SILINDRIK PATRUBKALI SFERIK IDISHLARNI MUSTAHKAMLIKGA HISOBLASH.

Nematov B.
Navoiy Davlat Universiteti t.f.n.,dotsent.
Nematova M. B. V
Navoiy Davlat Universiteti Magistrant

Annotatsiya: *Mazkur ishda silindrik patrubkali sferik idishlarning mustahkamlikka hisoblash masalalari tahlil qilingan. Tadqiqotda sferik qobiq va unga biriktirilgan silindrik patrubka tutashgan sohalarda hosil bo'ladigan kuchlanish-deformatsiya holatlari nazariy jihatdan o'rganilgan. Ichki va tashqi bosim, dinamik yuklamalar hamda geometrik parametrlarning idish mustahkamligiga ta'siri baholangan. Hisoblashlarda elastiklik nazariyasi, muvozanat tenglamalari va mustahkamlik mezonlaridan foydalanilgan. Natijada sferik idish devori qalinligini aniqlash, kuchlanishlarning taqsimlanishini baholash hamda konstruksiyaning xavfsiz ishlash shartlarini belgilash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.*

Kalit so'zlar: *Silindrik patrubkali sferik idish, Sferik rezervuar, Mustahkamlikka hisoblash, Kuchlanish–deformatsiya holati, Ichki bosim ta'siri, Radial kuchlanish,Tangensial kuchlanish, Elastiklik nazariyasi, Lyame tenglamalari, Sferik koordinatalar sistemasi, Patrubka birikmasi, Devor qalinligini aniqlash, Mustahkamlik sharti, Ruxsat etilgan kuchlanish, Dinamik yuklanish, Garmonik tebranishlar, Sonli modellashtirish, Mexanik tahlil.*

Sferik idishlar sanoatda, gaz ballonlarida, yuqori bosimli reaktorlarda, suv osti apparatlarida, kosmik apparatlarda, neft va gaz sanoati rezervuarlarida keng qo'llaniladi. Shuning uchun ham sferik idishlarni mustahkamlikga hisoblash masalalari doimo dolzarb masalalar hisoblanadi.

Quyida sferik koordinatalar sistemasida sferik idish devori qalinligini hisoblash usullari ilmiy-nazariy tarzda bayon qilinadi.

Tashqi garmonik to'lqinlar ta'sirida silindrik patrubkali sferik idish(rezervuar) mustahkamligini hisoblash elastiklik nazariyasi, tebranishlar nazariyasi va yupqa qobiqlar nazariyasiga asoslanadi.

Masalani yechishda elastiklik nazariyasi usullaridan foydalaniladi[1,2,3].

Sferik koordinatalar sistemasida nuqtaning holati uchta koordinata bilan aniqlanadi:

r — radius (markazdan masofa),

θ — qutb burchagi,

φ— azimut burchagi.

Ko‘chish komponentalari u vektorning o’qlardagi komponentalari bilan belgilanadi:
u_r– radial ko‘chish,
u_θ – meridional ko‘chish,
u_φ – tangensial ko‘chishlar deyiladi.
Rezervuar parametrlari:
R— sfera radiusi,
h — devori qalinligi,
ρ -material zichligi,
E- elastiklik moduli,
ν - Puasson koeffitsienti.
Sferik koordinatalarda deformatsiya komponentalari quyidagicha yoziladi.

Radial deformatsiya $\varepsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r};$ (1)

Qutbiy deformatsiya $\varepsilon_\theta = \frac{1}{r}\frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{u_r}{r};$ (2)

Azimut deformatsiya $\varepsilon_\varphi = \frac{1}{r sin\theta}\frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r}{r} + \frac{u_\theta\, cos\theta}{r};$ (3)

Siljish deformatsiyalari

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_{r\theta} &= \frac{1}{r}\frac{\partial u_r}{\partial \theta} + \frac{\partial u_\theta}{\partial r} - \frac{u_\theta}{r};\\ \varepsilon_{r\varphi} &= \frac{1}{r sin\varphi}\frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r};\\ \varepsilon_{\theta\varphi} &= \frac{1}{r}\frac{\partial u_\varphi}{\partial \theta} + \frac{\partial u_\theta}{r sin\varphi \partial\varphi} - \frac{u_\varphi cos\theta}{r}; \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Izotrop elastik material uchun sferik koordinatalarda Guk qonuni:
Normal kuchlanishlar

$$\left.\begin{aligned} \sigma_r &= \lambda(\varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_\varphi) + 2\mu\varepsilon_r;\\ \sigma_\theta &= \lambda(\varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_\varphi) + 2\mu\varepsilon_\theta;\\ \sigma_\varphi &= \lambda(\varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_\varphi) + 2\mu\varepsilon_\varphi; \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

bu yerda
λ, μ— Lame elastiklik konstantalari.
Ular material parametrlari orqali:

$$\left.\begin{aligned} \lambda &= \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)};\\ \mu &= \frac{E}{2(1+\nu)}; \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Sferik koordinatalar sistemasida harakat differensial tenglamalari Lyame tenglamalari bilan ifodalanadi:

$$\rho\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} = (\lambda+\mu)\nabla(\nabla\cdot\bar{u}) + \mu\nabla^2\bar{u} + \bar{F}; \quad (7)$$

Harakat differensial tenglamalari komponentlar bo‘yicha quyidagicha yoziladi.

Radial tenglama $\frac{\partial\sigma_r}{\partial r} + \frac{2\sigma_r - \sigma_\theta - \sigma_\varphi}{r} + \rho F = \rho\frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2};$ (8)

Qutbiy tenglama $\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\frac{\sigma_\theta-\sigma_\varphi}{rtg\theta}+\frac{\partial\tau_{r\theta}}{\partial r}+\frac{3\tau_{r\theta}}{r}=\rho\frac{\partial^2 u_\theta}{\partial t^2}$; (9)

Azimut tenglamasi $\frac{1}{rsin\theta}\ \frac{\partial\sigma_\varphi}{\partial\varphi}+\frac{\partial\tau_{r\varphi}}{\partial r}+\frac{3\tau_{r\varphi}}{r}=\ \rho\frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial t^2}$; (10)

Har bir komponent uchun tenglama murakkab ko‘rinishga ega. (8,9,10) tenglamalarni ko’chishlar orqali ifodalash mumkin.

Radial komponent uchun:

$$\rho\frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2}=(\lambda+2\mu)\frac{\partial}{\partial r}(\nabla\cdot\bar{u})-\mu\left[\frac{2u_r}{r^2}+\frac{1}{r^2 sin\theta}\ \frac{\partial}{\partial\theta}(u_\theta sin\theta)+\frac{1}{r^2 sin\theta}\ \frac{\partial u_\varphi}{\partial\varphi}\right]+F_r;$$

(11)

Bu yerda divergensiya

$$\nabla\cdot\bar{u}=\frac{1}{r^2}\ \frac{\partial}{\partial r}(r^2 u_r)+\frac{1}{rsin\theta}\ \frac{\partial}{\partial\theta}(u_\theta sin\theta)+\frac{1}{rsin\theta}\ \frac{\partial u_\varphi}{\partial\varphi}\ ; \quad (12)$$

Qutb va azimut tenglamalarini ham kochishlar orqali ifodalash mumkin.

Agar statik holat bo‘lsa: $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=0$; deb olinadi.

Materiallarning mustahkamligi quyidagi shartlar bilan tekshiriladi.

Maksimal normal kuchlanishlar nazariyasi $\sigma_{max}\le[\sigma]$; (13)

Maksimal urinma kuchlanishlar nazariyasi(Treska nazariyasi)

$|\sigma_1-\sigma_3|\le[\sigma]$; (14)

Maksimal potensial energiyalarlar(Von Mizes) nazariyasi

$$\sigma_{ekv}=\sqrt{\frac{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}{2}}\le[\sigma]; \quad (15)$$

Tashqi muhitdan rezervuarga garmonik to‘lqin **bosimi** ta’sir qiladi:

$p(t)=p_0\sin(\omega t)$; (16)

bu yerda,

p_0 — to‘lqin amplitudasi,

ω— burchak chastota.

Yupqa sferik qobiq uchun radial siljish u_r(r,t) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi

$$D\nabla^4 u_r+\rho h\frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2}=p(t) \quad (17)$$

bu yerda,

$D=\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$;— qobiqning egilish qattiqligi.

$p=p_0\sin(\omega t)$; tashqi garmonik bosim.

Tashqi garmonik to‘lqinlar kuchlanishni oshiradi, ular ta’siri dinamik koeffitsient bilan aniqlanadi.

$$k_d=\frac{1}{\sqrt{(1-\beta^2)^2+(2\xi\beta)^2}}; \quad (18)$$

bu yerda,

$$\beta = \frac{\omega}{\omega_0}; \qquad \omega_0 = \sqrt{\frac{Eh^2}{12\rho R^4(1-\nu^2)}};$$

$$\sigma_{max} = k_d \frac{p_0 R}{2h};$$

Rezervuar materiali uchun mustahkamlik shartini (13) eng katta normal kuchlanishlar shartidan aniqlasak bo'ladi.

$$k_d \frac{p_0 R}{2h} \le [\sigma] \quad (19)$$

Shuning uchun, rezervuar devori qalinligi quyidagicha aniqlanadi:

$$h \ge k_d \frac{p_0 R}{2[\sigma]}; \quad (20)$$

Silindrik patrubka zonasida kuchlanishlar konsentratsiyasi hosil bo'ladi:

$$\sigma_{lokal} = K_t \sigma_{max};$$

bu yerda,

$K_t = 1{,}5 - 3$;— konsentratsiya koeffitsienti.

Shuning uchun real yakuniy qalinlik formulasi

$$h \ge \frac{K_t k_d p_0 R}{2[\sigma]}; \quad (21)$$

bo'ladi.

(21) formula bo'yicha sonli hisoblashlar bajarildi. Hisob uchun quyidagi doimiy parametrlar qabul qilindi:

$K_t = 2$—konsentratsiya koeffitsienti;

$k_d = 1{,}4$ — dinamik koeffitsient;

$p_0 = 0{,}5$MPa;

Hisoblangan natijalar jadvali.

T/R	R(m)	[σ](MPa)	h(m)	h(mm)
1	1	120	0,00583	5,8
2	2	140	0,00750	7,5
3	3	160	0,00875	8,8
4	4	180	0,00972	9,7
5	5	200	0,00105	10,5
6	2	160	0,00175	18

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. В.Т. Гринченко, В.В. Мелешко «Гармонические колебание и волны в упругих телах». Киев. Наукова думка. 1981.

2.В.В. Струханов, Н.В. Бурмашева «Теории упругости». Екатеринбург. Издательство Уральского университета. 2019.

3.M.M. Mirsaidov Elastiklik nazariyasi. Toshkent.2023.