$

Bu tənlikləri Z görə differensiallasaq və $\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y \partial z}=\frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x \partial y}$ olduğunu nəzərə alsaq, eyni zamanda kəsilməməzlik tənliklərindən deformasiyaları Hüq qanununun köməkliyi ilə azad etsək alarıq:

$$\frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\partial \tau_{yz}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial y}-\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z}\right]=\frac{\partial^2}{\partial x \partial y}\left(\sigma_x - GS\right) \qquad (32)$$

Məlum tənliyi nəzərə alaq

$$\sigma_z - GS = 2SG - (\sigma_x + \sigma_y)$$

yəni

$$\frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\partial \tau_{yz}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial y}-\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z}\right]=2G\frac{\partial^2 S}{\partial x \partial y}-\frac{\partial}{\partial y}\cdot\left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x}\right)-\frac{\partial}{\partial x}\cdot\left(\frac{\partial \sigma_y}{\partial y}\right) \qquad (33)$$

$$\frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial z^2}+2G\frac{\partial^2 S}{\partial x \partial y}+\frac{\partial R_x}{\partial y}+\frac{\partial R_y}{\partial x}=0 \qquad (34)$$

Laplas operatorundan istifadə etsək alarıq:

$$\nabla^{2:}(\,)=\frac{\partial^2(\,)}{\partial x^2}+\frac{\partial^2(\,)}{\partial y^2}+\frac{\partial^2(\,)}{\partial z^2} \qquad (35)$$

Onda (34) ifadəsi aşağıdakı kimi çevrilər:

$$\nabla^{2:}\tau_{xy}+2G\frac{\partial^2 S}{\partial x \partial y}+\frac{\partial R_x}{\partial y}+\frac{\partial R_y}{\partial x}=0 \qquad (36)$$

Yuxarıda göstərilən işarələmədən istifadə edib alınan 6 kəsilməməzlik tənliklərini qısa olmaq üçün bir tənliklə ifadə etmək olar:

$$\nabla^{2}\tau_{ij} + 2GS_{ij} + R_{i,j} + R_{j,i} + \delta_{ij}R_{i,i} = 0 \qquad (37)$$

i=x,y,z
j=x,y,z

(37) tənlikləri 6 məchul $\tau_{i,j}$ bu altı tənliklərdən təyin etmək olar. Burada olan S hidrostatik təzyiqi (13) ifadəsinə görə təyin etmək olar. Ona görə də S-i məchul hesab etmək olmaz, bu halda məchul $\delta_{i,j}$-nin kompanentlərini yuxarıdakı düsturlarla tamamilə təyin etmək olar.

2.4. Məqsəd funksiyalarının yerdəyişmələrlə (deformasiyalarla) həlli

Hüqun ümumiləşmiş qanununa əsasən yaza bilərik

$$\tau_{ij} = G(u_{i,j} + U_{j,i} + \delta_{ij}S) \qquad (38)$$

$\tau_{ij,i} + R_i = 0$ tənliyindəki $\tau_{i,j}$ -ni (38) tənliyinə əsasən dəyişdirərək:

$$U_{i,ji} + u_{j,ii} + S_{ij} + \frac{R_i}{G} = 0 \qquad (39)$$

$R_j^i = \dfrac{R_i}{G}$ işarəsinə keçək, onda aşağıdakı sistemi ala bilərik:

$$(U_{i,i}),\ j + u_{j,ii} + S_{ij} + R'_j = 0 \qquad (40)$$

Sıxılmamazlıq şərti $u_{i,i}=0$ olduğunu nəzərə almaqla (35)-i aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\nabla^{2}U_j + S_{ij} + R'_j = 0\ ;\ j=x,\ y,\ z \qquad (41)$$

Bu sistem tənliklərdə 4 məchul U_i və S daxildir. Çatışmayan tənliyi kəsilməməzlik tənliyi ilə; $U_{i,i}=0$ tamamlamaq olar.

Buna müvafiq tam tənliklər sistemi aşağıdakı kimi olacaq:

$$\left.\begin{aligned}
&\nabla^{2}u+\frac{\partial s}{\partial x}+R'_x=0\\
&\nabla^{2}\vartheta+\frac{\partial s}{\partial y}+R'_y=0\\
&\nabla^{2}W+\frac{\partial s}{\partial z}+R'_z=0\\
&\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial \vartheta}{\partial y}+\frac{\partial W}{\partial z}
\end{aligned}\right\}$$

(42)

Qeyd etmək lazımdır ki, (42) tənliklər sistemini yerdəyişmələrdə sıxıla bilən materiallar üçün

$$\nabla^{2}u_j+\frac{u_{i,i}}{1-2\mu}+R'_j=0 \qquad (43)$$

almaq olmaz.

2.5. Məqsəd funksiyalarda qeyri-bərabər temperaturun nəzərə alınması

Məlumdur ki, neft avadanlığının əksər düyünləri temperatur rejimində işləyir. Buna görə temperaturun təsirindən həssələrin xətt ölçüləri və həcmi genişlənir.

Bu halda hissələrin xətt ölçülərinin temperaturundan genişlənməsini məqsəd funksityalarında nəzərə almaq üçün aşağıdakı ifadələrdən istifadə edək:

$$\Delta_T = \alpha_T T\ell \tag{44}$$

burada: T-temperaturun dəyişməsi; a_x-xətti genişlənmə əmsalıdır. Başlanğıc ölçüsünü: Δ_T-yə bölsək temperatur deformasiyasını ala bilərik:

$$\varepsilon_T = \alpha_T T \tag{45}$$

Bu səbəbdən ümumi deformasiya temperatur dəyişməsindən iki deformasiyadan ibarət olacaqdır: elastiki və temperatur deformasiyasindan - ε_{ij}^T

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \varepsilon_{ij}^T \tag{46}$$

onda (45)-i nəzərdə tutsaq:

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \delta_{ij}\alpha_T T \tag{47}$$

Məlumdur ki, Hüq qanunu elastiki deformasiya ε_{ij}^e üçün əvəz edib, aşağıdakı sistemi alarıq:

$$\begin{cases} \varepsilon_{ij}^e = \varepsilon_{ij} - \delta_{ij}\alpha_T T \\ \tau_{ij} = G\left[2\varepsilon_{ij} + \delta_{ij}(S - 2\alpha_T T)\right] \end{cases} \tag{48}$$

Bəzi çevrilmələri yerinə yetirsək alarıq, onda $T = T(x,y,z)$ temperatur sahəsi üçün yerdəyişmə tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\left.\begin{array}{l} \nabla^2 u_j + (S + \alpha_T T)_{,j} + R'_j \ = 0 \\ U_{ii} = 3\alpha_T T \end{array}\right\} \tag{49}$$

2.6. Kroneker və Laplas operatorlarının məqsəd funksiyalarının qurulmasında tətbiqi

Məqsəd funksiyalarında temperaturlu gərginliklərin daxil edilməsi üçün hərəkətin tənliklərinə həndəsi, fiziki tənliklərin ifadələrinə də daxil etmək lazımdır:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{yx}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{zx}}{\partial z}+F_x=\rho\frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2}\\
&\frac{\partial\sigma_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{yy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{zy}}{\partial z}+F_y=\rho\frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2}\\
&\frac{\partial\sigma_{xz}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{yz}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{zz}}{\partial z}+F_z=\rho\frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2}\\
&\sigma_{xy}=\sigma_{yx},\ \sigma_{yz}=\sigma_{zy},\ \sigma_{zx}=\sigma_{xz}
\end{aligned}\right\} \qquad (50)$$

$$\left.\begin{aligned}
&\varepsilon_{xx}=\frac{\partial U_x}{\partial x},\ \varepsilon_{yy}=\frac{\partial U_y}{\partial y},\ \varepsilon_{zz}=\frac{\partial U_z}{\partial z}\\
&\varepsilon_{xy}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_y}{\partial y}+\frac{\partial U_x}{\partial x}\right),\ \varepsilon_{yz}\frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_z}{\partial y}+\frac{\partial U_y}{\partial z}\right)\\
&\varepsilon_{zx}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_x}{\partial z}+\frac{\partial U_z}{\partial x}\right)
\end{aligned}\right\} \qquad (51)$$

$$\left.\begin{aligned}
&\varepsilon_{xx}=\frac{1}{E}\left[\sigma_{xx}-\mu(\sigma_{yy}+\sigma_{zz})\right]\\
&\varepsilon_{yy}=\frac{1}{E}\left[\sigma_{yy}-\mu(\sigma_{xx}+\sigma_{xx})\right]\\
&\varepsilon_{zz}=\frac{1}{E}\left[\sigma_{zz}-\mu(\sigma_{yy}+\sigma_{xx})\right]\\
&\sigma_{xy}=\frac{\sigma_{xy}}{2G},\ \sigma_{yz}=\frac{\sigma_{yz}}{2G},\sigma_{zx}=\frac{\sigma_{zx}}{2G}
\end{aligned}\right\} \qquad (52)$$

burada F_x, F_y , F_z -həcmi qüvvələrin oxlar (x,y,z) üzrə uyğun proyeksiyalarıdır. ρ - sıxlıq (konstruksiya materialının); t-zaman müddəti; μ-Puasson əmsalı. E və G-Yunqun I və II növ modullarıdır elastiklik və sürüşmə modulları):

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

Sürüşmə deformasiyaları ixtiyari şəkildə verilə bilinməz, onlar U_x, U_y, U_z-in funksiyalarıdır, bunlar arasmda müəyyən differensial asıllılıq mövcuddur:

$$\left.\begin{array}{l}
\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{xx}}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2 \varepsilon_{yy}}{\partial x^2} = 2\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{xy}}{\partial x \partial y} \\
\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{yy}}{\partial z^2} + \dfrac{\partial^2 \varepsilon_{zz}}{\partial y^2} = 2\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{yz}}{\partial y \partial z} \\
\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{zz}}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 \varepsilon_{xx}}{\partial z^2} = 2\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{zx}}{\partial z \partial x} \\
\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{xx}}{\partial y \partial z} = \dfrac{\partial}{\partial x}\left[-\dfrac{\partial \varepsilon_{yz}}{\partial x} + \dfrac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial y} + \dfrac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial z}\right] \\
\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{yy}}{\partial z \partial x} = \dfrac{\partial}{\partial y}\left[-\dfrac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial y} + \dfrac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial z} + \dfrac{\partial \varepsilon_{yz}}{\partial x}\right] \\
\dfrac{\partial^2 \varepsilon_{zz}}{\partial x \partial y} = \dfrac{\partial}{\partial x}\left[-\dfrac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial z} + \dfrac{\partial \varepsilon_{yz}}{\partial x} + \dfrac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial y}\right]
\end{array}\right\} \quad (53)$$

Əgər qəbul etsək ki:

$$S = \sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz} \quad (54)$$

$$l = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}$$

(50) - (54) ifadələrini qısa formada aşağıdakı kimi də yazmaq olar

$$\sum \frac{\partial \sigma_{ki}}{\partial k} + F_i = \rho \frac{\partial^2 U_i}{\partial t^2} \tag{55}$$

$$\varepsilon_{ik} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial k} + \frac{\partial u_k}{\partial i} \right) \tag{56}$$

$$\sigma_{ik} = 2G\left(\varepsilon_{ik} + \frac{\mu}{1-2\mu} \ell \delta_{ik} \right) \tag{57}$$

Əgər konustruksiyanın T temperatura qədər qızdığını qəbul etsək (sərbəst halda) onun bədənində hər tərəfə bərabər istiqamətlərdə deformasiyaya uğrayacaq:

$$\varepsilon'_{xx} = \varepsilon'_{yy} = \varepsilon'_{zz} = \alpha T \tag{58}$$

$$\varepsilon'_{xy} = \varepsilon'_{yz} = \varepsilon'_{zx} = 0$$

Əgər konstraksiyanın (temperatur sahəsində olan) səthi digər bir konstruksiyanın elementi ilə görüşürsə onda bu konstruksiya temperaturun təsirindən bərabər genişlənə bilməyəcəkdir, ona görə də istilik gərginlikləri yaranır; tam deformasiya: qüvvə (təzyiq) və temperaturdan yaranır

$$\left.\begin{aligned}
\varepsilon_{xx} &= \frac{1}{2G}\left(\sigma_{xx} - \frac{\mu}{1+\mu} \cdot S \right) + \alpha T \\
\varepsilon_{yy} &= \frac{1}{2G}\left(\sigma_{yy} - \frac{\mu}{1+\mu} \cdot S \right) + \alpha T \\
\varepsilon_{zz} &= \frac{1}{2G}\left(\sigma_{zz} - \frac{\mu}{1+\mu} \cdot S \right) + \alpha T \\
\varepsilon_{xy} &= \frac{\sigma_{xy}}{2G}, \; \varepsilon_{yz} = \frac{\sigma_{yz}}{2G}, \; \varepsilon_{zx} = \frac{\sigma_{zx}}{2G},
\end{aligned}\right\} \tag{59}$$

Kroneker simvolunu tətbiq etsək:

$$\left.\begin{aligned}\delta_{ik} &= 0,\ i \neq k \\ \delta_{ik} &= 1,\ i = k\end{aligned}\right\} \quad (i, k = x, y, z)$$

onda (59) ifadəsi aşağıdakı formada yazıla bilər

$$\varepsilon_{ik} = \frac{1}{2G}\left(\sigma_{ik} - \frac{\mu}{1+\mu}\cdot S\delta_{ik}\right) + \alpha T\delta_{ik} \qquad (60)$$

həcmi genişlənmədə gərginliklərin S səthini almaq olar:

$$\ell = \frac{1-2\mu}{1+\mu}\cdot\frac{S}{2G} + 3\alpha T \qquad (61)$$

Onda gərginliklərin kompanentlərini deformasiyaların kompanentlərindən asılı olaraq almaq olar:

$$\sigma_{ik} = 2G\left[\varepsilon_{ik} + \frac{\mu}{1+\mu}\cdot\frac{S}{2G}\delta_{ik} - \alpha T\delta_{ik}\right] \qquad (62)$$

$$(i, k) = x, y, z$$

U_i yerdəyişmələrinin xüsusi törəmələrini nəzərə alsaq

$$\Delta u_1 + \frac{1}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial\ell}{\partial i} + \frac{F_i}{G} - \frac{\rho}{G} = \frac{2(1+\mu)}{1-\mu}\cdot\frac{\partial(\alpha T)}{\partial i} \quad (i = x, y, z) \qquad (63)$$

burada $\Delta U_i = \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_i}{\partial z^2}$ Laplas operatoru adlanır.

3. TERMOELASTIKI GƏRGINLIKLI VƏZIYYƏT

Neft-qaz avadanlıqları mürəkkəb bir iş şəraitində işləyir. Böyük qüvvə, təzyiqlə yanaşı, həm də yüksək temperatur sahəsi də mövcuddur. Bu səbəbdən qüvvə-təzyiq amillərindən yaranan gərginliklərə temperatur gərginlikləri də əlavə olunur. Əlbəttə, bu temperatur gərginliklərini nəzərə almamaq mümkün deyil. Buna görə də avadanlığın bu və ya digər düyünlərinin işdən tez çıxmağı, dağılmağı və yeyilərək imtina etməsi halları baş verir. Temperatur gərginliklərinin sistemli halında nəzərə alaraq hesablanma metodikasının olmaması tələbələr üçün bir sıra çətinliklər yaradır.

Bu məqsədlə yazılan metodiki iş məhz bunu aradan qaldırmağa kömək edəcək. Qeyd etmək lazımdır ki, işdə verilən bir sıra məsələlər müəllif tərəfindən həll edilmiş və ayrı-ayrılqda dərc edilmişdir.Termoelastiki nəzəriyyəsinə görə bircinsli, izotron elastiki cisim üçün kiçik yerdəyişmə və deformasiyalarda hərəkət tənlikləri, həndəsi tənliklər və Hüq qanununa görə fiziki tənliklərlə yazılır. Bunun üçün gərginliklərin komponentlərini cisimdən elementar həcm götürülmüş paralelepipedin yan üzünə $dydz$ təsir edən gərginlikləri - $\sigma_{xx}, \sigma_{xy}, \sigma_{xzz}, dzdx$ üzünə təsir edən gərginlikləri -$\sigma_{yx}, \sigma_{yy}, \sigma_{yz}$, $dxdy$ üzünə təsir edən gərginlikləri $\sigma_{zx}, \sigma_{zy}, \sigma_{zz}$ işarə edək.

$x,\ y,\ z$ oxları üzrə yerdəyişmələri uyğun olaraq - U_x, U_y, U_z işarə edək. Onda hərəkətin tənlikləri, həndəsi münasibətlərin və fiziki tənliklər üçün uyğun olaraq belə şəkildə yazmaq olur:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\sigma_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{yx}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{zx}}{\partial z}+F_x=\rho\frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2}\\
&\frac{\partial\sigma_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{yy}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{zy}}{\partial z}+F_y=\rho\frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2}\\
&\frac{\partial\sigma_{xz}}{\partial x}+\frac{\partial\sigma_{yz}}{\partial y}+\frac{\partial\sigma_{zz}}{\partial z}+F_z=\rho\frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2}\\
&\sigma_{xy}=\sigma_{yx},\ \sigma_{yz}=\sigma_{zy},\ \sigma_{zx}=\sigma_{xz}
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

$$\left.\begin{aligned}
&\varepsilon_{xx}=\frac{\partial U_x}{\partial x},\ \varepsilon_{yy}=\frac{\partial U_y}{\partial y},\ \varepsilon_{zz}=\frac{\partial U_z}{\partial z}\\
&\varepsilon_{xy}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_y}{\partial y}+\frac{\partial U_x}{\partial x}\right),\ \varepsilon_{yz}\ \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_z}{\partial y}+\frac{\partial U_y}{\partial z}\right)\\
&\varepsilon_{zx}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_x}{\partial z}+\frac{\partial U_z}{\partial x}\right)
\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

$$\left.\begin{aligned}
&\varepsilon_{xx}=\frac{1}{2}\left[\sigma_{xx}-\mu(\sigma_{yy}+\sigma_{zz})\right]\\
&\varepsilon_{yy}=\frac{1}{2}\left[\sigma_{yy}-\mu(\sigma_{xx}+\sigma_{xx})\right]\\
&\varepsilon_{zz}=\frac{1}{2}\left[\sigma_{zz}-\mu(\sigma_{yy}+\sigma_{xx})\right]\\
&\varepsilon_{xy}=\frac{\sigma_{xy}}{2G},\varepsilon_{yz}=\frac{\sigma_{yz}}{2G},\varepsilon_{zx}=\frac{\sigma_{zx}}{2G}
\end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

burada F_x, F_y, F_z - uyğun olaraq həcmi qüvvələrdir; p - sıxlıq, t - vaxt, μ -Puasson əmsalı, E, G - Yunqun I və II dərəcəli modulları (elastikliyyət və sürüşmə modulları).

Hansı ki, sürüşmə modulu ilə elastikliyyət modulu arasında aşağıdakı asılılıq mövcuddur:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

Sürüşmə deformasiyaları ixtiyarı verilə bilməz, bunlar uyğun olaraq U_x, U_y, U_z yerdəyişmələrinin funksiyalarıdır, onlar arasında aşağıdakı diferensial münasibətlər mövcuddur:

$$\left.\begin{array}{l}
\dfrac{\partial^2\varepsilon_{xx}}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2\varepsilon_{yy}}{\partial x^2} = 2\dfrac{\partial^2\varepsilon_{xy}}{\partial x\partial y} \\
\dfrac{\partial^2\varepsilon_{yy}}{\partial z^2} + \dfrac{\partial^2\varepsilon_{zz}}{\partial y^2} = 2\dfrac{\partial^2\varepsilon_{yz}}{\partial y\partial z} \\
\dfrac{\partial^2\varepsilon_{zz}}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2\varepsilon_{xx}}{\partial z^2} = 2\dfrac{\partial^2\varepsilon_{zx}}{\partial z\partial x} \\
\dfrac{\partial^2\varepsilon_{xx}}{\partial y\partial z} = \dfrac{\partial}{\partial y}\left[-\dfrac{\partial\varepsilon_{yz}}{\partial x} + \dfrac{\partial\varepsilon_{zx}}{\partial y} + \dfrac{\partial\varepsilon_{xy}}{\partial z}\right] \\
\dfrac{\partial^2\varepsilon_{yy}}{\partial z\partial x} = \dfrac{\partial}{\partial y}\left[-\dfrac{\partial\varepsilon_{zx}}{\partial y} + \dfrac{\partial\varepsilon_{xy}}{\partial z} + \dfrac{\partial\varepsilon_{xz}}{\partial x}\right] \\
\dfrac{\partial^2\varepsilon_{zz}}{\partial x\partial y} = \dfrac{\partial}{\partial x}\left[-\dfrac{\partial\varepsilon_{xy}}{\partial z} + \dfrac{\partial\varepsilon_{yz}}{\partial x} + \dfrac{\partial\varepsilon_{zx}}{\partial y}\right]
\end{array}\right\} \quad (4)$$

Əgər qəbul etsək ki:

$$\begin{array}{l} S = \sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz} \\ l = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz} \end{array} \quad (5)$$

(1), (2) və (3) tənliklərini qısa belə də yazmaq olar:

$$\sum \frac{\partial\sigma_{ki}}{\partial k} + F_i = \rho\frac{\partial^2 U_i}{\partial t^2} \quad (6)$$

$$\varepsilon_{ik} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_i}{\partial k} + \frac{\partial U_k}{\partial i}\right) \tag{7}$$

$$\sigma_{ik} = 2G\left(\varepsilon_{ik} + \frac{\mu}{1-\mu}\ell\delta_{ik}\right) \tag{8}$$

Əgər sərbəst vəziyyətdə olan hər hansı bir cismi (konstruksiyasını) T temperaturuna kimi qızdırsaq onda, onun hər hansı kiçik bir elementi bütün istiqamətlərdə genişlənəcək və temperatur deformasiyaları aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər

$$\begin{aligned} \varepsilon'_{xx} &= \varepsilon'_{yy} = \varepsilon'_{zz} = \alpha T \\ \varepsilon'_{xy} &= \varepsilon'_{yz} = \varepsilon'_{zx} = 0 \end{aligned} \tag{9}$$

Konstruksiya qeyri-bərabər qızdırıldıqda və ya onun bir hissəsi sərbəst genişlənməkdən məhdud edilmişsə, onda konstruksiyada temperatur gərginlikləri yaranacaq.

Bu halda konstruksiyada (1) tənlikləri ilə ifadə olunan gərginlik və deformasiyalarla yanaşı, temperatur gərginlikləri və deformasiyaları cəmlənəcək. Beləliklə, alırıq:

$$\begin{aligned} \varepsilon'_{xx} &= \frac{1}{2G}\left(\sigma_{xx} - \frac{\mu}{1+\mu}\right) + \alpha T \\ \varepsilon'_{yy} &= \frac{1}{2G}\left(\sigma_{yy} - \frac{\mu}{1+\mu}\right) + \alpha T \\ \varepsilon_{zz} &= \frac{1}{2G}\left(\sigma_{zz} - \frac{\mu}{1+\mu}\right) + \alpha T \end{aligned} \tag{10}$$

$$\varepsilon'_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{2G},\ \varepsilon'_{yz} = \frac{\sigma_{yz}}{2G},\ \varepsilon'_{zx} = \frac{\sigma_{zx}}{2G},$$

Kponker simvolunu tətbiq etsək:

$$\left.\begin{aligned}\delta_{ik} &= 0,\, i \neq k \ halı \\ \delta_{ik} &= 1,\, i = k \ halı\end{aligned}\right\} \quad (i, k = x, y, z)$$

Onda (10) tənliklərini aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\varepsilon_{ik} = \frac{1}{2G}\left(\sigma_{ik} - \frac{\mu}{1+\mu} \cdot S\delta_{ik}\right) + \alpha T \delta_{ik} \qquad (11)$$

(11) tənliklərini s gərginlikləri ilə həcmi genişlənməsindəki gərginlikləri cəmləməklə almaq olar:

$$\ell = \frac{1-2\mu}{1+\mu} \cdot \frac{S}{2G} + 3\alpha T$$

(12)

Onda (12)-ə əsasən deformasiya komponentlərinə görə gərginliklərin komponentlərini almaq olar:

$$\sigma_{ik} = 2G\left[\varepsilon_{ik} + \frac{\mu}{1+\mu} \cdot \frac{S}{2G}\delta_{ik} - \alpha T \delta_{ik}\right] \qquad (13)$$

$$i, k = x, y, z$$

Beləliklə, alınır ki, temperatur gərginlikli - deformasiya vəziyyətini öyrənmək üçün doqquz gərginliklərin komponentləri σ_{ik}, altı deformasiyanın komponentləri ε_{ik} və üç yerdəyişmə U_k komponentlərini təyin etmək lazım gəlir. Belə ki, tənliklərin sayı məlum olmayan parametrlərin sayına bərabərdir. Hesablamanın dəqiqliyini yoxlamaq üçün (4) tənliklərindən istifadə edilir.

Qeyd edək ki, (1), (2) və (10) tənliklərini sadələşdirmək olar, bu halda U_i -nun xüsusi törəmələrindən Laplas operatorundan - ΔU_i istifadə etməklə yazmaq olar:

$$\begin{aligned}&\Delta u_1+\frac{1}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial \ell}{\partial i}+\frac{F_i}{G}-\frac{\rho}{G}=\frac{2(1+\mu)}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial(\alpha T)}{\partial i}\\&\Delta U_i=\frac{\partial^2 U_i}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U_i}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 U_i}{\partial z^2},\quad (i=x,y,z)\end{aligned}\qquad(14)$$

3.1. Silindrik koordinat sistemində termoelastiklik

Silindrik koordinat sistemində $(T, Ç, Z)$ termoelastikliyi yazmaq üçün Dekart koordinat sistemində alınan ifadələri çevirsək, onda xeyli sadə ifadələr almış olarıq. Belə ki, bu sistemdə çevrəvi yerdəyişmələr sıfra bərabər olar, amma radial və oxboyu

istiqamətdəki yerdəyişmənin komponentləri *U, W,* φ -dən asılı olmayacaq və $\sigma_{\tau\varphi}=0;\ \sigma_{z\varphi}=0$, onda (1), (2), (10) və (14)-ü seçsək alarıq:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{\partial\sigma_{\tau\tau}}{\partial\tau}+\frac{\partial\sigma_{\tau z}}{\partial z}+\frac{1}{\tau}(\sigma_{\tau\tau}-\sigma_{\varphi\varphi})+F_\tau=\rho\frac{\partial^2 U}{\partial t^2}\\&\frac{\partial\sigma_{zz}}{\partial\tau}+\frac{\partial\sigma_{zz}}{\partial z}+\frac{\partial\sigma_{\tau z}}{\tau}+F_z=\rho\frac{\partial^2 W}{\partial t^2}\\&\sigma_{\tau\varphi}=\sigma_{z\varphi}=\sigma_{\varphi\tau}=\sigma_{\varphi z}=0;\ \sigma_{\tau z}=\sigma_{z\tau}\end{aligned}\right\}\qquad(15)$$

burada

$$\left.\begin{aligned}&\varepsilon_{\tau\tau}=\frac{\partial U}{\partial\tau},\ \varepsilon_{\varphi\varphi}=\frac{U}{\tau},\ \varepsilon_{zz}=\frac{\partial W}{\tau},\\&\varepsilon_{\tau z}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial U}{\partial z}+\frac{\partial W}{\partial\tau}\right),\\&\ell=\frac{\partial U}{\partial\tau}+\frac{U}{t}+\frac{\partial W}{\partial z}\end{aligned}\right\}\qquad(16)$$

Beləliklə, nəticədə alarıq:

$$\sigma_{ik} = 2G\left[\varepsilon_{ik} + \frac{\mu}{1+\mu}\cdot\frac{S}{2G}\delta_{ik} - \alpha T\delta_{ik}\right]$$

$$\left.\begin{array}{l} i,k = \tau,\varphi,z \\ S = \sigma_{\tau\tau} + \sigma_{\varphi\varphi} + \sigma_{zz} \end{array}\right\} \qquad (17)$$

$$\Delta U - \frac{U}{\tau_2} + \frac{1}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial\ell}{\partial\tau} + \frac{F_\tau}{G} - \frac{\rho}{G}\cdot\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = \frac{2(1+\mu)}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial(\alpha T)}{\partial\tau} \qquad (18)$$

burada

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial\tau^2} + \frac{1}{\tau}\cdot\frac{\partial^2}{\partial z^2} = \frac{1}{\tau}\cdot\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\right) + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

3.2. Sferik koordinat sistemində termoelastiklik

Sferik koordinat sistemi (τ,φ,θ) koordinatları ilə xarakterizə olunur. Ona görə bu sistemə görə çevirməni aparsaq alarıq:

$$\sigma_{\tau\varphi} = \sigma_{\varphi\theta} = \sigma_{\theta\tau} = 0$$

$$U_\varphi = U_\theta = 0$$

$$U_\tau = U(\tau,t)$$

Həmçinin digər parametrlər φ və θ bucaqlarından asılı deyil. Ona görə yazmaq olar:

$$\frac{\partial\sigma_{\tau\tau}}{\partial\tau} + \frac{2}{\tau}(\sigma_{\tau\tau} - \sigma_{\varphi\varphi}) + F_\tau = \rho\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \qquad (19)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \sigma_{\varphi\varphi}$$

Deformasiyalar:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_{\tau\tau} = \frac{\partial U}{\partial \tau},\ \varepsilon_{\varphi\varphi} = \varepsilon_{\theta\theta} = \frac{U}{\tau} \\ \ell = \frac{\partial U}{\partial \tau} + 2\frac{U}{\tau} \end{aligned}\right\}$$

(20)

Gərginliklər:

$$\sigma_{\tau\tau} = 2G\left[\frac{\partial U}{\partial \tau} + \frac{\mu\ell}{1-2\mu} - \frac{1+\mu}{1-2\mu}\cdot\alpha T\right]$$

$$\sigma_{\varphi\varphi} = \sigma_{\theta\theta} = 2G\left[\frac{U}{\tau} + \frac{\mu\ell}{1-2\mu} - \frac{1+\mu}{1-2\mu}\cdot\alpha T\right] \quad (21)$$

Yerdəyişmənin tənlikləri üçün alırıq:

$$\Delta U = \frac{2U}{\tau_2} + \frac{1-2\mu}{2(1-\mu)}\cdot\frac{F_\tau}{G} - \frac{1-2\mu}{2(1-\mu)}\cdot\frac{\rho\cdot\partial^2 U}{G\cdot\partial t^2} = \frac{(1+\mu)}{1-\mu}\cdot\frac{\partial(\alpha T)}{\partial \tau} \quad (22)$$

burada

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} + \frac{2}{\tau}\cdot\frac{\partial^2}{\partial \tau} = \frac{1}{\tau^2}\cdot\frac{\partial}{\partial \tau}\left(\tau^2\frac{\partial}{\partial \tau}\right)$$

Kəsilməməzlik tənliyi aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$\frac{\partial \varepsilon_{\varphi\varphi}}{\partial \tau} + \frac{1}{\tau}\left(\varepsilon_{\varphi\varphi} - \sigma_{\tau\tau}\right) = 0$$

3.3. *Yerdəyişmənin termoelastiki potensiali*

Termoelastiklik nəzəriyyəsini tətbiq etdikdə termoelastiki yerdəyişmə potensialından istifadə olunur. Bu da imkan verir ki, həcmi və ətalət qüvvələrini nəzərdən atıb, yalnız temperatur sahəsindən yaranan deformasiya və gərginliklər arasında asılılıqları qurmağa imkan verir. Ona görə elastiki mühit üçün temperatur sahəsini nəzərə aldıqda aşağıdakıları yazmaq olar.

Gərginlik üçün:

$$\sigma_{ik} = 2G\left[\varepsilon_{ik} + \frac{\mu\ell}{1-2\mu}\cdot\ell\delta_{ik} - \frac{1+\mu}{1-2\mu}\cdot\alpha T\delta_{ik}\right] \quad (24)$$

Yerdəyişmə üçün:

$$\Delta U_i + \frac{1}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial\ell}{\partial i} = \frac{2(1+\mu)}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial(\alpha T)}{\partial i} \quad (i = x, y, z) \qquad (25)$$

Termoelastiki potensialı $\varnothing$ yerdəyişmə ilə ifadə etsək alarıq:

$$U_i = \frac{\partial\varnothing}{\partial i} \qquad (26)$$

Nəzərə alsaq ki,

$$\Delta U_i = \Delta\cdot\frac{\partial\varnothing}{\partial i} = \frac{\partial(\Delta\varnothing)}{\partial i}$$

$$i = \sum\frac{\partial U_i}{\partial i} = \sum\frac{\partial^2\varnothing}{\partial t^2} = \Delta\varnothing$$

$$\frac{\partial\ell}{\partial i} = \frac{\partial(\Delta\varnothing)}{\partial i}$$

(25) tənliyini aşağıdakı kimi çevirək:

$$\frac{\partial}{\partial i}(\Delta\varnothing) + \frac{1}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial}{\partial i}(\Delta\varnothing) = \frac{2(1+\mu)}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial(\alpha T)}{\partial i}$$

və ya

$$\frac{2(1-\mu)}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial}{\partial i}(\Delta\varnothing)=\frac{2(1+\mu)}{1-2\mu}\cdot\frac{\partial(\alpha T)}{\partial i}$$

buradan

$$\Delta\varnothing=\frac{1+\mu}{1-\mu}\cdot\alpha T \tag{27}$$

Analoji olaraq (24)-dən yazsaq alarıq

$$\sigma_{ik}=2G\left\{\frac{\partial^2\varnothing}{\theta i\theta k}+\frac{\delta_{ik}}{1-2\mu}\left[\mu\Delta\varnothing-(1+\mu)\alpha T\right]\right\} \tag{28}$$

(27)-dən T-ni (28)-də yazsaq alarıq:

$$\sigma_{ik}=2G\left(\frac{\partial\varnothing}{\partial i\partial k}-\Delta\varnothing\,\delta_{ik}\right) \tag{29}$$

Onda silindrik koordinat sistemində gərginliklərin termoelastik potensiala görə komponentləri aşağıdakı şəkilə düşər:

$$\left.\begin{aligned}\sigma_{\tau\tau}&=2G\left(\frac{\partial^2\varnothing}{\partial\tau^2}-\Delta\varnothing\right)\\ \sigma_{\varphi\varphi}&=2G\left(\frac{1}{\tau}\frac{\partial\varnothing}{\partial\tau}-\Delta\varnothing\right)\\ \sigma_{zz}&=2G\left(\frac{\partial^2\varnothing}{\partial z^2}-\Delta\varnothing\right)\\ \sigma_{\tau z}&=2G\frac{\partial^2\varnothing}{\partial\tau\partial z}\end{aligned}\right\} \tag{30}$$

burada

$$\Delta\varnothing = \frac{\partial^2\varnothing}{\partial\tau^2} + \frac{1}{\tau}\cdot\frac{\partial\varnothing}{\partial\tau} = \frac{1}{\tau}\cdot\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\tau\frac{\partial\varnothing}{\partial\tau}\right) \tag{31}$$

Onda müstəvi deformasiya halı üçün gərginliklərin komponentləri $\Delta\varnothing$ potensialından asılı olaraq aşağıdakı kimi alınar:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{\tau\tau} &= -2G\frac{1}{\tau}\cdot\frac{\partial\varnothing}{\partial\tau} \\ \sigma_{\varphi\varphi} &= -2G\frac{\partial^2\varnothing}{\partial\tau^2} \\ \sigma_{iz} &= -2G\left(\frac{\partial^2\varnothing}{\partial r^2} + \frac{1}{\tau}\cdot\frac{\partial\varnothing}{\partial\tau}\right) \end{aligned}\right\} \tag{32}$$

Əgər həcmi və səthi qüvvələrini nəzərə almasaq, onda ***T*** temperaturdan yaranan istilikkeçirmə tənliyi aşağıdakı kimi olar:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \Delta\ \alpha\ T \tag{33}$$

(26)-dan t-yə görə törəmə alsaq, alarıq:

$$\frac{\partial(\Delta\varnothing)}{\partial t} = \frac{1+\mu}{1-\mu}\cdot\alpha\frac{\partial T}{\partial t} \tag{34}$$

(32) tənliyindən $\frac{\partial T}{\partial t}$ -ni (33)-də yerındə yazsaq, alarıq:

$$\frac{\partial(\Delta\varnothing)}{\partial t} = \frac{1+\mu}{1-\mu}\cdot\alpha\alpha\Delta T \tag{35}$$

Laplas operatorunun Δ işarəsini (34)-dən atsaq, alarıq:

$$\frac{\partial \varnothing}{\partial t} = \frac{1+\mu}{1-\mu} \cdot \alpha \cdot \alpha T + \varnothing_0 \tag{36}$$

Buradan alırıq:

$$\varnothing = \frac{1+\mu}{1-\mu} \cdot \alpha \cdot \alpha \int_0^i T d\tau + \varnothing_0 t + \varnothing_1 \tag{37}$$

$$\Delta \varnothing_1 = \frac{1+\mu}{1-\mu} \cdot \alpha \cdot T$$

burada $\varnothing_0$ - başlanğıc ixtiyari harmonik funksiya; $\varnothing_1 = \varnothing(t=0)$ - başlanğıc temperatura uyğun yerdəyişmənin potensialıdır.

3.4. Neft-qaz avadanliğinda temperatur amilinin təsirinin dəyərləndirilməsi

Pakerlərin oturdulmasının birinci mərhələsi pakerdəki klapanın bağlı vəziyyətdə olmasıdır. Bu halda klapandakı kəsici klapanın bağlı qalmasını təmin edir. Pakerin oturdulmasının ikinci mərhələsində isə, elastiki elementlər istismar kəmərinin səthinə sıxılaraq çatdırılır, plaşkalar isə pakeri quyu divarında (istismar kəmərində) dayaq etdirir, bundan sonra lülənin daxilində təzyiqi artıraraq kəsici kəsilə bilən vintlər kəsilir və bununla da klapan açılır. Bu halda quyu məhlulu pakerin - lülənin daxilinə çatdırılır. Beləliklə, paker təkcə təzyiqlər düşgüsünün təsirinə deyil, həm də neft və qazın temperaturanın təsirinə məruz qalır. Qeyd etmək lazmıdır ki, temperatur amilinin elastiki element-lülə təmasında temperatur təsirini nəzərə almaq vacibdir. Bu məqsədlə Huq qanunundan istifadə edək aşağıdakı ifadəni yazmaq olar. Burada σ_τ, σ_θ - uyğun olaraq radial və tangensial gərginliklər; $\varepsilon_\tau, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z$ - uyğun olaraq radial, tangensial və oxboyu nisbi deformasiyalar; E- kipləndiricinin elaktikiyyət modulu; μ- rezin üçün Puasson əmsalı; α- materialın temperaturdan xətti genişlənmə əmsalı; Δt- temperatur düşgüsüdür.

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_\tau &= \frac{1}{E}\left(\sigma_\tau - \mu\sigma_\theta\right) + \alpha\Delta t \\ \varepsilon_\theta &= \frac{1}{E}\left(\sigma_\theta - \mu\sigma_\tau\right) + \alpha\Delta t \\ \varepsilon_z &= \frac{\mu}{E}\left(\sigma_\theta - \sigma_\tau\right) + \alpha\Delta t \end{aligned}\right\} \tag{38}$$

Müəyyən yaxınlaşma ilə qəbul edək ki, temperatur pakerin lüləsi boyu sabit qalır. Digər tərəfdən pakerin klapanı açıq olduğu üçün lülədə oxboyu deformasiya və gərginlik sıfra bərabər olur, yəni:

$$\sigma_z = 0, \;\; \varepsilon_z = 0 \tag{39}$$

Onda (37)-nin üçüncü tənliyi aşağıdakı kimi alınar:

$$-\frac{\mu}{E}\left(\sigma_\tau - \sigma_\theta\right) + \alpha\Delta t = 0 \tag{40}$$

buradan

$$\alpha\Delta m = \frac{\mu}{E}\left(\sigma_\tau - \sigma_\theta\right) \tag{41}$$

(40)-ı (37)-nin birinci və ikinci tənliklərində nəzərə alsaq və sonsuz kiçik hədləri almaqla, alarıq:

$$\sigma_\tau = \frac{1}{1+\mu} \cdot E\varepsilon_\tau \tag{42}$$

Nəzərə alsaq ki, $\varepsilon_\tau = \frac{U}{dr}$, $\varepsilon_\theta = \frac{U}{r}$, (42) və (41), (42)-də yaza bilərik.

$$\sigma_\tau = \frac{1}{1+\mu} \cdot \frac{dU}{dr} \tag{43}$$

$$\sigma_\theta = \frac{1}{1-\mu} \cdot \frac{U}{r} \tag{44}$$

(43) və (44) aşağıdakı müvazinət tənliyində:

$$\frac{\partial \sigma_p}{\partial p} = \frac{\sigma_p - \sigma_\theta}{p} = 0 \tag{45}$$

yerində yazsaq alarıq:

$$\Delta t_h = \frac{2\mu}{\alpha E} \cdot \frac{\Delta P(r_x^2 - r_d^2)}{R_d^2} \tag{46}$$

burada Δt_h - temperatur düşgüsünün həddi qiyməti; ΔP - pakerə təsir edən təzyiq düşgüsüdür. Onda radial və tangensial nisbi deformasiyalar üçün yaza bilərik:

$$\varepsilon_r = \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{\Delta P(r_x^2 - r_d^2)}{R_d^2} \cdot \left(1 - \frac{(r_x^2)}{r_d^2}\right) \tag{47}$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{\Delta P(r_x^2 - r_d^2)}{R_d^2} \cdot \left(1 + \frac{(r_x^2)}{r_d^2}\right) \tag{48}$$

(47) və (48) ifadələr pakerin oturdulma anı üçündür. Paker isə buraxıldıqdan sonra onun lüləsində temperatur düşgüsündən (baxmayaraq ki, oxboyu deformasiya plaşka mexanizminin istismar kəmərində dayaq olmasına görə sıfra

bərabərdir) yaranan oxboyu gərginlik sıfra bərabər olunur. Bu hal üçün sərhəd şərti aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\sigma_z \neq 0; \varepsilon_z = 0; \Delta t \neq 0 \qquad (49)$$

Onda (49) şərtinə müvafiq ümumiləşmiş Huq qanunu belə olar:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_\tau &= \frac{1}{E}\left[\sigma_r - \mu\left(\sigma_z + \sigma_\theta\right) + \alpha \Delta t E\right] \\ \varepsilon_\theta &= \frac{1}{E}\left[\sigma_z - \mu\left(\sigma_z + \sigma_r\right) + \alpha \Delta t E\right] \\ \varepsilon_\tau &= \frac{1}{E}\left[\sigma_z - \mu\left(\sigma_r + \sigma_\theta\right) + \alpha \Delta t E\right] \end{aligned}\right\} \qquad (50)$$

(50)-in üçüncü tənliyindən σ_z-i tapıb, birinci və ikinci tənliklərdə yerinə yazsaq alarıq:

$$\varepsilon_\tau = \frac{1+\mu}{E}\left[(1-\mu)\sigma_r - \mu\left(\sigma_\theta + \alpha E \Delta t\right)\right] \qquad (51)$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{1+\mu}{E}\left[(1-\mu)\sigma_\theta - \mu\left(\sigma_r + \alpha E \Delta t\right)\right] \qquad (52)$$

(52)-dən alarıq:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left[(1-\mu)\varepsilon_r + \mu\varepsilon_\theta\right] - \frac{E}{1-2\mu}\alpha\Delta t \\ \sigma_\theta &= \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left[(1-\mu)\varepsilon_\theta + \mu\varepsilon_r\right] - \frac{E}{1-2\mu}\alpha\Delta t \end{aligned}\right\} \qquad (53)$$

Analoji olaraq yuxarıdakı yanaşma ilə s_r və %-nın (42a)-dakı ifadələrini (53)-də yazıb diferensial tənliyi (49)-u nəzərə alıb, həll etsək, onda oxboyu gərginlik üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\sigma_z = 2\mu \cdot \frac{\Delta P(r_x^2 - r_d^2)}{R_d^2} - \alpha \Delta t E \qquad (54)$$

Buna müvafiq radial və tangensial deformasiyalar üçün yaza bilərik:

$$\varepsilon_r = \frac{1+\mu}{E} \cdot \frac{\Delta P(r_x^2 - r_d^2)}{R_d^2}\left(1 - 2\mu - \frac{r_x^2}{r^2}\right) + (1+\mu)\alpha\Delta t \qquad (55)$$

$$\varepsilon_z = \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{\Delta P(r_x^2 - r_d^2)}{R_d^2}\left(1 - 2\mu - \frac{r_x^2}{r^2}\right) + (1+\mu)\alpha\Delta t \qquad (56)$$

Alınan (55) və (56) analitik ifadələri göstərir ki, pakerlərin elastiki element-lülə təmasında heç də «sadə» deformasiyalar deyil, temperatur düşgüsündən mürəkkəb deformasiyalar yaranır, əlbəttə, bunun qiyməti kiplik şərti üçün dəyərləndirilməlidir.

3.5. Kipləndiricilərin temperatur amilindən axma hədlərinin hesablanma metodikasi

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, elastiki elementlər ağır quyu şəraitində temperatur rejimində kipləndirmə yaratmalıdır. Bu cür rejim onlarda axma deformasiyaları yaradır.

Elastiki element xarici P təziyqlə yüklənir, bu isə onda daxili q təzyiqini yaradır. P və q elastiki həddlərini müəyyən edək ki, rezin element ΔT temperatur təsirindən axma həddinə qədər yüklənməsin. Axmanın şərtini elastiki elementə görə yazsaq [5,9]:

$$\sigma_\theta - \sigma_\tau = 2k_g\sigma_k$$

$$K_{gT} = K_g exp[æ\Delta T]$$

$$K_g = V_p / V_f; \; T = T_0$$

$$P = \frac{Q\Delta}{2V_p};\ q = \frac{M_Q S_n}{V_p} = \sigma_{op}$$

$S_n - Q = f(\Delta h)$ əyrisi altında qalan sahənin qiymətidir;

M_q- sıxılma deformasiyası üçün qüvvə miqyasıdır.

Onda,

$$\frac{\partial \sigma_q}{\partial r} + \frac{\sigma_\tau - \sigma_\theta}{r} = 0$$

tənliyindən yaza bilərik:

$$\sigma_r = 2K_{gT}\sigma_k \ln r + c$$

r- cari radius (elastiki elementdə); $r = R_g$ elastiki elementin daxili radiusudur.

$$\sigma_r = -P;\ \text{yəni}\ \sigma_r = -(\sigma_{op}^* + \Delta P),$$

$$\sigma_r = -(\sigma_{op}^* + \Delta P) + 2K_{gT}\sigma_k \ln\frac{R_k}{R_g}$$

İkinci sərhəd şərtini yazaq:

$$\sigma_r = \Big|_{r=R_k} = -q;\ \text{yəni}\ q = -\sigma_{op}^*$$

Onda

$$p - q = 2K_{gT}\sigma_{op}^* \ln\frac{R_k}{R_g} \quad \text{və ya}$$

$$\sigma_{op}^0 - \sigma_{op}^* = 2K_{gT}\sigma_{op}^* \ln\frac{R_k}{R_g}$$

başlanğıc anda

$$\sigma_{op}^0 - \sigma_{op}^* = 2K_{gT}\sigma_{op}^0 \ln\frac{R_{k0}}{R_{g0}}$$

Kəsilməzlik şərtinə görə

$$\frac{du}{dr} + \frac{u}{r} = 0; \;\; \frac{c}{r} = u$$

və ya

$$\frac{du}{dt} = \frac{c}{r}$$

$$\text{r}\sim\Big|_{t=t_0} = r_0$$

$$r^2 - r_0^2 = 2c(t - t_0)$$

$$r = R_{g0}; \;\; r = R_g$$

Onda, $R_g^2 - R_{g0}^2 = 2c(t - t_0)$

$$r = \sqrt{r_0^2 + R_g^2 - R_{g0}^2}$$

$R_g = R_{10} = R_1$ - paker lüləsinin radiusudur. Onda,

$$\sigma_{op}^0 - \sigma_{op}^k = -K_{gT}\sigma_k \ln\frac{R_k^2}{R_1^2}$$

burada σ_{op}^k - təcrübi yolla tapılıb.

$$\frac{Q\Delta h}{2V_p} = k_{gT}\exp[\text{-ж}\,\Delta T\,]\ln\frac{R_k^2}{R_l^2}\sigma_k + \frac{M_Q S_n}{V_p}$$

Ölçüsüz şəkildə

$$P_e = \frac{V_p}{V_{op}}\exp[\text{-ж}\Delta T]\frac{R_k^2}{R_l^2}\cdot\frac{\sigma_k}{E_s} + \frac{M_Q S_n}{V_p E_s}$$

Təcrübədən alınan nəticələrə görə dəyərləndirilib ki,

$$P_e \le 0{,}309 \;\; (T = 373{,}...{,}393)K$$

olduqda axma halı praktiki olaraq kipləşməni pozmur.

4. NEFTQAZMƏDƏN AVADANLIQLARININ LAYIHƏLƏNDIRILMƏSINDƏ OXŞARLIQ VƏ ÖLÇÜLƏRIN ANALIZI NƏZƏRİYYƏLƏRİNİN TƏTBİQİ

Neftqazmədən avadanlıqlarının avtomatik layihələndirilməsində tez-tez konstruksiyaların optimal forma və ölçülərini xarakterizə edən məqsəd funksiyaların diferensial tənliklərinin həll etmək çətinlikləri ilə rast gəlinir. Bu halda eksperimental yoldan istifadə edilir. Eksperimentləri isə oxşarlıq və ölçülərin analizi nəzəriyyələri ilə işləyirlər. Bu nəzəriyyə; π-nəzəriyyəsi ilə də adlandırılır.

Oxşarlıq nəzəriyyəsi iki postulata əsaslanıb:

1) Oxşarlıq iki kəmiyyətin nisbəti onların hansı sistemdə ölçüldüyündən və ölçü vahidlərindən asılı deyil;

2) Fiziki hal və formanı yazan tənliklər tədqiq olunan kəmiyyətlərin ölçü sisteminin seçilməsindən asılı deyil.

Bu iki postulat əsasında asılı olmayan ölçülər təyin edilir. Bu iki formada yerinə yetirilir:

I L (uzunluq), T (zaman), M (kütlə)-əsas asılı olmayan ölçülər.

II L, T, F (qüvvə).

İki formada dəyişənlər vardır:

1) sayca müəyyənləşən
2) keyfiyyətcə müəyyənləşən

Oxşarlıq və ölçülər analizinə əsasən vahid dəyişənlər ölçüsü qurulur:

$$V = V_0 + at \Rightarrow LT^{-1} = LT^{-1} + LT^{-2} \cdot T$$

$$[V] = \frac{[S]}{T} = \frac{L}{T} = LT^{-1}$$

$$[V] = \frac{[S]}{T} = L \cdot T^{-1} \cdot \overline{T}^{1} = LT^{-2} \Rightarrow LT^{-1} = LT^{-1} + LT^{-1}$$

deməli postulatın şərti eynidir.

Həmçinin sabitləri də eyni ölçülər formasına gətirmək olar:

$$h = \frac{qt^2}{2}; \;\; q = 9{,}81m/san^2$$

$$L = \frac{LT^{-2} \cdot T^2}{2}$$

$$L=h$$

Fiziki mexaniki parametrləri BS-də ölçü vahidləri əlavə 1-də verilmişdir.

4.1. Oxşarliq və ölçülərin analizi nəzəriyyəsində miqyasin seçilməsi

Ölçüləri ölçüsüz kəmiyyətə gətirmək ücün dəyişən və sabitlərə görə miqyas seçilir. Bünün üçün konstruksiyanın natur və model nümunələri hazırlanır və bunların materialının mexaniki xarakteristikaları seçilir:

$$\underbrace{natur}_{E_n G_n \mu_n} \qquad\qquad \underbrace{\mathrm{mod}\,el}_{E_m G_m \mu_m}$$

burada $E_n,\ E_m$ -uyğun olaraq elastiklik modulu;

$G_n,\ G_m$ - uyğun olaraq sürüşmə modulu;

$\mu_n,\ \mu_m$ - Puasson əmsallarıdır.

Layihələndirmənin oxşarlıq nəzəryyəsinə görə təmin olunan şərti Huq qanununa görə **σ=** $E\varepsilon$ ödənilməsi aşağıdakı kimidir

$$\mu_n = \mu_m$$

$$G_n = G_m$$

$$E_n = \varepsilon_m$$

Əgər material qeyri xətti xarakteristikalara malikdirsə, onda Super pozisiya prinsiplərindən istifadə olunur. Super mahiyyəti ondan ibarətdir ki, qeyri xətti dəyişənləri və sabitləri ayrı-ayrı təyin edib onların ümumi cəmini təyin edirlər:

$$\left.\begin{aligned} \mu_m &= \mu_{1m} + \mu_{2m} + \ldots + \mu_{nm} \\ G_m &= G_{1m} + G_{2m} + \ldots + G_{nm} \\ E_m &= E_{1m} + E_{2m} + \ldots + E_{nm} \end{aligned}\right\}$$ qeyri xətti xassəli materiallar üçün

Bu şərtə əsasən miqyas parametri seçilir:

$V / V_m = n_e \cdot e_t^{-1}$ - sürət üçün

$a / a_m = n_e \cdot e_t^{-2}$ - təcil

$\omega / \omega_m = e_t^{-1}$ - tezlik

$P_0 / E = P_{0m} / E_m$ təzyiqin miqyası

$E = E_m = P_m / \ell_m^2 = P / \ell^2$ - yükün qüvvənin miqyası

və ya

$P / P_m = E \cdot n_m^2 / E_m$ - qüvvənin miqyası

$P_i / P_{im} = P / P_m$ - dinamiki qüvvənin miqyası

$U / U_m = n_e \cdot \varepsilon = E_m$ - yedəyişmənin miqyası

$R / R_m = P / \ell_m$ - dayaq reaksiyasnın miqyası

4.2. Konsol tirli konstruksiyalarinin deformasiyalarinin modelləşdirməsi

π-teoremindən istifadə edərək konsol tirli konstuksiyaların deformasiyasının $\delta = f(\ell, b, d, P, \nu, E)$ Şəklində yaza bilərik.

π - teoremə əsasən:

$$\frac{\delta}{\ell} = f_n\left(\frac{l_n}{l_n}, \frac{b_n}{l_n}, \frac{d_n}{l_n}, \frac{P}{El_2}, \nu\right).$$

burda ν Puasson əmsalıdır.

Natur kostruksiyasinın material xarakteristikalari model konstruksiyasinin material xarakteristikalarına götürüldüyü uçun $E_n = E_m$, $\nu_n = \nu_m$ yaza bilərik.

Model üçün isə yaza bilərik:

$$\frac{\delta_m}{\ell_m} = f_m\left(\frac{b_m}{l_m}, \frac{d_m}{l_m}, \frac{P_m}{E_m \cdot l_m^2} = \frac{P_m}{E_m l_m^2}\right)$$

π - teoreminə əsasən layihələndirmənin qaydasına görə alırıq:

$$\underbrace{\frac{\delta_m}{\ell_m} = \frac{\delta_n}{\ell_n},}_{1} \quad \underbrace{\frac{d_m}{\ell_m} = \frac{d_n}{\ell_n},}_{2} \quad \underbrace{\frac{P_m}{E_m l_m^2} = \frac{P_n}{E_n l_n^2},}_{3}$$

1-ci və 2-ci ifadələr həndəsi oxşar olduğu üçün 3-cü ifadələr fiziki oxşar olacaqdır:

$$\frac{\delta_m}{\ell_m} = \frac{\delta_n}{\ell_n}$$ - burdan alırıq

$$\delta_m = \frac{\delta_n}{\ell_n} \cdot \ell_m$$

və ya

$$\delta_m = \delta_n \cdot \frac{\ell_m}{\ell_n}$$

$$\delta_n = \frac{\ell_n}{\ell_m} \cdot \delta_m$$

Deməli konsol konstuksiyasının deformasiyasını təyin etmək üçün model konstruksiyasının deformasiyasını ölçüb bunların ölçülərinin (uzunluqlarının) nisbətinə vurmaq lazımdır.

4.3. Elastiki konstuksiyasinin gərginlikli deformasiya vəziyyətinin modelləşdirilməsi

Materialların elastiki həddə gərkinlikli deformasiya vəziyyətləri üçün onların mexaniki xarakteristikalarından istifadə olunur:

$$\underbrace{E, G, \nu}$$

E- elakstiklik modulu - Yunq modulu,
G- sürüşmə modulu,
ν - Puasson modulu

Huq hədd daxilində elastiki konstuksiyalarının mexaniki gərginlik diaqrammı aşağıdakı kimidir.

Elastiki modulu ilə sürüşmə modulu arasında əlaqə düsturu belədir:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Metallar üçün: $\varepsilon_e = 0{,}01...0{,}2$

Elastomerlər üçün $\varepsilon_l = 0{,}475...0{,}5$

Elastiki konstruksiyaya P və P_i qüvvələrinin təsir etdiyini təsvir edək; onda konstruksiyalarinın ölçüləri ℓ_i, xarakter ölçüsü λ_i olsun. x_i nöqəsində yaranan gərginlik aşağıdakı asıllıq belə yazıla bilər: $\sigma = f(x_i, l_i, \lambda_i, p, p_i, E, \nu)$

π - teoremə əsasən ölçülü kəmiyyətləri ölçüsüz kəmiyyətlərə çevirə bilərik:

$$\frac{\sigma l^2}{P} = f_1\left(\frac{x_i}{l_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \frac{l_i}{l_i}\frac{P}{El_2}, \frac{P_m}{El_2}, \nu\right)$$

Miqyas şərtinin ödənilməsi üçün aşağıdakı ifadələr yazılmalıdır:

$$\frac{P_i}{P_m} = \frac{P}{P_m}, \quad \frac{\sigma l^2}{P} = \frac{\sigma l_m^2}{P_m}$$

Statik həll olunmayan konstruksiya halı üçün

$$\frac{R}{P} = \frac{R_m}{P_m}, \quad \frac{P}{P_m} = \frac{1}{n_e^2} \cdot \frac{E}{E_m}$$ yazıla bilər

Bu halda:

$\sigma = \sigma_m, \quad \varepsilon = \varepsilon_m, \quad U = U_m$ alırıq.

4.4. Sərt (kiçik deformasiya uçun) konstruksiyalarda gərginlikli deformasiya vəziyyətinin modelləşdirilməsi

Neft mədən avadanlıqlarının elə düyünləri vardır ki, bunların kövdələri kiçik deformasiyalara məruz qalır, yəni bu cür konstruksiyaları sərt konstruksiya kimi qəbul etmək olar. Sərt konstruksiyaların gərginlikli vəziyyətini elastiki konstruksiyalar üçün yazılmış şərtlərdən istifadə etmək olar, Bu halda π - teoreminə görə layihələndirmənin şərtlərindən istifadə etdikdə

$\nu_n = \nu_m, \quad \varepsilon = \varepsilon_m$ ödənilməlidir.

Onda sərt konstruksiya

$$\sigma = f(x_i, l_i, \lambda_i, P, P_i, E, \nu)$$

π - teoreminə əsasən ölçüsüz şəkildə yaza bilərik:

$$\frac{\sigma l^2}{P} = f_1\left(\frac{x_i}{l_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \frac{l_i}{l_i}\frac{P}{El_2}, \frac{P_i}{El_2}, \nu\right)$$

Şərt konstruksiyalarda kiçik deformasiya halı olduğu üçün $\frac{\sigma l_i^2}{P}$ ölçüsüz kəmiyyəti $\frac{P_i}{El_i^2}$ ölçüsüz kəmiyyətindən asılı ola bilməz yənı

$$\frac{\sigma l_m^2}{P} \neq f\left(\frac{P_i}{El_i^2}\right)$$

Əgər natur və model konstruksiyalar üçün həndəsi oxşarlıq mövcuddursa onda yaza bilərik:

$$\frac{x_i}{l_i} = \frac{X_{im}}{l_{im}}, \frac{\lambda_i}{l_i} = \frac{\lambda_{im}}{l_{im}}, \nu_n = \nu_m$$

$\frac{\sigma l_i^2}{P} = C_p$ işarə edək, onda $C_p = \left(\frac{x_i}{e_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \nu\right)$ oxşarlıq $\sigma_p = C_p\left(\frac{P}{l^2}\right)$ olacaqdır.

Deformasiyanı $E = \frac{P_i}{El_i^2} = \varphi\left(\frac{x_i}{e_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \nu\right)$ yazaq:

Superpozisiya prinsipini tətbiq edəcək ayrı-ayrı yerdəyişmələri təyin edib bunların cəmini hesablanmaqla yekun yerdəyişmənin tapmaq olar:

$$\frac{U_i}{l_i} = \frac{P_i}{El_i^2}\varphi_i\left(\frac{x_i}{e_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \nu\right)$$

$$\frac{U_n}{l_i} = \frac{P_n}{El_i^2}\varphi_n\left(\frac{x_i}{e_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \nu\right)$$

$$U = U_1 + U_2 + \ldots + U_n$$

4.5. Konstruksiyanın xüsusi çəkisini nəzərə almaqla gərginlikli deformasiya vəziyyətinin modelləşdirilməsi

Avadanliqlarının düyünlərindəki ağır çəkili hissələrinin layihələndirilməsində onların xüsusi çəkisini nəzərə almaq lazımdır. Bunu tənliklərə konstruksiyanın xüsusi çəkisini daxil etməklə əldə edirlər:

$$[\gamma] = \frac{kq}{m^3} = \prod_p L^{-3}$$

ölçüsüz parametrdə $\dfrac{\gamma_m l_m^3}{P_m} = \dfrac{\gamma_n l_n^3}{P_n}$

$$\frac{P_m}{P_n} = \frac{\gamma_m l_m^3}{\gamma_n l_n^3} = \frac{\gamma_m}{\gamma_n} n_e^3$$

$$\frac{P_m}{P} = \frac{E_m}{E} \cdot \frac{1}{n_e^2}$$

$$\frac{E_m}{E} \cdot \frac{1}{n_e^2} = \frac{\gamma_m}{\gamma_n} n_e^3$$

$$\frac{E_m}{E} \cdot \frac{1}{n_e^2} \cdot \frac{\gamma_m}{\gamma_n} n_e$$

$$\frac{E_m}{E} \cdot \frac{1}{n_e^2} = \frac{\gamma_m}{\gamma_n} n_e$$

$$\gamma_m = \frac{E_m}{E} \cdot \gamma_n \frac{1}{n_e}$$

γ_m - ölçüsüz parametrini gərginlik funksiyasında alsaq alarıq:

$$\sigma_m = f(x_i, \lambda_i, \gamma, E, \mu)$$

π - teoreminə əsasən:

$$\frac{\sigma_m}{E} = f_1\left(\frac{x_i}{l_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \frac{\gamma l}{E}, \mu\right)$$

$$\frac{\sigma_m}{E} = \frac{\gamma l}{E} \cdot f^2\left(\frac{x_i}{l_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \mu\right)$$

$$\frac{\sigma_m}{\gamma l} = f_3\left(\frac{x_i}{l_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \mu\right)$$

və ya

$$\frac{\sigma_m}{\lambda_m l_m} = f_3\left(\frac{x_i}{l_i}, \frac{\lambda_i}{l_i}, \mu\right)$$

Həndəsi oxşarlıq şərtinə əsasən yaza bilərik

$$C_\gamma = \begin{cases} \dfrac{x_i}{l_i}, \dfrac{x_{im}}{l_{im}} & \dfrac{\sigma_m}{\lambda_m l_m} = C_\gamma \\ \dfrac{\lambda_i}{l_i}, \dfrac{\lambda_{im}}{l_{im}} & \sigma_m = C_\gamma \cdot \gamma_m l_m \end{cases}$$

$$\mu = \mu_m$$

Onda tam gərginlik:

$$\sigma_\tau = \sigma_p + \sigma_t$$

və ya

$$\sigma_\tau = \frac{C_p \cdot P}{l_2} + C_\gamma \cdot \gamma \cdot l$$

4.6. Neft mədən avadanliqlarinin kipləndirici texnikasinin modelləşdirilməsi

π - teoremini tətbiq etməklə kipləndiricinin verilən qüvvə tempində özü-özünə kipləndirmə effekti üçün müəllif tərəfindən təklif olunan fiziki model aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\frac{\Delta h}{D_k} = f\left[\frac{Q_k}{E_s D_k^2}; \frac{\sqrt[3]{V_p}}{D_s}; \frac{\sqrt[3]{V_k}}{D_k}; \frac{h}{D_k}; \frac{D_p}{D_k}; \frac{\sqrt[3]{\Delta V_k}}{D_k}; \frac{\sqrt{S_b}}{D_k}; \frac{\sqrt{\Delta S_b}}{D_k}; \frac{\Delta P}{E_s}\right]$$

burada $\dfrac{\Delta h}{D_k} : \dfrac{h}{D_k} = \dfrac{\Delta h}{h} = \varepsilon$

burada ε -kipləndiricinin nisbi deformasiyasıdır.

$\dfrac{\Delta h}{D_k} \cdot \dfrac{Q_k}{E_s D_k^2}; \quad \left(\dfrac{V_p}{D_s}\right) = \dfrac{Q_k \Delta h}{E_s V_p} = \Psi_e$ - ölçüsüz enerjidir və ya

$\varphi_e \dfrac{Q_{su} \Delta h}{2 E_{ck} V_p}$ ölçüsüz enerji

$\left(\dfrac{\sqrt[3]{V_k}}{D_k}\right)^2 : \left(\dfrac{\sqrt[3]{V_k}}{D_k}\right)^3; \quad \dfrac{V_p}{V_k} = k_3$ - kipləndiricinin doldurma əmsalı.

$\dfrac{D_p}{D_k} \cdot \dfrac{V_p}{V_k} = 1 - \dfrac{2\delta}{D_k}$ - kipləndiricinin araboşluğu; $\dfrac{\sqrt[3]{V_k}}{D_k}$ - ölçüsüz həcmdir.

$$\left(\frac{\sqrt[3]{V_p}}{D_k}\right)^2 : \left(\frac{\sqrt[3]{V_p}}{D_k}\right)^3 = \frac{\Delta V_B}{V_k} = \varphi_v$$ - kəsilmənin ölçüsüz həcmi

$$\left(\frac{\sqrt[3]{\Delta S_B}}{D_k}\right)^2 : \left(\frac{\sqrt{S_B}}{D_k}\right)^3 = \frac{\Delta S_B}{S_B} = \varphi_S$$ - kəsilmənin ölçüsüz səthi

$$\frac{Q_{su}}{E_{cne} D_k^2} : \frac{h^2}{D_k^2} = \frac{Q}{E_{cne} h^2} = \varphi_Q$$ - ölçüsüz qüvvə

$$\varepsilon = f\left[\frac{Q_{su}\Delta h}{E_{cne} V_p}; \frac{2\delta}{D_k}; k_3; \frac{\Delta P\sqrt[3]{\Delta V_k}}{Q_{su}}; \varphi_V, \varphi_S\right]$$ və ya

$$\varepsilon = f\left[\frac{Q_{su}\Delta h}{E_{cne}\cdot h^2}, \varphi_V, \varphi_S, k_3, \frac{2\delta}{D_k}, \frac{Q}{E_{cne}\cdot h^2};\right].$$

4.7. Aksial deşikli elastiki elementin həndəsi ölçülərinin hesablanması

Elastiki elementin həndəsi səht xarakteristikası aşağıdakı parametrlə ifadə olunur:

$$\Psi_s = \frac{Ş - Ş_B}{Ş_{şayba}}$$

burada, $Ş = \pi\left(R^2 - r_i^2\right)$

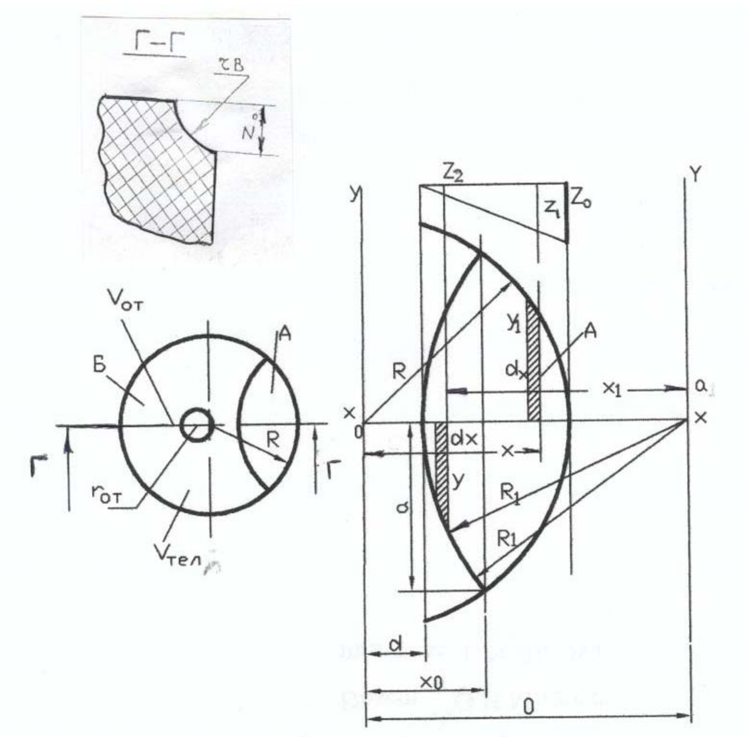
Kipləndiricinin baş səhtlərindən kəsilmiş dayaq səhtinin sahəsi:

$$Ş_{kəsim} = 2\int_{x_0}^{4}\sqrt{R^2 - x^2}\,dx + 2\int_{c-x_0}^{4}\sqrt{R_1^2 - x_1^i}\,dx_1 =$$

$$=R^2\left(\frac{\pi}{2}-\arcsin\frac{x_0}{R}\right)-x_0\sqrt{R_1^2-x_1^2}+R_1\left(\frac{\pi}{2}-\arcsin\frac{c-x_0}{R_1}\right)-(c-x_0)\cdot\sqrt{R_1^2-(c-x_0)^2}$$

$$Ş_{yan}=2\int\limits_b^R\sqrt{R^2-x^2}\,dx+2\int\limits_b^{R_c}\sqrt{R_1^2-x dx}$$

$$S_{yan}=R^2\left(\frac{\pi}{2}-\arcsin\frac{b}{R}\right)-R_k^2\left(\frac{\pi}{2}-\arcsin\frac{b}{R_k}\right)+\sqrt{R_k^2-b^2}-\sqrt{R_2-b^2}$$



Şək.2. Eksentrik deşikli elementin Ψ_S və Ψ_V xarakteristikalarının hesablanma sxemi

Kəsmələrin baş səhtində çıxarılan həcmi:

$$V_{kəsim} = 2\int_{x_0}^{R} Y_1 Z_1 dx + 2\int_{c-x_0}^{R_1} Y_2 Z_2 dx_1$$

burada

$$Z_1 = Z_0 \frac{x-d}{R-d}; \quad Y_1 = \sqrt{R^2 - x^2}$$

Yan səhtin kəsim hissəsinin proyeksiyası

$$Z_2 = Z_0 \frac{R_1 - x_1}{R-d}; \quad Y_2 = \sqrt{R_1^2 - x_1}$$

Onda:

$$Ş_{kəsim}$$

$$= 2\int_{x_0}^{R} \sqrt{R^2 - x^2} \cdot \frac{x-d}{R-d} z_0 dx + 2\int_{c-x_0}^{R_c} \sqrt{R_1^2 - x_1} \cdot Z_0 \frac{R_1 - x_1}{R-d} dx_1$$

$$V_{k's} = M \cdot Z_0$$

$$M = \frac{2}{R-d} \cdot \frac{\pi}{2}\left(R_1^2 - R^2 d\right) + \frac{1}{3}\sqrt{R_1^2 - x_0^2} - \sqrt{\left[R_1^2 - (c-x_0)_0^2\right]^3} - \frac{1}{2}R_1^3 arc\sin\frac{c-x_0}{R_1} +$$

$$+\frac{1}{2}R^2 d \cdot arc\sin\frac{x_0}{R} + \frac{1}{2}x_0 d\sqrt{R^2 - x_0}(c-x_0) \cdot \sqrt{\left[R_1^2 - (c-x_0)^2\right]}$$

yan kəsimin həcmi

$$V_{yan\ kəsim} = \frac{1}{2}\pi r_y^2 \left(\pi R - 2\delta\right)$$

kipləndiricinin sərbəst genişlənmə şərti

$$Z_{şayba} < V_{kəsim,\ hündürlük}$$

Bu halda

$$V_A = \frac{V_R}{2} - 2V_R - V_{yan\ kəs} \pm k$$

$$V_B = \frac{V_R}{2} - V_{deş} \pm k$$

$V_{R/2}$- $V_{kəs}$- V_{yan}

$$_{kəs}\pm k=\frac{V_R}{2}+V_{deş}\pm k$$

həcmlərin bərabərlik şərti:

$V_{yan\ kəs}$ +2 $V_{kəs}$ - $V_{deş}\pm 2k=0$

Kəsimin yan radiusu

$r_{yan\ kəs} = Z_0$ olarsa, onda:

$$0{,}5\pi Z_0^2(\pi R-2b)+2MZ_0-\pi r_{deş}^2 h_0 \pm k=0$$

buradan

$$Z_0^2+\frac{2M}{0{,}5\pi(\pi R-2b)}\cdot Z_0-\frac{\pi\, r_{deş}^2 h_0 \pm k}{0{,}5\pi(\pi R-2b)}=0$$

onda kipləndiricinin səth xarakteristikası:

$$\Psi_ş=\frac{\pi R^2-\pi\, r_{deş}^2-Ş_{kəs}}{Ş_{şayba}<Ş_{kəsim}}$$

burada $Ş_{şayba}$- şaybanın sahəsidir.

4.8. Konsentrik deşikli kipləndiricinin həndəsi ölçülərinin hesablanmasi

Kipləndiricinin (simmetrik deşikli) boş səhtindəki kəsim səhtin sahəsi fırlanma cismi kimi hesablana bilər:

$$Ş_{dayaq}=2\pi\left(R-\frac{2r_{kəs}}{\pi}\right)\frac{2\pi\, r_{kəs}}{4}=\pi(\pi R-r_{kəs})$$

Bu səhtin proyeksiyası:

$$Ş_{dayaq}^1=\pi\left[R^2-(R-r_{kəs})^2\right]=\pi(2R-2r_{kəs})(R-r_{kəs})$$

Onda ölçüsüz səht xarakteristikası

$$\Psi_s = \frac{\pi(R^2 - r_{k\partial s}^2) - \pi(2R - r_{k\partial s})r_{k\partial s}}{\pi\, R_{\c{s}ayb}^2}$$

Bir kəsimin həcmi

$$V_{dayaq} = 2\pi\left(R - \frac{2r_{k\partial s}}{\pi}\right)\frac{2\pi\, r_{k\partial s}}{4} = \frac{1}{2}\pi(\pi R - 2r_{k\partial s})r_{k\partial s}$$

Yan kəsim həcmi:

$$V_{yan} = 2\pi\left(R - \frac{2r_{k\partial s}}{\pi}\right)\frac{2\pi\, r_{k\partial s}}{2} = \pi(\pi R - 2r_{k\partial s})r_{k\partial s}^2$$

Ümumi həcm:

$$V = 2V_{dayaq} + V_{yan} = 2\pi(\pi R - 2r_{k\partial s})r_{k\partial s}^2$$

Kipləndiricinin kəsim həcmlərlə həcmi:

$$V_{k\partial s} = \pi R^2 h - 2\pi(\pi R - 2r_{k\partial s})r_{k\partial s}^2$$

Ölçüsüz kəsim həcm xarakteristika:

$$\Psi_v \frac{\pi R^2 h_0\left[\pi R^2 h_0 - 2\pi(\pi R - 2r_{k\partial s})\right]r_{k\partial s}^2}{\pi R^2 h_0 - 2\pi(\pi R - 2r_{k\partial s})r_{k\partial s}^2} = \frac{2\pi(\pi R - 2r_{k\partial s})r_{k\partial s}^2}{R^2 h_0 - 2(\pi R - 2r_{k\partial s})r_{k\partial s}^2}$$

4.9. Kipləndiricidə yaranan toxunan gərginliklərin təyini

Kipləndirici ilə dayaq şaybası arasında yaranan toxunan gərginlik funksiyasını belə seçmək olar:

$$\tau = \tau_{\max}\frac{Z}{h}$$

Kipləndiricinin kəsiminin profili

$$(R - r)^2 + (h_0 - z)^2 r_{k\partial s}^2$$

Sürtünmə qüvvəsi

$$q = \int 2\pi r\,\tau(z)dr$$

onda $\tau = R - \sqrt{r_{k\partial s}^2 - (h_0 - z)^2}$

$$dr = \frac{h_0 - z}{\sqrt{r_{kəs}^2 - (h_0 - z)^2}}$$

$$q = 2\pi \int_{h_0}^{h_0 - z} \left[R - \sqrt{r_{kəs}^2 - (h_0 - Z)^2}\right] \varepsilon_{\max} \frac{Z}{h_0} \cdot \left[-\frac{(h_0 - z)dz}{r_{kkkə}^2 - (h_0 - z)^2}\right]$$

$$h_0 - Z = U \quad -dz = du \quad z = h_0$$

$$u = 0 \qquad z = h_0 - r_{k\partial s} \qquad u = r_{k\partial s}$$

$$q = \frac{2\pi\tau_{\max}}{h_0}\left[R - h_0 Z_{kəs} + \frac{\pi}{4} R r_{kəs}^2 \frac{1}{2} h_0 r_{kəs}^2 + \frac{1}{3} rəə\right]$$

$$\tau_{\max} = \frac{\mu Q}{\pi[(R - r_{kəs})^2 - r_{deş}^2\ ]}$$

$$q = \frac{2\mu Q r_{kəs}}{h_0[(R - r_{kəs})^2 - r_{deş}^2\ ]}\left[Rh_0 + \frac{\pi R r_{kəs}}{4} - \frac{1}{2} h_0 r_{kəs} + \frac{1}{3} r_{kəs}^2\right]$$

$$\frac{2h_0\varepsilon}{2V_{rezin}E_s} - \frac{\sigma_{or}}{E_s} = \overline{q}$$

$$\overline{q} = \frac{Q}{h_0 R^2 E_s} \cdot \frac{f r_{kəs}\varepsilon}{(1 - r_{kəs})^2 - Z_0} \cdot \frac{\overline{h}_0 + \frac{\pi}{4}\overline{Z}_k - \frac{1}{2} h_0 \overline{r}_{kəs} + \frac{1}{3}\overline{r} l^2}{\overline{h}_0 - 2\pi(\pi - 2\overline{r} b^2)^2}$$

Ə D Ə B İ Y Y A T

1. Керимов З.Г., Багиров С.А. Автоматизированное проектирование конструкций, М, (недра) машиностроение, 1985.

2.Bünyadov S.B., İsmayılov S.X., Məmmədov V.T. Mühəndis qrafikası və çertyoj konstruktor sənədlərinin avtomatlaşdırılmasına aid metodik göstərişi, Bakı, ANKI, 1989.

3.Bünyadov S.B., İsmayılov C.X., Məmmədov V.T. Displey sinfinin timsalında mühəndis qrafikası və layihələndirilmənin avtomatlaşdırılması. Dərs vəsaiti. Bakı, Azərb.SU-nun nəşri, 1991.

4.Neft-mədən avadanlıqlarının kipləndiricilərinin optimal forma və parametrlərini seçmə metodikası. (Məmmədov V.T.) Bakı, Azərb. Dövlət Neft Şirkəti. Bakı maşınqayırma zavodu, 2001 -ci il.

5.Məmmədov V.T. Neft-mədən avadanlıqlarının hemetiklik düyünlərinin hesablanması. Elm, 1997. 198 s.

6.Məmmədov V.T. Neft-mədən avadanlıqlarının ALS-i (konspekt-mühazirə 1991-2005-ci illər).

7. Мирзеджанзаде А.Х., Огибалов, Керимов З.Г. Термо-вязко-упругость и пластичность в нефтепромысловой механике. М., Недра, 1973, 280 с.

8.Məmmədov V.T. Neft-mədən avadanlığının hermetiklik düyünlərinin elastiki elementlərinin hesablanması və layihələndirilməsinin əsasları. Bakı, Elm, 1997, 46 s.

9.Həbibov I.Ə. C.X.Ismayılov, Məmmədova M.A. Kompüter qrafikası və onun mühəndis layihə işlərində tətbiqi. Bakı: Maarif, 1992.184s.

Əlavə 1

Təcil	aT^{-2}	aT^{-2}
	$F^0L^0T^0$	$M^0L^0T^0$
Bucaq təcili	T^{-2}	T^{-2}
Bucaq surəti	T^{-1}	T^{-1}
İstidən geniş.ət.	$Ц^{-1}$	$Ц^{-1}$
Sıxlıq	$FL^{-4}T^{-2}$	ML^{-3}
Enerji	FL	ML^2T^{-2}
Tezlik	F	MLT^{-2}
İstilik keçiricilik	T^{-1}	T^{-1}
Uzunluq	FL	ML^2T^{-2}
Kütlə	L	L
Elastiklik modulu	$FL^{-1}T^{-2}$	L
Qüvvə momenti	FL^{-2}	M
Sahə momenti	EL	$ML^{-1}T^{-2}$
Statik moment	L^4	$L^4Ц^{-1}$
Ətalət momenti	FLT^2	ML^2
Qüvvə impulsu	FT	MLT^{-1}
Puasson əmsalı	$F^0L^0T^0$	$M^0L^0T^0$
Güc	FLT^1	ML^2T^{-3}
Təzyiq	FL^{-2}	$ML^{-1}T^{-2}$
İstilik keçirmə (Gərginlik)	$L^{-2}T^{-2}Ц^{-1}$	$L^{-2}T^{-2}Ц^{-1}$
Xüsusi çəki (Səhti istilik keçirmə)	FL^{-3}	$ML^{-2}T^{-2}$ *
Səthi gərilmə	FL^{-1}	MT^{-2}
Deformasiya	$F^0L^0T^0$	$M^0L^0T^0$
Gərginlik	FL^{-2}	$ML^{-1}T^{-2}$
Səhti istilik keçirmə	$L^{-1}T^{-1}Ц^{-1}$	$MT^3Ц^{-1}$

Səhti gərilmə	FL^{-1}	MT^{-2}
Temperatur	$Ö$	$Ö$
Zaman müddəti	T	T
Xüsusi iş	$LT^{-1}Ц^{-1}$	$MLT^{3}Ц^{-1}$
Burucu moment	FL	$ML^{-2}T^{-2}$
Surət	FT^{-1}	FT^{-1}
Dinamiki Ozlülük	$FL^{-2}T$	$FL^{-}T$
Kinematik özlülük	$L^{-2}T^{-1}$	$L^{-2}T^{-1}$
İş	FL	$ML^{2}T^{-2}$

Ibrahim Əbülfəz oğlu Nəbibov
Vasif Talıb oğlu Məmmədov

NEFTQAZ MƏDƏN MAŞIN VƏ AVADANLIQLARININ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ LAYIHƏLƏNDIRMƏ SISTEMI VƏ MÜHƏNDIS HESABLAMA METODLARI