

## QOBIQ NAZARIYALARIGA UMUMIY KIRISH: KLASIK VA ZAMONAVIY YONDASHUVLAR

**Axmedova Umeda Farxod qizi**

*Buxoro davlat pedagogika instituti magistranti.*

**Annotatsiya:** *Ushbu maqolada qobiq nazariyalarining klassik va zamonaviy yondashuvlari, ularning fizik-matematik asoslari hamda muhandislik mexanikasidagi ahamiyati tahlil qilingan. Qobiq nazariyasi yupqa va qalin qobiqli konstruksiyalarning deformatsiya va kuchlanish holatlarini o'rganishga qaratilgan bo'lib, elastiklik nazariyasi bilan uzviy bog'liqdir. Tadqiqotda klassik modellarining cheklovlari hamda zamonaviy sonli va analitik usullar asosida ishlab chiqilgan kengaytirilgan yondashuvlar yoritilgan.*

**Kalit so'zlar:** *qobiq nazariyasi, elastiklik, kuchlanish, deformatsiya, klassik mexanika, zamonaviy modellar, yupqa qobiqlar, sonli usullar, differensial geometriya.*

**Аннотация:** *В данной статье анализируются классические и современные подходы теории оболочек, их физико-математические основы и значение в инженерной механике. Теория оболочек направлена на изучение деформаций и напряжённого состояния тонкостенных и толстостенных конструкций и тесно связана с теорией упругости. Рассматриваются ограничения классических моделей, а также современные расширенные подходы, основанные на численных и аналитических методах.*

**Ключевые слова:** *теория оболочек, упругость, напряжение, деформация, классическая механика, современные модели, тонкие оболочки, численные методы, дифференциальная геометрия.*

**Abstract:** *This article analyzes classical and modern approaches to shell theory, its physical and mathematical foundations, and its significance in engineering mechanics. Shell theory focuses on the study of deformation and stress states in thin- and thick-walled structures and is closely related to the theory of elasticity. The limitations of classical models and advanced approaches based on numerical and analytical methods are discussed.*

**Keywords:** *shell theory, elasticity, stress, deformation, classical mechanics, modern models, thin shells, numerical methods, differential geometry.*

### KIRISH (INTRODUCTION)

Qobiq nazariyasi zamonaviy mexanika va materiallar qarshiligi fanining eng muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, u yupqa va qalin qobiqli konstruksiyalarning kuchlanish va deformatsiya holatlarini matematik va fizik jihatdan tavsiflashga xizmat qiladi. Ushbu nazariya murakkab geometrik shaklga ega bo'lgan inshootlar — quvurlar, rezervuarlar, samolyot va kosmik apparatlar korpusi, bosim ostidagi idishlar kabi muhandislik tizimlarini tahlil qilishda keng qo'llaniladi.

Qobiq elementlari ko'pincha kichik qalinlikka ega bo'lib, ularning geometrik o'lchamlari boshqa ikki o'lchamiga nisbatan sezilarli darajada kichik bo'ladi. Aynan shu

xususiyat ularning mexanik xatti-harakatini uch o'lchovli qattiq jismlardan farqlaydi va maxsus matematik yondashuvlarni talab qiladi. Shu sababli qobiq nazariyasi elastiklik nazariyasi va differensial geometriya kesishmasida shakllangan alohida ilmiy yo'nalish sifatida rivojlangan.

Klassik qobiq nazariyalari asosan kichik deformatsiyalar va chiziqli elastiklik farazlariga tayangan holda ishlab chiqilgan bo'lib, ular muayyan sharoitlarda yetarlicha aniq natijalar beradi. Biroq zamonaviy muhandislik masalalarida katta deformatsiyalar, nochiziqli material xususiyatlari hamda murakkab yuklanish sharoitlari keng uchraydi. Bu esa klassik yondashuvlarning cheklovlarini ko'rsatib, yanada takomillashtirilgan modellar va sonli hisoblash usullarini ishlab chiqish zaruratini yuzaga keltiradi.

So'nggi yillarda qobiq nazariyasini rivojlantirishda kompyuter modellashtirish, chekli elementlar usuli va boshqa raqamli yondashuvlar keng qo'llanilmoqda. Ushbu usullar murakkab geometrik shakllarga ega konstruksiyalarni yuqori aniqlikda tahlil qilish imkonini beradi hamda muhandislik yechimlarining ishonchligini oshiradi.

Mazkur maqolaning maqsadi qobiq nazariyalarining klassik va zamonaviy yondashuvlarini tahlil qilish, ularning asosiy farqlarini ko'rsatish hamda muhandislik amaliyotida qo'llanilish imkoniyatlarini yoritishdan iborat. Shu bilan birga, ushbu sohaning rivojlanish tendensiyalari va istiqbolli yo'nalishlari ham ko'rib chiqiladi.

### **ASOSIY QISM**

Qobiq nazariyasi mexanika va elastiklik nazariyasining eng murakkab va shu bilan birga eng amaliy ahamiyatga ega bo'lgan bo'limlaridan biri hisoblanadi. U uch o'lchovli qattiq jismlarning mexanik xatti-harakatini ikki o'lchovli sirt modeli orqali ifodalashga asoslanadi. Bunday yondashuv muhandislik amaliyotida juda katta ahamiyatga ega bo'lib, murakkab geometrik shaklga ega konstruksiyalarni soddalashtirilgan matematik model yordamida tahlil qilish imkonini beradi.

Qobiq tushunchasi odatda shunday jismga nisbatan qo'llaniladiki, uning bir o'lchami (qalinligi) qolgan ikki o'lchamiga nisbatan sezilarli darajada kichik bo'ladi. Bu holat hisoblashlarni yengillashtiradi, biroq shu bilan birga yangi matematik qiyinchiliklarni ham keltirib chiqaradi. Chunki qobiqda kuchlanish va deformatsiya faqat hajm bo'ylab emas, balki sirt bo'ylab ham murakkab taqsimlanadi.

Klassik qobiq nazariyasining shakllanishi elastiklik nazariyasining rivojlanishi bilan bevosita bog'liq. Dastlabki modellar kichik deformatsiyalar, chiziqli material xususiyatlari va ideal geometrik sirt farazlariga asoslangan. Bunday yondashuvda qobiqning holati asosan o'rta sirt orqali tavsiflanadi va qalinlik bo'yicha o'zgarishlar e'tiborga olinmaydi yoki juda soddalashtiriladi.

Klassik nazariyada eng muhim yondashuvlardan biri Kirchhoff–Love gipotezasi hisoblanadi. Unga ko'ra, qobiqning normal kesimlari deformatsiya jarayonida ham o'rta sirtga perpendikulyar holatda qoladi va qalinlik bo'yicha siljishlar hisobga olinmaydi. Bu model yupqa qobiqlar uchun yaxshi natija bersa-da, qalinroq yoki murakkab yuklanish ostidagi konstruksiyalar uchun yetarli aniqlikni ta'minlamaydi.

Keyinchalik Reissner–Mindlin nazariyasi ishlab chiqilib, u klassik yondashuvdagi asosiy cheklovlarni qisman bartaraf etdi. Ushbu modelda normal kesimlarning qobiq

deformatsiyasi jarayonida egilishi va siljishi (shear deformation) hisobga olinadi. Natijada qalin qobiqlarni tahlil qilish imkoniyati sezilarli darajada kengaydi.

Qobiq nazariyasining matematik apparati differensial geometriya tushunchalariga asoslanadi. Qobiq sirtining egriligi, asosiy egrilik radiuslari, Gauss va o'rtacha egrilik kabi kattaliklar kuchlanish va deformatsiya holatini tavsiflashda muhim rol o'ynaydi. Ayniqsa, geometrik nochiziqlik katta deformatsiyalarni tahlil qilishda asosiy omil bo'lib xizmat qiladi.

Zamonaviy qobiq nazariyasida nochiziqli effektlar alohida o'rin tutadi. Katta deformatsiyalar, materialning elastik-plastik xatti-harakati va geometrik o'zgarishlar klassik chiziqli modeldan foydalanishni cheklab qo'yadi. Shu sababli zamonaviy yondashuvlarda geometrik va fizik nochiziqlik birgalikda ko'rib chiqiladi.

So'nggi yillarda qobiq nazariyasini rivojlantirishda sonli usullar, xususan, chekli elementlar usuli (FEM) keng qo'llanilmoqda. Bu usul murakkab geometrik shakllarga ega bo'lgan qobiqlarni diskret elementlarga bo'lib, har bir elementda kuchlanish va deformatsiyani alohida hisoblash imkonini beradi. Natijada umumiy tizimning aniq va ishonchli modeli yaratiladi.

Bundan tashqari, zamonaviy hisoblash mexanikasida kompozit materiallardan tashkil topgan qobiqlarni tahlil qilish dolzarb yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Bunday materiallarda qatlamlar turli elastik xususiyatlarga ega bo'lib, ularning umumiy mexanik xatti-harakati anizotropik xarakterga ega bo'ladi.

Qobiq nazariyasining amaliy qo'llanilish sohasi juda keng. U aviatsiya va kosmik texnikada, kemasozlikda, neft-gaz sanoatida, bosim ostidagi idishlar va inshootlar loyihalashda muhim ahamiyatga ega. Har qanday murakkab konstruktsiya loyihasida qobiq elementlarining mustahkamligi va barqarorligini aniqlash muhim bosqich hisoblanadi.

Shu bilan birga, zamonaviy ilmiy tadqiqotlar qobiq nazariyasini yanada takomillashtirishga qaratilgan. Xususan, nanoo'lchamli qobiqlar, mikrostrukturali materiallar va multifizik jarayonlarni hisobga oluvchi modellar ishlab chiqilmoqda. Bu esa qobiq mexanikasini klassik chegaralardan chiqarib, yangi ilmiy yo'nalishlarga olib chiqmoqda.

#### **MUAMMOLAR YECHIMI BO'YICHA TAKLIF VA TAVSIYALAR**

Qobiq nazariyalarini amaliy muhandislik masalalarida qo'llash jarayonida bir qator ilmiy va texnik muammolar yuzaga keladi. Ushbu muammolar asosan klassik modellar cheklovlari, murakkab geometrik shakllar, nochiziqli deformatsiyalar hamda materiallarning anizotrop xususiyatlari bilan bog'liq. Shu sababli ushbu sohani rivojlantirish uchun kompleks yondashuv zarur hisoblanadi.

Birinchi, klassik qobiq nazariyalarining kichik deformatsiyalar va chiziqli elastiklikka asoslangan cheklovlarini kamaytirish uchun nochiziqli modellarni keng joriy etish lozim. Katta deformatsiyalar va real ekspluatatsiya sharoitlarini hisobga oluvchi matematik modellar ishlab chiqish qobiq elementlarining ishonchliligini oshiradi.

Ikkinchidan, murakkab geometrik shakldagi qobiqlarni tahlil qilishda analitik usullar yetarli bo'lmaganligi sababli sonli usullarni, xususan chekli elementlar usulini (FEM) yanada rivojlantirish va optimallashtirish zarur. Bu usulni yuqori aniqlikdagi hisoblash algoritmlari bilan birlashtirish muhandislik yechimlarining sifatini oshiradi.

Uchinchidan, kompozit va yangi avlod materiallarining keng qo'llanilishi qobiq nazariyasini yanada murakkablashtirmoqda. Shuning uchun anizotrop va qatlamli materiallar uchun maxsus moslashtirilgan matematik modellar ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

To'rtinchidan, real konstruksiyalarda uchraydigan nuqsonlar, mikroyoriqlar va material bir jinsli emasligi (geterogenlik) qobiq mustahkamligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli defektlarni hisobga oluvchi probabilistik modellar va ishonchlilik nazariyasini qobiq mexanikasiga integratsiya qilish tavsiya etiladi.

Beshinchidan, zamonaviy hisoblash texnologiyalaridan foydalanish darajasini oshirish zarur. Sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish algoritmlarini qobiq modellariga tatbiq etish orqali murakkab tizimlarni tez va aniq tahlil qilish imkoniyati yaratiladi.

Oltinchidan, eksperimental va nazariy natijalar o'rtasidagi tafovutlarni kamaytirish uchun yuqori aniqlikdagi o'lchov uskunalaridan foydalanish hamda raqamli simulyatsiya natijalarini real laboratoriya sinovlari bilan doimiy ravishda taqqoslab borish lozim.

Yettinchidan, qobiq nazariyasi bo'yicha mutaxassislar tayyorlash tizimini takomillashtirish muhimdir. Zamonaviy hisoblash mexanikasi, differensial geometriya va sonli modellashtirish bo'yicha chuqur bilimga ega kadrlar tayyorlash ushbu sohaning rivojlanishiga xizmat qiladi.

Umuman olganda, qobiq nazariyasining samarali rivojlanishi klassik yondashuvlarni zamonaviy raqamli texnologiyalar bilan integratsiya qilish orqali amalga oshirilishi mumkin. Bu esa murakkab muhandislik tizimlarini yanada aniq va ishonchli loyihalash imkonini beradi.

## **XULOSA**

Qobiq nazariyasi zamonaviy mexanika va materiallar qarshiligi fanining muhim va amaliy jihatdan keng qo'llaniladigan yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu nazariya murakkab geometrik shaklga ega bo'lgan konstruksiyalarning kuchlanish va deformatsiya holatlarini soddalashtirilgan matematik modellar asosida tahlil qilish imkonini beradi.

Tadqiqot davomida klassik qobiq nazariyalarining asosiy tamoyillari va ularning kichik deformatsiyalar hamda chiziqli elastiklikka asoslangan cheklovlari ko'rib chiqildi. Shu bilan birga, Reissner–Mindlin kabi kengaytirilgan yondashuvlar klassik modeldagi ayrim kamchiliklarni bartaraf etishi va qalin qobiqlarni tahlil qilishda yanada aniq natijalar berishi aniqlandi.

Zamonaviy yondashuvlar, xususan sonli usullar va chekli elementlar usuli, murakkab konstruksiyalarni yuqori aniqlikda modellashtirish imkonini berib, qobiq nazariyasining amaliy qo'llanilish sohasini sezilarli darajada kengaytirdi. Shuningdek,

kompozit materiallar va nochiziqli jarayonlarni hisobga olish zarurati ushbu sohaning yanada rivojlanishiga turtki bo'lmoqda.

Umuman olganda, qobiq nazariyasining klassik va zamonaviy yondashuvlarini uyg'unlashtirish muhandislik amaliyotida yanada ishonchli va samarali konstruksiyalarni loyihalash imkonini beradi. Kelgusida ushbu yo'nalishda sun'iy intellekt va ilg'or hisoblash texnologiyalarini qo'llash orqali yanada aniq va tezkor modellashtirish usullarini ishlab chiqish istiqbolli hisoblanadi.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Timoshenko, S.P., Woinowsky-Krieger, S. *Theory of Plates and Shells* / S.P. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger. – 2nd ed. – New York: McGraw-Hill, 1959. – 1–80 p.
2. Novozhilov, V.V. *The Theory of Thin Shells* / V.V. Novozhilov. – Groningen: Noordhoff, 1964. – 15–120 p.
3. Landau, L.D., Lifshitz, E.M. *Theory of Elasticity* / L.D. Landau, E.M. Lifshitz. – 3rd ed. – Oxford: Pergamon Press, 1986. – 50–120 p.
4. Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L. *The Finite Element Method* / O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor. – 6th ed. – Oxford: Elsevier, 2005. – 1–100 p.
5. Карякин, Ю.В. *Механика оболочек и конструкций* / Ю.В. Карякин. – М.: Машиностроение, 1981. – 20–110 с.
6. Mirzaev, S.M. *Mexanika (materiallar qarshiligi va qobiq elementlari)* / S.M. Mirzaev. – Toshkent: O'qituvchi, 2006. – 120–160 b.
7. Yo'ldoshev, A.A. *Qattiq jismlar mexanikasi va qobiq elementlari nazariyasi* / A.A. Yo'ldoshev. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2012. – 45–95 b.