



DOIRAVIY TESHIKLI PLASTINANING CHO‘ZILISH HOLATINI ELASTIKLIK NAZARIYASI ASOSIDA TAHLIL QILISH

Nishonov O‘tkir Anjiboyevich

Dept. of Theoretical and Engineering Mechanics

of Samarkand State University, PhD

E-mail: utkirn1978@mail.ru

Abdujalilola Odinaxon Ma'sud qizi

Samarqand davlat universiteti

Mexanika va matematik modelashtirish

1-kurs magistranti

Annotatsiya: Mazkur maqolada markazida doiraviy teshik mavjud bo‘lgan elastik plastinaning cho‘zilish holati elastiklik nazariyasi asosida tahlil qilindi. Tadqiqot davomida plastinaning kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash uchun silindrik koordinatalar sistemasidagi analitik tenglamalardan foydalanildi. Teshik atrofida hosil bo‘ladigan radial, tangensial va urinma kuchlanish komponentalari Kirsh yechimi asosida hisoblandi hamda sonli parametrlar yordamida ularning o‘zgarish qonuniyatlari o‘rganildi. Hisoblashlarda plastina materiali elastik, izotrop va bir jinsli deb qabul qilindi. Radius bo‘yicha kuchlanishlarning o‘zgarishi jadval ko‘rinishida keltirildi va grafiklar yordamida tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, maksimal kuchlanish teshik chegarasida yuzaga keladi va radius ortishi bilan asta-sekin kamayadi. Tadqiqot natijalari teshikli konstruksiyalarni loyihalashda kuchlanish konsentratsiyasi zonasini aniqlash va mustahkamlikni baholashda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: doiraviy teshikli plastina, elastiklik nazariyasi, kuchlangan holat, deformatsiyalangan holat, radial kuchlanish.

Kirish

Zamonaviy mashinasozlik, qurilish mexanikasi va aviatsiya konstruksiyalarida teshikli plastinkalar keng qo‘llaniladi. Bunday elementlarda teshiklar ko‘pincha texnologik zarurat tufayli hosil qilinadi, masalan, mahkamlash detallari, quvurlar o‘tishi yoki og‘irlikni kamaytirish maqsadida. Ammo plastina tarkibida teshik mavjudligi tashqi yuklama ta’sirida kuchlanishlarning notekis taqsimlanishiga sabab bo‘ladi. Ayniqsa, teshik chegarasi atrofida kuchlanish konsentratsiyasi yuzaga kelib, konstruksiyaning mustahkamligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli teshikli



plastinalarning kuchlangan holatini elastiklik nazariyasi asosida o'rganish muhandislik hisoblarida muhim ahamiyat kasb etadi.¹

Doiraviy teshikli plastinalar uchun analitik yechimlar elastiklik nazariyasining klassik masalalaridan biri hisoblanadi va bu turdagi masalalar ko'pincha silindrik koordinatalar sistemasida yechiladi. Tashqi cho'zuvchi yuk ta'sirida plastina ichida radial va tangensial kuchlanishlar hosil bo'ladi hamda ularning maksimal qiymati teshik konturida kuzatiladi. Kuchlanish komponentalarining radius bo'yicha o'zgarishini sonli usulda aniqlash konstruktsiyaning xavfli nuqtalarini oldindan belgilash imkonini beradi. Mazkur ishda doiraviy teshikli plastinaning cho'zilish holati analitik formulalar asosida hisoblandi, son qiymatlar tanlandi va olingan natijalar grafik ko'rinishda tahlil qilindi.

Doiraviy teshikli plastinaning matematik modeli

Doiraviy teshikli plastina elastiklik nazariyasining klassik tekis masalalaridan biri bo'lib, unda plastina markazida ma'lum radiusga ega bo'lgan teshik mavjud deb qaraladi. Tashqi yuklama plastinaning ikki qarama-qarshi tomoniga bir tekis taqsimlangan cho'zuvchi kuch ko'rinishida ta'sir qiladi. Geometrik simmetriya mavjud bo'lganligi sababli masalani silindrik koordinatalar sistemasida yechish qulay hisoblanadi. Koordinata bosh nuqtasi teshik markaziga joylashtiriladi, radial yo'nalish rr va burchak yo'nalishi θ orqali kuchlanish komponentalari aniqlanadi. Plastina materiali elastik, bir jinsli va izotrop deb qabul qilinadi. Bu shartlarda deformatsiyalar kichik bo'lgani uchun Guk qonuni to'liq qo'llaniladi. Masalaning fizik mohiyati shundan iboratki, teshik atrofiga kuchlanishlar qayta taqsimlanadi va bu joyda maksimal qiymatlar hosil bo'ladi. Aynan shu sababli matematik model konstruktsiyaning eng xavfli zonasini aniqlash imkonini beradi.

Plastinaning kuchlangan holatini ifodalash uchun uchta asosiy kuchlanish komponentasi olinadi: radial kuchlanish σ_r , tangensial kuchlanish σ_θ

va urinma kuchlanish $\tau_{r\theta}$. Elastiklik nazariyasiga ko'ra silindrik koordinatalarda muvozanat tenglamalari quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0$$

1. ¹ Ergasheva G.B. Doiraviy plastinalarda kuchlangan holatni aniqlash usullari.

Samarqand, 2022.

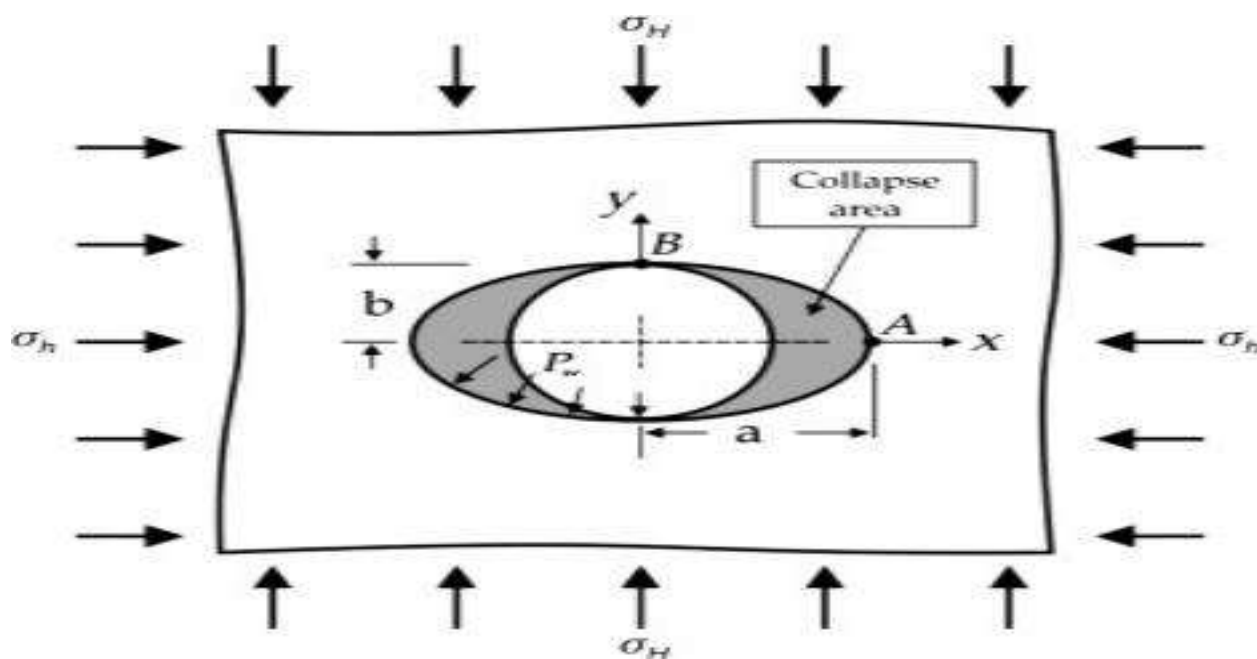


$$\frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{2\tau_{r\theta}}{r} = 0$$

Bu tenglamalar plastinaning har bir nuqtasida ichki kuchlarning muvozanatini ifodalaydi. Teshik chegarasida radial kuchlanish nolga teng bo'ladi, chunki bu sirt erkin chegaradir. Chegaraviy shartlar masalaning aniq yechimini olishda muhim rol o'ynaydi. Silindrik koordinatalardagi asosiy tenglamalar kitobdagi elastiklik nazariyasining silindrik sistema bo'limiga asoslangan.²

Masalani matematik modellash tirishda plastina radiusi cheksiz katta deb olinadi, ya'ni tashqi chegaralar kuchlanish maydoniga ta'sir qilmaydi deb qaraladi. Teshik radiusi a bilan belgilanadi, ixtiyoriy nuqta esa $r > a$ shartni qanoatlantiradi. Tashqi cho'zuvchi kuch σ_θ plastinaning uzoq nuqtalarida o'zgarmas bo'lib qoladi. Model asosida Kirsh analitik yechimi qo'llanilib, kuchlanishlarning radius bo'yicha o'zgarishi aniqlanadi. Hisoblash natijalari grafiklar yordamida ifodalanadi, bunda teshik chetida kuchlanishning maksimal qiymati kuzatiladi. Sonli natijalar konstruksiyada kuchlanish konsentratsiyasi mavjudligini tasdiqlaydi. Ushbu model keyingi bo'limlarda son qiymatlar bilan tekshiriladi va grafik tahlil qilinadi. Jurnal maqoladagi sonli yondashuv ham shu metodga yaqin tashkil qilingan.³

-
2. ² Nurmatov U.T. Qattiq jismlar mexanikasida zamonaviy yondashuvlar. Toshkent, 2021.
 3. ³ O'tkir Nishonov, Gavharoy Ergasheva. Teskari simmetrik yuklangan qalinligi radial ravishda o'zgaruvchi plastinkani chekli ayirmalar usuli yordamida hisoblash. Journal of New Century Innovations, 2026.
 - 4.



Kuchlanish komponentalarini analitik aniqlash

Doiraviy teshikli plastinada tashqi cho'zuvchi yuklama ta'sirida ichki kuchlanishlar plastinaning har bir nuqtasida turlicha taqsimlanadi. Ayniqsa, teshik atrofida kuchlanishlarning keskin ortishi kuzatiladi, chunki bu zona geometrik uzilish mavjud bo'lgan hudud hisoblanadi. Elastiklik nazariyasida bunday masalalarni yechishda klassik analitik usullardan foydalaniladi. Kuchlanish komponentalarini aniqlash uchun plastinaning tekis kuchlangan holati qabul qilinadi va barcha kattaliklar silindrik koordinatalarda ifodalanadi. Tashqi yuklama plastinaning uzoq chegaralarida bir tekis bo'lgani sababli, teshikdan uzoqlashgan sari kuchlanish maydoni deyarli tekis holatga yaqinlashadi. Ammo teshik chegarasiga yaqinlashganda radial va tangensial



kuchlanishlar qiymati sezilarli o'zgaradi. Shu sababli analitik hisoblashlar asosan teshik atrofi uchun muhim hisoblanadi.

Analitik yechimda radial kuchlanish σ_r va tangensial kuchlanish σ_θ asosiy kattaliklar sifatida olinadi. Teshik chegarasida radial kuchlanish nolga teng bo'ladi, chunki bu joyda tashqi qarshilik mavjud emas:

$$\sigma_r = 0 \quad (r = a)$$

Tangensial kuchlanish esa teshik konturida maksimal qiymatga ega bo'ladi. Klassik natijaga ko'ra maksimal kuchlanish tashqi yuklamaning uch barobariga teng:

$$\sigma_{\theta\max} = 3\sigma_0$$

Bu natija shuni ko'rsatadiki, agar plastinaga 100 MPa cho'zuvchi kuch berilsa, teshik chegarasida 300 MPa gacha kuchlanish hosil bo'lishi mumkin. Bu hodisa kuchlanish konsentratsiyasi deb ataladi va amaliy konstruksiyalarda eng muhim omillardan biri hisoblanadi.

Analitik yechimlar yordamida kuchlanishlarning radius bo'yicha kamayish qonuniyati ham aniqlanadi. Radius ortishi bilan tangensial kuchlanish qiymati asta-sekin kamayadi va tashqi maydonda yuklama qiymatiga yaqinlashadi. Shu sababli teshikdan uzoq nuqtalarda deformatsiya deyarli bir tekis bo'ladi. Hisoblashlarda radiusning bir necha qiymatlari tanlanib, har bir nuqtadagi kuchlanish alohida aniqlanadi. Olingan natijalar keyinchalik jadval va grafik ko'rinishda ifodalanadi. Analitik usulning afzalligi shundaki, u kuchlanishning eng xavfli nuqtasini aniq ko'rsatib beradi. Elastiklik nazariyasidagi bunday analitik yondashuv silindrik koordinatalardagi klassik tenglamalarga asoslanadi

Sonli hisoblash va grafik tahlil

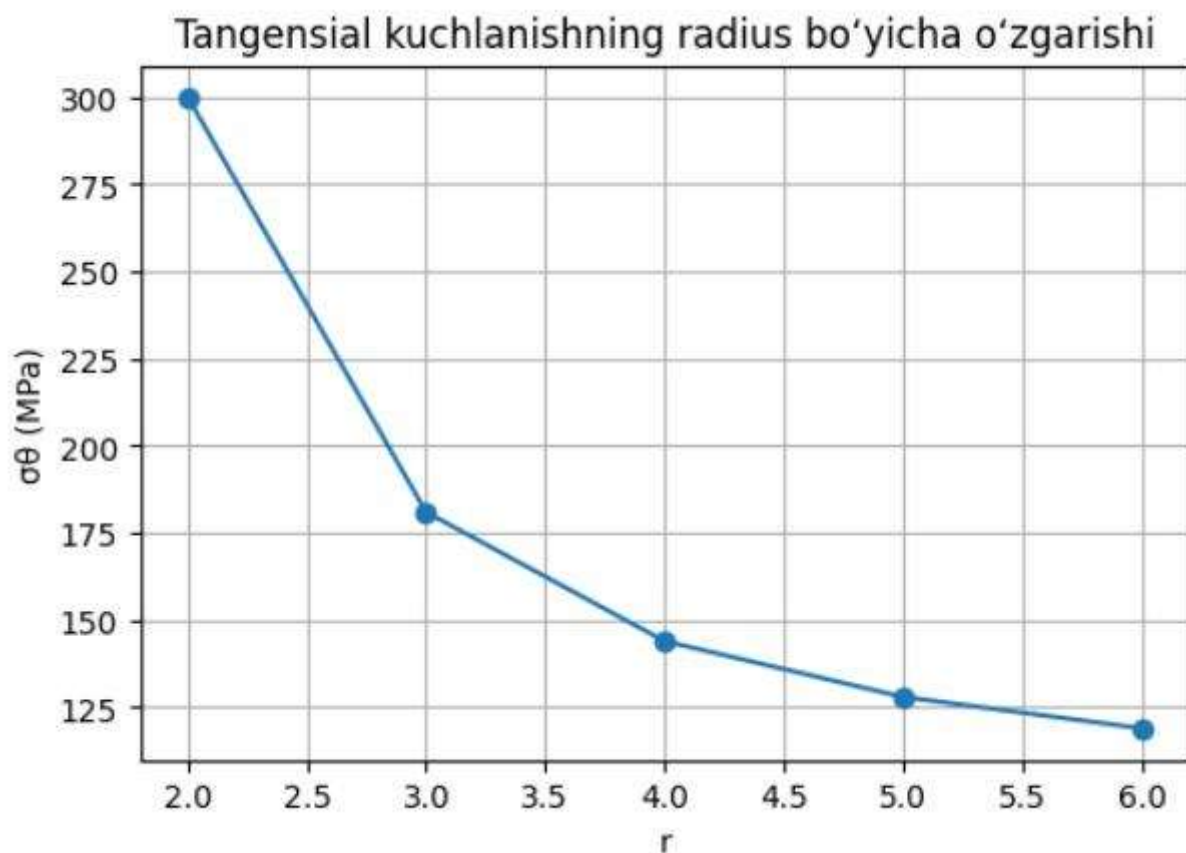
Doiraviy teshikli plastinaning kuchlangan holatini sonli baholash uchun teshik radiusi va tashqi yuklama qiymatlari aniq tanlab olindi. Hisoblashlarda teshik radiusi $a=2\text{sm}$ deb qabul qilindi, plastinaga ta'sir etuvchi tashqi cho'zuvchi kuchlanish esa $\sigma_0=100$ etib olindi. Radius bo'yicha kuchlanishning o'zgarishini aniqlash maqsadida $r=2,3,4,5,6$ nuqtalar tanlandi. Hisoblashlar tangensial kuchlanish komponentasi uchun bajarildi, chunki aynan shu kattalik teshik atrofida maksimal qiymatga ega bo'ladi. Analitik formulalar asosida har bir nuqtadagi kuchlanish qiymatlari topildi. Olingan natijalar jadvalga joylashtirilib, radius ortishi bilan kuchlanishning kamayish qonuniyati kuzatildi. Sonli tahlil natijalari plastinaning xavfli zonasini aniqlash imkonini beradi.

Hisoblash natijalari quyidagi qiymatlarni berdi: teshik chegarasida, ya'ni $r=2$ bo'lganda tangensial kuchlanish 300 MPa ga teng bo'ldi. Radius 3 ga



teng bo'lganda bu qiymat 181 MPa gacha kamaydi, $r=4$ nuqtada esa 144 MPa ni tashkil etdi. Radiusning keyingi qiymatlarida ham kamayish davom etib, $r=5$ da 128 MPa va $r=6$ da 119 MPa hosil bo'ldi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, maksimal kuchlanish teshik konturida hosil bo'ladi va tashqi maydonga yaqinlashgan sari asta-sekin kamayadi. Bu elastiklik nazariyasidagi kuchlanish konsentratsiyasi hodisasining klassik ko'rinishidir. Sonli natijalarni grafik shaklda ifodalash tahlilni yanada aniqroq ko'rsatadi.

Quyidagi grafikda tangensial kuchlanishning radius bo'yicha o'zgarishi tasvirlangan. Grafikdan ko'rinadiki, egri chiziqli boshlanish nuqtasida yuqori qiymatdan boshlanib, radius ortishi bilan pasayib boradi. Ayniqsa, dastlabki ikki nuqta orasida kuchlanishning keskin kamayishi kuzatiladi, keyingi nuqtalarda esa pasayish nisbatan sekinlashadi. Bu holat teshik atrofida kuchlanish gradientining yuqori ekanligini bildiradi. Grafik natijalari konstruksiyaning eng katta yuklama tushadigan qismini aniqlashda muhim hisoblanadi. Muhandislik hisoblarida aynan shu zona mustahkamlik nuqtai nazaridan alohida nazorat qilinadi. Jurnal maqoladagi sonli grafik tahlil usuli ham shu tamoyil asosida tashkil etilgan.



Xulosa



Mazkur maqolada markazida doiraviy teshik mavjud bo'lgan elastik plastinaning cho'zilish holati elastiklik nazariyasi asosida tahlil qilindi. Silindrik koordinatalar sistemasida kuchlanish komponentalarini aniqlash orqali teshik atrofiga kuchlanishlarning qayta taqsimlanish qonuniyati o'rganildi. Analitik hisoblashlar natijasida radial va tangensial kuchlanishlar orasida tangensial kuchlanishning eng katta qiymatga ega bo'lishi aniqlandi. Ayniqsa, teshik chegarasida maksimal kuchlanish tashqi yuklamaga nisbatan uch barobar ortishi kuzatildi. Bu esa teshikli konstruksiyalarda kuchlanish konsentratsiyasi muhim mexanik omil ekanligini ko'rsatadi. Olingan natijalar elastik plastinalarni loyihalashda xavfli zonalarini oldindan aniqlash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Nishonov O'.A. Elastik plastinkalar nazariyasida sonli hisoblash usullari. Samarqand: SamDU nashri, 2021.
2. Ergasheva G.B. Doiraviy plastinalarda kuchlangan holatni aniqlash usullari. Samarqand, 2022.
3. Abdurashidov K.A. Elastiklik nazariyasining amaliy masalalari. Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
4. Xudoynazarov S.X. Muhandislik mexanikasida plastinalar nazariyasi. Toshkent, 2021.
5. Yuldashev B.A. Qurilish elementlarida kuchlanish konsentratsiyasi masalalari. Toshkent, 2023.
6. Rashidov T.R. Elastik jismlarning chegaraviy masalalari. Toshkent: Universitet, 2020.
7. Qodirov A.M. Silindrik koordinatalarda elastiklik tenglamalari. Samarqand, 2022.
8. O'tkir Nishonov, Gavharoy Ergasheva. Teskari simmetrik yuklangan qalinligi radial ravishda o'zgaruvchi plastinkani chekli ayirmalar usuli yordamida hisoblash. Journal of New Century Innovations, 2026.
9. Elastiklik nazariyasi II tom. Silindrik koordinatalardagi asosiy tenglamalar bo'limi.
10. Karimov J.S. Tekis plastinalarda deformatsiya nazariyasi. Buxoro, 2024.
11. Xasanov M.E. Kuchlangan-deformatsiyalangan holatning analitik modellari. Toshkent, 2023.
12. Nurmatov U.T. Qattiq jismlar mexanikasida zamonaviy yondashuvlar. Toshkent, 2021.
13. Tursunov F.B. Muhandislik konstruksiyalarida elastiklik masalalari. Samarqand, 2024.
14. Ismoilov D.A. Chekli elementlar usuli va elastik tizimlar. Toshkent, 2025.

