

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/2025.27.12.FM/T.09.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

ISMOILOV XURSANDBEK FARXODOVICH

**DOIRAVIY KONUSSIMON QOBIQNING DEFORMATSIYALANUVCHI
MUHIT BILAN O‘ZARO NOSTATSIONAR TA’SIRLASHUVI**

01.02.04 – Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi

**Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Samarqand – 2026

**Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по физико-математическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of the doctor of philosophy (PhD)
on physical-mathematical sciences**

Ismoilov Xursandbek Farxodovich

Doiraviy konussimon qobiqning deformatsiyalanuvchi muhit bilan o‘zaro
nostatsionar ta’sirlashuvi..... 3

Исмоилов Хурсандбек Фарходович

Нестационарное взаимодействие круглых конических оболочек с
деформируемой средой..... 21

Ismoilov Khursandbek Farkhodovich

Nonstationary interaction of circular conical shell with a deformable medium.....41

E’lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works 45

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/2025.27.12.FM/T.09.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

ISMOILOV XURSANDBEK FARXODOVICH

**DOIRAVIY KONUSSIMON QOBIQNING DEFORMATSIYALANUVCHI
MUHIT BILAN O‘ZARO NOSTATSIONAR TA’SIRLASHUVI**

01.02.04 – Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi

**Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Samarqand – 2026

Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.4.PhD/FM1408 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.samdu.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Xasanov Askar Zabiyeovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Mardonov Batirjan
fizika-matematika fanlari doktori, professor

Yuldashev Sharafitdin Sayfitdinovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Toshkent davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti huzuridagi DSc.03/2025.27.12.FM/T.09.03 raqamli Ilmiy kengashning 2026-yil «17» aprel_soat_13:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 140104, Samarqand sh., Universitet xiyoboni, 15-uy. Tel.: (+99866) 239-11-40, faks: (+99866) 239-11-40, 239-12-47, e-mail: devonxona@samdu.uz).

Dissertatsiya bilan Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_107-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 140104, Samarqand sh., Universitet xiyoboni, 15-uy. Tel.: (+99866) 239-17-25.

Dissertatsiya avtoreferati 2026-yil « _____ » _____ kuni tarqatildi.
(2026-yil « _____ » _____ dagi _____ raqamli reestr bayonnomasi).



R.I.Xalmuradov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

O'.A.Nishonov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash ilmiy kotibi,
fizika-matematika fanlari
bo'yicha falsafa doktori, (PhD)

K.Ismayilov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi o'rinbosari,
texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda muhandislik konstruksiyalarida ya'ni mashinasozlikda, aviatsiyada, kemasozlikda va boshqa sohalarda qo'llanilayotgan yangidan-yangi materiallar muhandislik oldiga dolzarb mexanik masalalarni yechishni taqozo qilmoqda. Shunday masalalar qatoriga konstruksiyalarning nostatsionar tebranish jarayonlarini modellashtirish, mavjudlarini mukammallashtirish ularning turli xil xususiyatlarini hisobga olgan holda haqiqiy holatga yaqin tebranishlar haqidagi masalalar kiradi. Ko'pgina rivojlangan mamlakatlarda, masalan Yaponiya, Amerika Qo'shma Shtatlari, Xitoy Xalq Respublikasi, Rossiya Federatsiyasi, Germaniya kabi davlatlarda, qurilish hamda geologik sohalarda qo'llaniladigan turli konstruksiyalarning kuchlangan-deformatsiyalangan holatlarini hisoblashga, ularning mustahkamligini oshirishga, mavjud hisoblash modellarini yanada takomillashtirishga, yangi hisoblash modellarini ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Dunyoda, bugungi kunda, qurilish va geologik sohalarda qo'llaniladigan turli xil muhitlarda joylashgan konstruktiv elementlarning, jumladan doiraviy silindrik va konussimon qobiqlarning tashqi yukka chidamliligini ta'minlashga hamda ularning tebranish jarayonlarini sonli tahlil qilishga bag'ishlangan ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Shuning uchun, zamonaviy fan, texnika va qurilishning turli sohalari tomonidan, konstruksiya elementlarining chidamliligini ta'minlash borasidagi muhandislik talablari chegarasida, ushbu elementlarni hisoblash modellarini, tashqi muhitlarning turli fizik-mexanik xossalarini, hamda, ichki va tashqi kuchlar ta'sirini e'tiborga olib yaratish vazifasi va konstruktiv elementlarning hisob usullarini takomillashtirish hamda tamoman yangi matematik modellarini yaratish bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Tadqiqotchilarning asosiy maqsadi mustahkam konstruksiyalar yaratishga yo'naltirilgan. Shu bilan birga konstruktiv elementlarning turli noan'anviy xususiyatlarini hisobga olgan holda nostatsionar tebranishlar jarayonlarining matematik modellarini yaratishga, ularning kuchlangan-deformatsiyalangan holatini tadqiq qilishga xususan deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqlarning nostatsionar ta'sirlashuvini sonli tahlil qilishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda xalq xo'jaligining turli sohasida impulsli, seysmik va davriy dinamik yuklar ta'siri ostidagi muhandislik qurilmalari deformatsiyasini hisoblash matematik modelini yaratish va amaliyotga keng tadbiiq etish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarda Yangi O'zbekiston Respublikasini taraqqiyot strategiyasida, jumladan, "Yirik ishlab chiqarish korxonalarida quvvatlarni modernizatsiya va rekonstruksiya qilish orqali energiyani tejash va samaradorlikni oshirish bo'yicha texnik siyosatni ishlab chiqish¹..." bo'yicha muhim vazifalar belgib berilgan. Qo'yilgan ushbu masalalarni yechishda, xususan, muhandislik konstruksiyalarini

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil PF-60-sonli farmoni O'zbekiston Respublikasini taraqqiyot strategiyasi "Yirik ishlab chiqarish korxonalarida quvvatlarni modernizatsiya va rekonstruksiya qilish orqali energiyani tejash va samaradorlikni oshirish bo'yicha texnik siyosatni ishlab chiqish¹..."

chidamliligini oshirish, ta'sirlashuvchi muhitlarni va moddalarning boshqa xossalari hisobga olish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbekiston Respublikasining seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" 2022-yil 30-maydagi PF-144-son farmoni, 2023-yil 16-maydagi PQ-158 sonli "O'zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" dagi farmoni seysmik xavfsizlikni ta'minlash sohasini doimiy takomillashtirib borish doirasida mavjud va qurilayotgan bino-inshootlarning seysmik mustahkamligini ta'minlash²..., 2022-yil 6-iyuldagi PF-165-son "2022–2026-yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida" qarorlari hamda mazkur faoliyat sohasiga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot ishi respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning IV. "Matematika, mexanika va informatika" yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi.

Bugungi kunda gruntlar mexanikasining mexanikasining dolzarb masalalaridan biri burg'ulash qurilmalari elementlari mustahkamligini aniqlash masalasidir. Bunday masalalar qatoriga geologik ishlarni amalga oshiruvchi burg'ulash mashinasining mustahkamligini aniqlash masalalarini ham kiritish mumkin. Ulardagi shtanganing ustivorligi va xavfsizligini ta'minlash ularning tebranish jarayonlari xarakteristikalarini tadqiq etish bugungi zamon talabidir. Bunda shtanga sifatida doiraviy kesik konussimon qobiqlardan keng foydalaniladi. Doiraviy kesik konussimon qobiqlar ustida ko'plab tadqiqot ishlari amalga oshirilgan.

Deformatsiyalanuvchi muhit bilan ta'sirlashadigan doiraviy kesik konussimon qobiqlar ko'rinishidagi muhandislik qurilmalari elementlarining muhit bilan o'zaro nostatsionar ta'siri muammolari juda ko'p tadqiqotchilar tomonidan o'rganilgan va ko'plab tadqiqot ishlarida umumlashtirilgan. Bu yerda doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar tebranishlari haqidagi muammolar yetarlicha o'rganilgan. Ammo deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlari masalalari juda kam sonli ishlarda yoritilgan. Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqlarning buralma tebranishlarining ayrim xususiy hollari uchun ba'zi natijalar A.H.Sofiyev (2014), va I.G.Filippov va K.Kudoynazarov (1998), V.F.Meish, O.G.Galagan va V.M.Melnik (2014), A.S.Volmir (1979), A.E.Babayev (1984) tadqiqot ishlarida bayon etilgan. Umuman olganda, konussimon qobiqlarning buralma tebranishlarini o'rganish P.Z.Lugovyi, Yu.V.Skosarenkolarning [7] ishida yangicha yo'nalishga burildi deb aytish mumkin. Aynan shu ishda qobiqlar nazariyasi va Timoshenkoning

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-maydagi PQ-158 sonli farmoni "O'zbekiston Respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" dagi farmoni seysmik xavfsizlikni ta'minlash sohasini doimiy takomillashtirib borish doirasida mavjud va qurilayotgan bino-inshootlarning seysmik mustahkamligini ta'minlash²...,

gipotezalaridan foydalangan holda, tebranishlar xususiyatini va kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash usuli, dinamik yuklanishlar ostida o‘zaro ta’sir qiluvchi o‘qqa simmetrik qatlamli qovurg‘ali ortotropik konussimon qobiqlarning tebranish xususiyatlari ishlab chiqilgan. Gamilton prinsipidan foydalangan holda, o‘rta sirtidagi nuqtalarning ko‘chishi uchun tuzilgan qobiq tebranish tenglamalari olingan. Qobiq harakat tenglamalari sistemasini yechish uchun fazoviy koordinatalarda trigonometrik qatorlar va vaqt bo‘yicha aniq chekli-ayirmalar sxemasi qo‘llanilgan.

Xiaohan Bao, Yiling Liularning ishida qo‘zg‘almas tayanchli konussimon qobiqning tebranish xususiyatlari tahlili keltirilgan. Birinchidan, Donnell qobig‘ nazariyasiga asoslangan sonli hisoblashning yangi modeli yaratilgan va MATLAB dasturi yordamida sonli usulda hisoblab chiqilgan. Keyinchalik ANSYS Workbench modellashtirish platformasidan foydalangan holda konussimon qobiqning chekli-elementlar modeli qurilgan. Tegishli sonli modelning yaqinlashuvini topish va tekshirish uchun belgilangan cheklovlar bilan konussimon qobiq modelining tahlili o‘tkazilgan.

Murakkab chegaraviy shartlarda kesik konussimon qobiqlarning erkin tebranishlari tahlili Edward Tertel, P.Kuryło, W.Papaczlarning ishida keltirilgan. Avval, Reysnerning qobiq nazariyasi yordamida konussimon qobiqlarning geometrik tenglamasi olingan. Elastik chegaraga ega modal parametrlarning (modal bikrlilik, modal massa, xususiy chastota va model shakli) harakat tenglamalari Fure qatori ko‘rinishida olingan. Konussimon qobiqlarning modellari shakli va xususiy chastotalari harakat tenglamalarini yechish orqali olish mumkin. Bundan tashqari, mos ravishda sonli modellashtirish va chekli elementlar usuli natijalarini taqqoslash orqali ushbu metodologiyaning haqqoniyligi tasdiqlangan.

Yetarlicha aniqlikda bunday masalalarni yechishga imkon beruvchi tashqi ta’sirlashuvchi muhit hususiyatlarini hisobga olgan holda aniqlashtirilgan qobiq modelini kiritish muammosi dolzarb hisoblanadi. Ushbu dissertatsiya ishida deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlar xususiyatini va kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash uchun ishlab chiqilgan model sanab o‘tilgan muammolar qatorida turadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqotlari Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti muhandislik fizikasi instituti ilmiy tadqiqot ishlari rejasining “Deformatsiyalanuvchi muhit bilan o‘zaro ta’sir qiluvchi diskret-uzluksiz tizimlarning ustuvorligi va tebranishlarini o‘rganish” (2010-2025-yillar) mavzudagi tadqiqot ishlari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy elastik konussimon qobiqlarning nostatsionar buralma tebranishlari matematik modelini yaratish va ularning ixtiyoriy kesimi nuqtalaridagi ko‘chish va kuchlanishlarni aniqlash algoritmini ishlab chiqishdan hamda olingan tenglamalar asosida deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy elastik konussimon qobiqlarning nostatsionar buralma tebranishlari haqidagi amaliy masalalarni tadqiq qilishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

doiraviy konussimon qobiqning deformatsiyalanuvchi muhit bilan o‘zaro nostatsionar ta’sirlashuvi, turli xildagi dinamik ta’sirlar ostidagi konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlarining yangi matematik modeli ishlab chiqish;

tashqi muhitning zichligini va turli xildagi elastik parametrlarining ta’sirini hisobga olib doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlarida qobiq ixtiyoriy ko‘ndalang va bo‘ylama kesimi nuqtalaridagi barcha kuchlangan-deformatsiyalangan holatlarini aniqlay olish algoritimini yaratish;

deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning muhit ta’siri natijasida nostatsionar buralma tebranishlari haqidagi amaliy masalalarni tashqi muhitning zichligini va boshqa fizik parametrlarini hisobga olgan holda qo‘yish va qo‘yilgan masalani yechish uchun mos hisoblash usulini yaratish;

muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning erkin uchidan berilgan burovchi moment ta’sirida vujudga keladigan kuchlanishlar ostidagi elastik konussimon qobiqning buralma tebranishlari haqidagi masalani yechish hamda kesimlardagi ko‘chishlarni, kuchlanishlarni va deformatsiyalarni aniqlash usullarini ishlab chiqish;

tashqi muhit xarakteristikalarining doiraviy kesik konussimon qobiq nuqtalaridagi ko‘chish vektori komponentalarini, kuchlanish tenzori komponentalarini hamda deformatsiya tenzori komponentalarining fazoviy koordinata va vaqtga bog‘liq qonuniyatlariga ta’sirini doiraviy konussimon qobiq misolida o‘rganish;

elastik xususiyatli muhitda joylashgan konussimon qobiqning sirtiga ta’sir qiluvchi urinma va normal kuchlanishlarni muhitning qovushoqligi hisobga olgan holda aniqlash.

Tadqiqotning obyekti etib deformatsiyalanuvchi muhit bilan ta’sirlashuvchi doiraviy elastik konussimon qobiq olingan.

Tadqiqotning predmetini turli deformatsiyalanuvchi muhitlarda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlarini aniqlashtirilgan va sonli o‘rganish tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayoni davomida Fure va Laplas integral almashtirishlari, chekli ayirmalar usuli, elastiklik nazariyasining turli xildagi uch o‘lchovli masalalarini yechishda foydalaniladigan aniq yechimlar usuli, shuningdek boshqa bir qancha analitik tadqiqot usullari qo‘llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

doiraviy kesik konussimon qobiqning deformatsiyalanuvchi tashqi muhit bilan o‘zaro ta’sirlashuvi hisobga olingan holda, dinamik yuklanishlar ta’siri ostidagi doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlari hisobining matematik modeli takomillashtirilgan;

deformatsiyalanuvchi tashqi muhitning mexanik xossalarini hisobga olib doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlarida uning ixtiyoriy kesimidagi nuqtalarining kuchlangan deformatsiyalangan holatini aniqlashga imkon beruvchi sonli algoritimi yaratilgan;

deformatsiyalanuvchi tashqi muhit bilan o‘zaro ta’sirlashuvchi doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlari amaliy masalasi qo‘yilgan hamda masalaning qo‘yilishiga mos bo‘lgan qulay yechish usuli ishlab chiqilgan;

deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlarida unga ta’sir etuvchi dinamik kuchlar va momentlar ta’sirini hisobga olgan holda doiraviy kesik konussimon qobiq kesimlarida yuzaga keluvchi ko‘chish va kuchlanishlarini hisoblash usuli ishlab chiqilgan;

gruntida joylashgan konussimon sterjenning buralma tebranishlari Kulon modelini hisobga olgan holda eksperimental tadqiqotlar asosida aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijasi quyidagilardan iborat:

deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning deformatsiyalanuvchi muhit bilan o‘zaro nostatsionar buralma tebranish jarayonlarini hisoblashning yangi matematik modeli ishlab chiqilgan;

tashqi muhitning turli elastik parametrlarining ta’sirini hisobga olib doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlarida uning ixtiyoriy kesimlaridagi nuqtalar kuchlangan-deformatsiyalangan holatlarini aniqlaydigan algoritim yaratilgan;

muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning erkin uchidan berilgan burovchi moment ta’sirida vujudga kelgan buralma tebranishlari masalasini yechish hamda kesimlardagi ko‘chish, kuchlanish va deformatsiyalarni amaliy matematik paketlar orqali hisoblashga imkon beruvchi hisob algoritimni ishlab chiqish;

geologik burg‘ulash paytida konussimon qobiqning quduq tubiga ishora qilgan uchi bo‘ylab ishqalanish natijasida hosil bo‘lgan qarshilikni hisoblash algoritimini ishlab chiqish;

hisoblash natijalariga ko‘ra buralish deformatsiya va ularning dinamik parametrlari shtanga o‘zagning buralish bikrligiga va uning uchida grunt siljishiga bog‘liq bo‘lishi aniqlandi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Zamonaviy texnologiyalar hamda qurilishning turli dolzarb talablari asosida qo‘yilgan masalaning dissertatsiya ishida olingan yechimlari matematik fizikaning yangi usullari va sonli taqribiy yechish usullarini qo‘llash natijasidir. Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlari tenglamalari va ularning sonli natijalari ANSYS va Maple dasturi yordamida olingan yechimlar hamda boshqa avtorlarning yechimlari bilan taqqoslashlar va tashqi muhit hisobga olinmagan holda doiraviy konussimon qobiqlar uchun chiqarilgan chiziqli klassik nazariya yechimlari bilan solishtirish natijalari bilan ishonchliligi tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. *Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati* deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlari tenglamalarini keltirib chiqarish usullarini yaratish va rivojlantirish, muhitning ta’sirini va burovchi momentlar ta’sirini hisobga olganda konussimon qobiqning buralma tebranishlari haqidagi yangi amaliy masalalarni yechish uchun yatarilgan usullarni turli xildagi gruntlar bilan o‘zaro ta’sirlashuvchi konussimon sterjen uchun umumlashtirish imkoniyatlari bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlarida xususiy turli xildagi gruntlarda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlarida qobiq sirtidagi nuqtalarning kuchlangan-deformatsiyalangan holatlarini aniqlashga yo'naltirilgan amaliy masalalar yechimlari uchun sonli va analitik usullarni ishlab chiqish; yakuniy xulosalarning umumiy xususiyatidan kelib chiqib, ularni shunday turdagi boshqa ishlar uchun umumlashtirish; olingan yangi natijalarni materiallarning quvushoqlik, plastiklik, yoyiluvchanlik, temperatura va boshqa fizik xususiyatlarini hisobga olgan holda qo'llash mumkinligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlari bo'yicha olingan umumiy natijalari asosida:

geologik ishlarni amalga oshirishda burg'ulash paytida shtanganing buralishidan uning uchida hosil bo'ladigan qarshilik Samarqand shahar "Geofundament project" MCHJ korxonasida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligi" ning 2025 yil 24 iyun 37-06/7004-sonli ma'lumotnomasi). Natijasida, doiraviy konussimon qobiqlarning buralma tebranishlarida qobiq ko'ndalang kesimi sohalarida paydo bo'ladigan eng katta urinma kuchlanishni aniqlash natijasida, konussimon qobiqda hosil bo'ladigan tebranishlarni shtanga tizimining mustahkamlik parametrlariga mos tarzda optimallashtirishga imkon yaratiladi, natijada material sarfi xarajatlari 4–5 % ga qisqaradi;

buralish deformatsiyalari va ularning dinamik parametrlaridan, shtanganing buralish bikrligidan va uning uchidagi tuproq siljishidan bog'liq ravishda aniqlangan muhit qarshiligi "O'ZGASHKLITI" loyiha qidiriv tashkilotida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligi" ning 2025-yil 24-iyun 37-06/7004-sonli ma'lumotnomasi). Natijada burg'ulash shtangasining buralma tebranishlarning asosiy dinamik parametrlarini aniqlash, uning oxirida doiraviy konus o'rnatiladi, ishqalanishga ega bo'lgan gruntga tiqiladi. Statsionar bo'lmagan tebranishlarni uning sirtidan shtangaga uzatiladigan moment ta'siridagi zo'riqishlarni aniqlash masalasi ko'rib chiqiladi. Shtanga sirtidagi kuchlarni tashqi momentlardan hisoblash natijalari ichki kuchlarni aniq aniqlash imkoniyatini beradi, bu muftaning ishonchligini oshirishga shuningdek moliyaviy xarajatlarni 5-6% ga kamaytirishga imkon berdi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 14 ta ilmiy ish chop bo'lib, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta ilmiy maqola, jumladan, 4 ta Respublika, 4 ta xorijiy nashrlarda (3 tasi xalqaro SCOPUS bazasida) nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, uchta bob, xulosa va adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 112 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

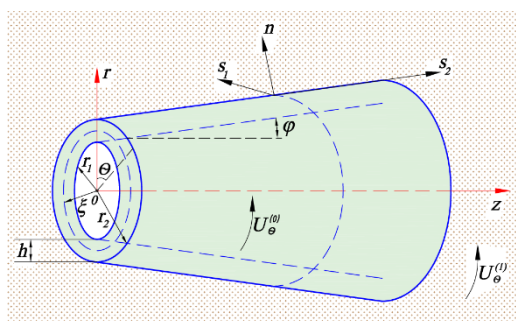
Dissertatsiya ishining kirish qismida mavzuning dolzarbligi va zarurati asoslangan, dissertatsiyaning maqsadi, muammoning o'rganilganlik darajasi, tadqiqot vazifalari, tadqiqot ishining ilmiy yangiliklari qisqacha keltirilgan. Dissertatsiya ishining ilmiy va amaliy ahamiyatlari, olingan asosiy natijalar bayon qilingan. Tadqiqot natijalari nashr etilgan ishlar, dissertatsiya ishining tuzilishi hamda hajmi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar tebranishlari”** deb nomlangan birinchi bobi doiraviy konussimon qobiqlar tebranishlarizamonaviy tadqiqotlarini qisqacha sharhlashga, deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiq uchun chegaraviy masalalarning turlariga va deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlari masalasining qo'yilishiga bag'ishlangan.

Birinchi paragrafda deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqlarning hamda shunga o'xshash boshqa konstruktsiya elementlarining statik, dinamik va kinematik holatlari, shunday elementlar materiallarining fizik mexanik va geometrik xususiyatlari hisobga olingan tadqiqot ishlari qarab chiqilgan. Turli muhitlarda joylashgan konussimon qobiqlarning nostatsionar tebranishlariga sharh berilgan. Bunda asosiy e'tibor deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan konussimon qobiqlarning nostatsionar buralma tebranishlariga yaqin bo'lgan tadqiqot ishlarini tahlil qilishga qaratilgan.

Ikkinchi paragrafda deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiq uchun chegaraviy masalalarning turlari keltirilgan. Dastlab doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlari chegaraviy masalasining qo'yilishi berilgan bo'lsa undan so'ng doiraviy konussimon qobiqning bo'ylama radial tebranishlari va oxirida doiraviy konussimon qobiqning bo'ylama tebranishlari masalalarning qo'yilishi keltirilgan. Ushbu masalalar chegaraviy masalalar sifatida qaralib har bir tur uchun asosiy tenglamalar va chegaraviy shartlar aniq qilib berilgan.

Bobning uchinchi paragrafida deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlari masalasining qo'yilishi keltirilgan. Bunda deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy bir jinsli izotrop elastik konussimon qobiq umumiy holda uch o'lchovli fazoda deb qaralgan. Doiraviy kesik konussimon qobiq uzunligi chegaralangan va qalinligi h ga teng deb hisoblanadi. Doiraviy kesik konussimon qobiqning kichik asosiga (r, θ, z) silindrik koordinatalar sistemasiga joylashtiramiz (1-rasm). Bunda z – o'qi kesik konussimon qobiqning geometrik markazidan o'tuvchi simmetriya o'qi bo'ylab yo'nalgan, r - o'qi radius bo'ylab yo'nalgan θ esa konussimon qobiqning



1-rasm. Deformatsiyalanuvchi muhitdagi konussimon qobiq

simmetriya o‘qi bo‘ylab burilish burchagi. Qobiqning ichki va tashqi radiuslari $r_1 = r_0 + fz$, $r_2 = r_0 + h + fz$ qonuniyat bilan o‘zgarib boradi.

Konussimon qobiq nuqtalari kuchlanishlari hamda deformatsiyalari orasidagi bog‘lanishlar Guk qonuni ko‘rinishida quyidagicha yoziladi;

$$\sigma_{ij} = \lambda \delta_{ij} \varepsilon + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad (i, j = r, \theta, z) \quad (1)$$

$Or\theta z$ silindrik koordinatalar sistemasida kesik konussimon qobiq nuqtalari harakatini tavsiflash uchun harakat tenglamalarini quyidagicha qabul qilamiz,

$$\sigma_{ij,j} + \rho f_i = \rho \ddot{U}_i. \quad (2)$$

Bu yerda \ddot{U}_i – doiraviy konussimon qobiq nuqtalari ko‘chish vektori. φ skalyar va $\vec{\psi}$ vektor potensial funksiyalarni quyidagicha formula yordamida kiritamiz

$$\vec{U} = \text{grad}\varphi + \text{rot}[\vec{e}_z \psi_1 + \text{rot}(\vec{e}_2 \psi_2)]. \quad (3)$$

(2) sistemaga (3) ifodani qo‘yib φ va $\vec{\psi}$ bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqin potenciallari orqali harakat tenglamalarini to‘lqin tenglamalari ko‘rinishida yoza olamiz;

$$\Delta \varphi = \frac{1}{a_2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}; \quad \Delta \vec{\psi} = \frac{1}{b^2} \frac{\partial^2 \vec{\psi}}{\partial t^2}. \quad (4)$$

Ko‘chish vektori komponentalari, kuchlanish va deformatsiya tenzori komponentalari φ va $\vec{\psi}$ potenciallar oqali ifodalanadi.

$t < 0$ paytda deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiq tinch holatda bo‘lgan, $t = 0$ paytdan boshlab uning chegaraviy sirtlariga dinamik kuchlar ta’sir qila boshlagan deb hisoblaymiz;

$$\sigma_{r\theta}^{(0)} - f \sigma_{z\theta}^{(0)} = \Delta_0 f_{ns_1}^{(1)}(z, t), \quad r = r_0 + fz; \quad \Delta_0 = 1 + f^2. \quad (5)$$

$t < 0$ paytda muhitda joylashgan konussimon qobiq tinch holatda bo‘lgan va shuning uchun barcha nuqtalar tinch. Shu sababli boshlang‘ich shartlar nolga teng;

$$\varphi = \psi = \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\partial \psi}{\partial t} = 0. \quad (6)$$

(5) chegaraviy shartlardan tashqari deformatsiyalanuvchi muhit bilan doiraviy konussimon qobiq orasida quyidagi dinamik va kinematik shartlar o‘rinli

$$\sigma_{r\theta}^{(0)} - f \sigma_{z\theta}^{(0)} = \sigma_{r\theta}^{(1)} - f \sigma_{z\theta}^{(1)} + \Delta_0 f_{ns_1}^{(2)}(z, t), \quad r = r_0 + h + fz, \quad \Delta_0 = 1 + f^2; \quad (7)$$

$$U_{\theta}^{(0)}(r, z, t) \Big|_{r=r_2} = U_{\theta}^{(1)}(r, z, t) \Big|_{r=r_2}.$$

Shunday qilib deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar buralma tebranishlari masalasining umumiy qo‘yilishida (4) tenglamani (5) chegaraviy, (6) boshlang‘ich va (7) dinamik va kinematik kontakt shartlarda yechish kerak.

Bu paragrafda masalani umumiy yechish usuli berilgan bo‘lib undan, II bobda konussimon qobiqning o‘qqa simmetrik tebranishlari masalasini yechishda ishlatiladi.

Dissertatsiyaning “**Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranish tenglamalari**” deb nomlangan ikkinchi bobi deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning nostatsionar tebranishlari nazariyasini aniq yechimlar usuli bo‘yicha ishlab chiqishga bag‘ishlangan bo‘lib o‘qqa nisbatan simmetrik masala qaralgan.

Bobning birinchi paragrafida doiraviy kesik konussimon qobiqning deformatsiyalanuvchi muhitdagi buralma tebranish tenglamalari keltirib chiqarilgan. Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan konussimon qobiq nuqtalari ko‘chish vektori komponentasini potensial funksiya orqali quyidagicha ifodalaymiz;

$$U_{\theta} = -\frac{d}{dr} \Psi. \quad (8)$$

Doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranish tenglamalarini keltirib chiqarish uchun tashqi ta‘sir funksiyalarini quyidagi ko‘rinishda tasvirlaymiz;

$$f_{ns_1}^{(i)}(z, t) = \int_0^{\infty} \frac{\sin kz}{-\cos kz} \left. \right\} dk \int_{(l)} \tilde{f}_{ns_1}^{(i)}(z, t) e^{pt} dp, \quad (i=1,2) \quad (9)$$

bu yerda (l) - xayoliy o‘qning o‘ng qismiga $(-i\omega_0, i\omega_0)$ tutashgan p tekislikdagi ochiq kontur. Bundan tashqari, tebranish tenglamalarini chiqarishda zarur bo‘lgan sohalar $k \leq k_0$, $|\operatorname{Im} p| \leq \omega_0$, dan tashqarida $f_{r\theta}(k, p)$ funksiyalar e‘tiborga olinmaydigan darajada kichik. Ushbu qabul qilingan tashqi ta‘sir funksiyalari uchun (4),(5),(6) masalaning yechimini (9) ko‘rinishida izlaymiz. Natijada (6) tenglamadan potensial funksiyalar orqali yozilgan oddiy differensial tenglamalar sistemasiga kelamiz. Hosil bo‘lgan tenglamalarning yechimlari quyidagicha bo‘ladi

$$\begin{aligned} \tilde{\Psi}_0 &= A_1 I_0(\beta_0 r) + A_2 K_0(\beta_0 r), \text{ agar } r_1 \leq r \leq r_2, \\ \tilde{\Psi}_1 &= B K_0(\beta_1 r), \text{ agar } r_2 \leq r < \infty. \end{aligned} \quad (10)$$

Bu yerda I_0 va K_0 Bessel funksiyalari. A_1, A_2 va B - integrallash o‘zgar-maslari;

$$\beta_0^2 = \frac{p^2}{b_0^2} + k^2, \quad \beta_1^2 = \frac{p^2}{b_1^2} + k^2, \quad b_0^2 = \mu_0 / \rho_0, \quad b_1^2 = \mu_1 / \rho_1.$$

U_{θ} ko‘chish vektori komponentasini ham (9) kabi tasvirlaymiz. Bularni ko‘chish vektorining komponentasining (8) ifodasiga qo‘yib, \tilde{U}_{θ} uchun formulani olamiz. Olingan ifodaga (10) yechimni qo‘yib quyidagiga ega bo‘lamiz;

$$\tilde{U}_{\theta 0} = -\beta_0 A_1 I_1(\beta_0 r) + \beta_0 A_2 K_1(\beta_0 r). \quad (11)$$

Doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranish tenglamalaridagi izlanuvchi funksiyalar sifatida o‘rta sirt nuqtalarining almashtirilgan ko‘chishlarining bosh qismlarini qabul qilamiz. Bu bosh qismlar $z=0$ tekislikdan quyidagi ifoda bilan aniqlanuvchi masofada yotadi;

$$\xi = \frac{r_1}{2} \left(\chi - \frac{r_1}{r_2} \right), \quad 2 + \frac{r_1}{r_2} \leq \chi \leq 2 \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_1}{r_2}, \quad (12)$$

bu yerda ξ o'zgarmas χ parametrغا bog'liq ravishda, qobiqning ichki, tashqi yoki o'rta sirt radiusi qiymatlarini olishi mumkin. Shundan so'ng (11) ifodadagi Bessel funksiyalarini cheksiz qatorlarga yoyib $r = \xi$ ni qo'yamiz. Cheksiz qatorlarda nolga yaqinlashish bilan cheklanamiz va $\tilde{U}_{\theta 0}^{(0)}, \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)}$ belgilashlarni kiritib quyidagini olamiz;

$$A_2 = \xi \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)}; A_1 = \left(\ln \frac{\beta_0 \xi}{2} - \frac{1}{2} - \psi(1) \right) \xi \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)} - \frac{2}{\beta_0^2} \tilde{U}_{\theta 0}^{(0)}. \quad (13)$$

So'ngra ko'chish va kuchlanishlarni kiritilgan ushbu $\tilde{U}_{\theta 0}^{(0)}, \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)}$ izlanuvchi funksiyalar orqali ifodalab chegaraviy va kontakt shartlardan quyidagi deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranish tenglamalarini olamiz;

$$\begin{aligned} & \left[a_{11} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + a_{12} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + a_{13} \frac{\partial}{\partial z} \right] U_{\theta 0}^{(0)} + \left\{ b_{11} \frac{\partial^4}{\partial t^4} + b_{12} \frac{\partial^4}{\partial t^2 \partial z^2} + b_{13} \frac{\partial^4}{\partial z^4} + b_{14} \frac{\partial^3}{\partial z \partial t^2} + \right. \\ & \left. + b_{15} \frac{\partial^3}{\partial z^3} + b_{16} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + b_{17} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + b_{18} \frac{\partial}{\partial z} + b_{19} \right\} U_{\theta 0}^{(1)} = [1 + f^2] \mu_0^{-1} [f_{ns_1}^{(i)}(z, t)]; \quad (14) \\ & \left[a_{21} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + a_{22} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + a_{23} \frac{\partial}{\partial t} + a_{24} \frac{\partial}{\partial z} + a_{25} \right] U_{\theta 0}^{(0)} + \left\{ b_{21} \frac{\partial^4}{\partial t^4} + b_{22} \frac{\partial^4}{\partial t^2 \partial z^2} + \right. \\ & \quad + b_{23} \frac{\partial^4}{\partial z^4} + b_{24} \frac{\partial^3}{\partial t^3} + b_{25} \frac{\partial^3}{\partial z \partial t^2} + b_{26} \frac{\partial^3}{\partial t \partial z^2} + b_{27} \frac{\partial^3}{\partial z^3} + b_{28} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \\ & \quad \left. + b_{29} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + b_{210} \frac{\partial}{\partial t} + b_{211} \frac{\partial}{\partial z} + b_{212} \right\} U_{\theta 0}^{(1)} = [1 + f^2] \mu_0^{-1} [f_{ns_1}^{(i)}(z, t)]; \end{aligned}$$

bu yerda a_{ij}, b_{ij} koeffitsiyentlar turli formulalardan aniqlanadi,

$$a_{11} = \frac{r_1^2}{4}, \dots, b_{11} = \frac{r_1^2}{8} \left(\ln r_1 - \frac{1}{4} \right), \dots, a_{22} = -\frac{r_2^2}{4}, \dots, b_{22} = -\frac{r_2^2}{4} \left(\ln r_2 - \frac{1}{4} \right), \dots$$

Olingan tenglamalar giperbolik tipdagi hususiy xosilali differensial tenglamalardir. Bu tenglamalar deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlari jarayonini to'g'ri tavsiflash uchun muhim ahamiyatga ega.

Ikkinchi paragrafda doiraviy konussimon qobiq nuqtalaridagi kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash formulalari keltirilgan. Deformatsiyalanuvchi muhitdagi joylashgan doiraviy kesik konussimon elastik qobiqning buralma tebranishlarida kuchlangan-deformatsiyalangan holatni xarakterlovchi maydonlarning bir qancha komponentalari qo'yilgan masala θ o'qqa nisbatan simmetrik deb qo'yilganligi sababli nolga teng bo'ladi. Ulardan faqat U_θ -buralma ko'chish vektori komponentasi $\sigma_{z\theta}, \sigma_{r\theta}$ hamda nomal kuchlanishlarga noldan farqli bo'ladi;

$$U_\theta = r U_{\theta 0}^{(0)} + \frac{\xi}{r} U_{\theta 0}^{(1)} + \frac{\xi r}{2b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^2} - \frac{\xi r}{2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^2};$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{r\theta}^{(0)} &= \frac{\mu_0 r^2}{4b_0^2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial t^2} - \frac{\mu_0 r^2}{4b_0^2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial z^2} + \frac{\xi \mu_0 r^2}{8b_0^4} \left(\ln \frac{r}{\xi} - \frac{1}{4} \right) \frac{\partial^4 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^4} - \frac{\xi \mu_0 r^2}{4b_0^4} \left(\ln \frac{r}{\xi} - \frac{1}{4} \right) \frac{\partial^4 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^2 \partial z^2} + \\
&+ \frac{\xi \mu_0 r^2}{8} \left(\ln \frac{r}{\xi} - \frac{1}{4} \right) \frac{\partial^4 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^4} + \frac{\xi \mu_0}{2b_0^2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^2} - \frac{\xi \mu_0}{2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^2} - \frac{2\xi \mu_0}{r^2} U_{\theta 0}^{(1)}; \quad (15) \\
\sigma_{z\theta}^{(0)} &= \mu_0 r \frac{\partial U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial z} + \frac{\mu_0 \xi}{r} \frac{\partial U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z} + \frac{\mu_0 r \xi}{2b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z \partial t^2} - \frac{\mu_0 r \xi}{2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^3}; \\
\sigma_{r\theta}^{(1)} &= 2\mu_1 U_{\theta 0}^{(0)} + \frac{\mu_1 r}{b_1} \frac{\partial U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial t} + \frac{2\mu_1 \xi U_{\theta 0}^{(1)}}{r^2} + \frac{\mu_1 \xi}{rb_1} \frac{\partial U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t} + \\
&+ \frac{\xi \mu_1}{b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^2} - \xi \mu_1 \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^2} + \frac{\xi \mu_1 r}{2b_1 b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^3} - \frac{\xi \mu_1 r}{2b_1} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t \partial z^2}; \\
\sigma_{z\theta}^{(1)} &= \mu_1 r \frac{\partial U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial z} + \frac{\mu_1 \xi}{r} \frac{\partial U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z} + \frac{\mu_1 r \xi}{2b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z \partial t^2} - \frac{\mu_1 r \xi}{2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^3}.
\end{aligned}$$

Ushbu ifodalardan foydalanib konussimon qobiqning istalgan nuqtasining kuchlangan deformatsiyalangan holatini aniqlash mumkin.

Uchinchi paragrafda doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlarining hususiy hollari qaralgan. Agar $\ln(r_k/\xi) = 0$, ($k=1,2$) bo'lsa yuqoridagi (14) tenglamalar sistemasi yupqa devorli qobiqning buralma tebranish tenglamalariga o'tadi. Agar (14) tenglamada $r_1/\xi = 0$ deb olinsa deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon sterjenning buralma tebranish tenglamalari kelib chiqadi. Ushbu holatda cheksiz qatorda nolga yaqinlashish ($n=0$) bilan cheklanib, S.P.Beridze tomonidan taklif qilingan konussimon sterjenning tanish tenglamasidan ko'ra umumiyroq bo'lgan taxminiy tenglamani olamiz.

Agar kesik konussimon qobiqning hujum burchagi nolga teng bo'lsa va tashqi muhitning ta'siri hisobga olinmasa doiraviy silindrik qobiq uchun professor X.Xudoynazarov tomonidan olingan tenglamalari kelib chiqadi.

Dissertatsiyaning **“Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma garmonik tebranishlari”** deb nomlangan uchinchi bobi burovchi moment va deformatsiyalanuvchi muhit ta'sir ostida joylashgan doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranish tenglamalariga doir amaliy masalalar yechishga bag'ishlangan.

Birinchi paragrafda deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma garmonik tebranishlari qaralgan. Bunda asosiy tenglamalar sifatida (14) tenglamalar sistemasi olingan. Qaralayotgan amaliy masala garmonik tebranishlarni tekshirishga bag'ishlanganligi uchun ta'sir funksiyalari nolga teng deb hisoblangan. Tenglamalar sistemasining yechimi quyidagi ko'rinishda izlangan;

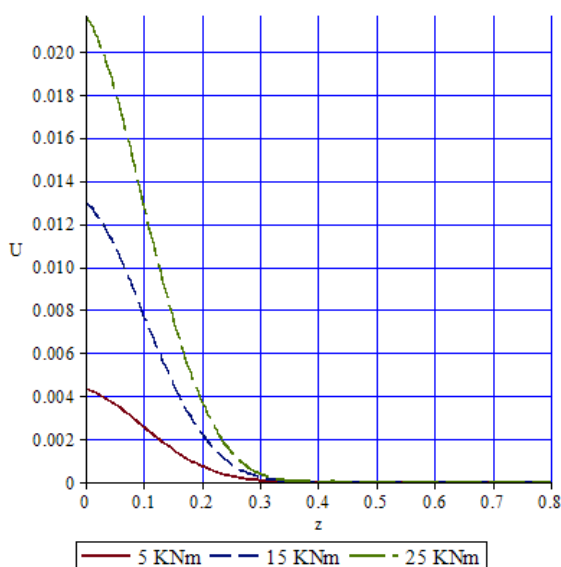
$$U_{\theta 0}^{(0)} = \bar{U}_{\theta 0}^{(0)} e^{i(\omega t - kz)}; \quad U_{\theta 0}^{(1)} = \bar{U}_{\theta 0}^{(1)} e^{i(\omega t - kz)}. \quad (16)$$

Shundan so'ng chastota tenglamalari olinib Maple amaliy dasturi yordamida yechilib natijalar olingan. Olingan natijalar tebranish chastotalarining to'lqin soniga bog'liklik grafiklari ko'rinishida tasvirlangan.

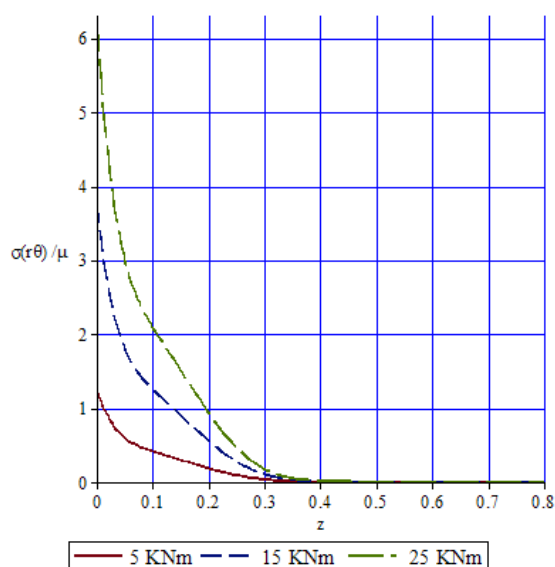
Ikkinchi paragrafda deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishi haqidagi amaliy masala tadqiq qilingan.

Buning uchun asosiy buralma tebranish tenglamalari sifatida (14) tenglamalar sistemasi qabul qilingan. (14) tenglamalar sistemasi va qobiq $z=0$ va $z=l$ kesimidagi chegaraviy shartlar hamda boshlang'ich shartlar chekli ayirmalar usuli yordamida algebraik tenglamalar sistemasiga keltirilgan. Hosil bo'lgan algebraik tenglamalar sistemasini Maple dasturi yordamida yechib deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiq nuqtalari U_θ ko'chish vektorining bo'ylama va ko'ndalang komponentalarini olishimiz mumkin.

Bobning uchinchi paragrafida deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlarida ko'chish va kuchlanishlar hisobi keltirilgan. (15) tenglamadagi ko'chishni aniqlash ifodasidan



2-rasm. Burovchi momentning turli qiymatlarida U_θ ko'chish vektori komponentasining z koordinataga bog'liq o'zgarish grafigi



3-rasm. Alyuminiy materialli qobiqda $\sigma_{r\theta}^{(0)}$ kuchlanishlarning z koordinataga bog'liq o'zgarish grafigi

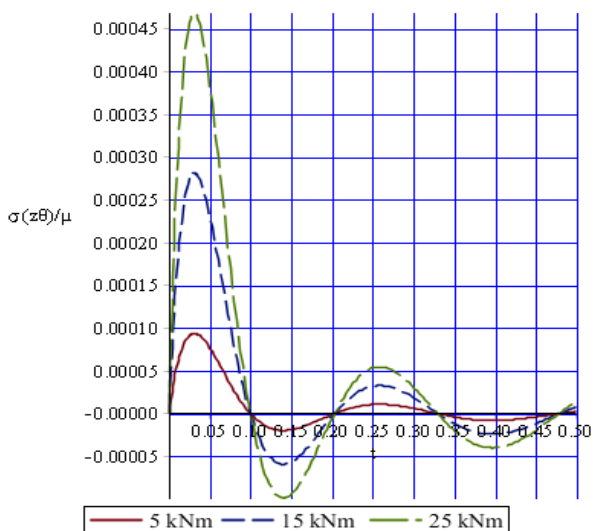
foydalanib U_θ ko'chish vektori komponentasining z koordinataga bog'liq o'zgarish grafiklarini keltiramiz. 2-rasmda qum muhitda joylashgan konussimon po'lat materialli qobiqning hujum burchagi ikki gradus bo'lganda konussimon qobiq uchiga qo'yilgan buruvchi momentning turli qiymatlarida z koordinataga bog'liq o'zgarish grafigi keltirilgan. Grafikdan ko'rinadiki, dastlab doiraviy konussimon qobiqning $z=0$ uchiga $5 \text{ kN} \cdot \text{m}$ buruvchi moment qo'yilganda U_θ ko'chish vektori komponentasining maksimal qiymati 0.0043 ga teng bo'lib $z=0.3$ kesimdan boshlab nolga yaqinlashadi. Buruvchi momentning $5 \text{ kN} \cdot \text{m}$ qiymatida U_θ ko'chish vektori komponentasi $z=0$ kesimda 0.0129 ga teng bo'lib $z=0.3$ kesimdan boshlab nolga yaqinlashadi. Buruvchi momentning qiymati $25 \text{ kN} \cdot \text{m}$ bo'lganda esa U_θ ko'chish vektori komponentasining $z=0$ kesimidagi qiymati 0.027 ga teng bo'lib $z=0.3$ kesimdan boshlab nolga yaqinlashadi. $\sigma_{r\theta}^{(0)}$ kuchlanishni z koordinata bog'liq o'zgarish grafigini keltiramiz. 3-rasmda doiraviy kesik konussimon qobiq materiali alyuminiy qobiq tashqi muhit qum bo'lganda $\sigma_{r\theta}^{(0)}$ kuchlanish vektori

komponentasining z koordinataga bog‘liq o‘zgarish grafigi keltirilgan. Bunda hujum burchagi ikki gradus olingan va burovchi momentning qiymatlari oshib borgan. Burovchi moment qiymati oshgan sari doiraviy kesik konussimon qobiq nuqtalari ko‘proq zo‘riqishga ega bo‘lgan.

Konussimon qobiqning buralma tebranish tenglamasi yechimlaridan foydalanib U_θ ko‘chish vektori komponentasining qobiq $z = 0$ erkin uchiga qo‘yilgan burovchi momentning 5 kNm , 15 kNm , 25 kNm qiymatlarida t vaqtga bog‘liq o‘zgarish grafiglarini ham burovchi momentning xuddi shu qiymatlarida $\sigma_{r\theta}$ va $\sigma_{z\theta}$ kuchlanish tenzori komponentalarining t vaqtga bog‘liq o‘zgarish grafiglarini ham olish mumkin.

Bundan tashqari burovchi momentning 5 kNm qiymatida qobiq materiali turlicha bo‘lganda U_θ , $\sigma_{r\theta}$ va $\sigma_{z\theta}$ ko‘chish va kuchlanishlarning t vaqtga bog‘liq o‘zgarish grafiglarini olish mumkin.

4-rasmlarda konussimon qobiqning erkin uchiga qo‘yilgan burovchi momentning 5 kNm , 15 kNm , 25 kNm qiymatlarida $\sigma_{r\theta}$ va $\sigma_{z\theta}$ kuchlanish tenzori komponentalarining vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafigi keltirilgan. Ushbu grafigdan ko‘rish mumkinki, momentning qiymati ortgan sari konussimon qobiqning nuqtalarida hosil bo‘ladigan kuchlanishlar qiymati ham ortar ekan.



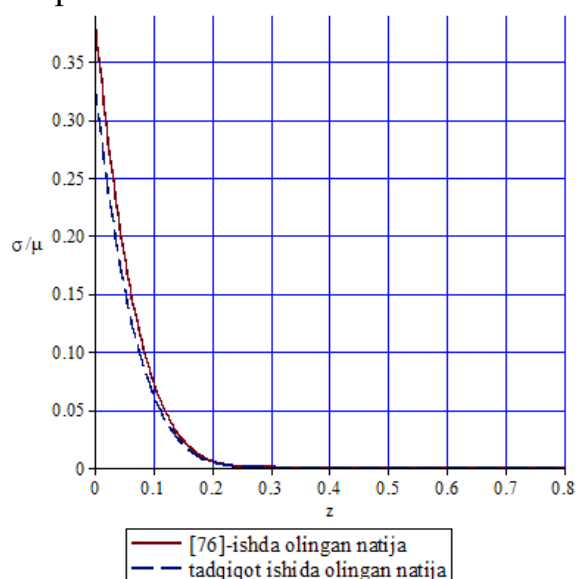
4-rasm. Burovchi momentning turli qiymatlarida $\sigma_{z\theta}$ kuchlanish tenzori komponentasining t vaqtga bog‘liq o‘zgarish grafigi

Bobning to‘rtinch paragrafida deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishida olingan natijalarni taqqoslash ishlari bajarilgan. Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranish tenglamalarini sonli yechish natijasida olingan yechimlarni boshqa nazariyalar bo‘yicha olingan natijalar bilan taqqoslash masalasini qaraymiz.

Dastlab A.Z.Xasanov, Z.A.Xasanovlarning ishda qaralgan masala bilan taqqoslaymiz. Ushbu ishda zamanga tashqi ko‘rinishi doira shaklida bo‘lgan tekis tarqalgan kuchlar ta‘sirida kuchlanish holatini gruntning tarqalish xususiyatiga qarab aniqlash masalasi qaralgan. Ushbu masalada grunda joylashgan konussimon qobiqning buralma tebranishida qobiq sirtidagi urinma kuchlanish quyidagicha topilgan;

$$\tau = \frac{M_z \cos \alpha}{2\pi(r_0^2 z + r_0 z^2 \operatorname{tg} \alpha + z^3 \operatorname{tg}^2 \alpha / 3)} \quad (17)$$

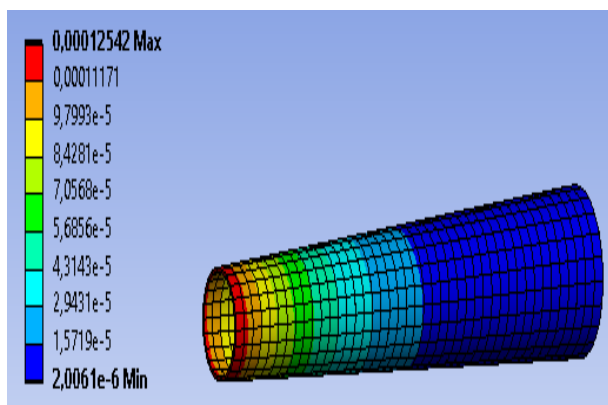
Ushbu masala dissertatsiya ishida qaralayotgan masalaning statik holatiga toʻliq mos keladi.



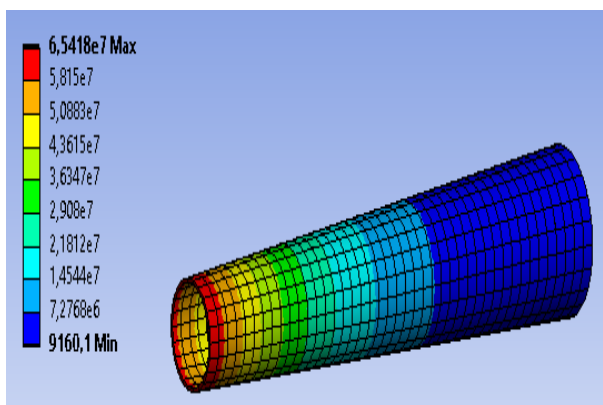
5-rasm. $\sigma_{r\theta}^{(0)}$ kuchlanishlarni taqqoslash

Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy kesik konussimon qobiqning buralma tebranishlarida olingan natijalarni ANSYS dasturida olingan natijalar bilan taqqoslaymiz. Dastlab qumtosh muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiq nuqtalarining koʻchish va kuchlanishlarini aniqlaymiz. Hisoblashlar yakunida olingan natijalar 6-7-rasmlarda keltirilgan.

Kuchlanish ifodalarini taqqoslash uchun ulardagi α burchakga M_z burrovchi momentga va r_0 radiusga bir xildagi qiymatlarni beramiz. 5-rasmda A.Z.Xasanov, Z.A.Xasanovlarning [76] ishida olingan natija bilan ushbu dissertatsiya ishida olingan natija taqqoslangan. Rasmdan koʻrinadiki, ushbu ikki usulda olingan natijalar aynan bir biri bilan ustma –ust tushadi. Bu dissertatsiya ishida olingan natijalarning yana bir marotaba ishonchli ekanligini koʻrsatadi.



6-rasm. Zichlashmagan qumtosh muhitda joylashgan alyuminiy materialli kesik konussimon qobiq nuqtalari koʻchishlarining muhimsiz koʻrinishi

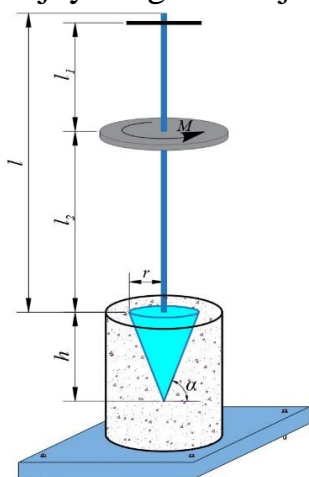


7-rasm. Zichlashmagan qumtosh muhitda joylashgan alyuminiy materialli kesik konussimon qobiq nuqtalari kuchlanishlarining muhimsiz koʻrinishi

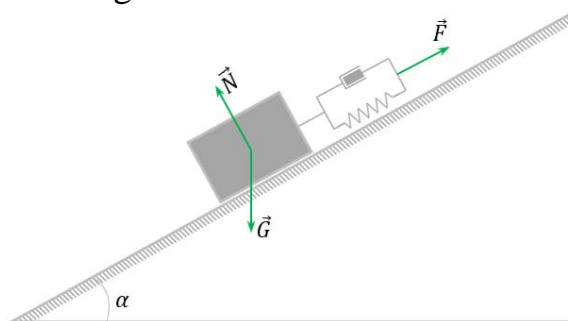
6-rasmdan koʻrinadiki, $z = 0.02$ kesimda qobiq nuqtalarining koʻchishlari maksimal qiymatlarni qabul qilib $z = 0.2$ kesimgacha soʻnib boradi. 7-rasmda esa kuchlanishlarning ham $z = 0.2$ kesimigacha soʻnishini koʻrish mumkin. ANSYS dasturi yordamida tashqi muhit dastlab zich qumtosh soʻngra zichlashmagan qumtosh olinganda alyuminiy material uchun koʻchishlar farqi 65% ga ortadi.

Uchinchi bobning beshinchi paragrafida doiraviy kesik konussimon sterjenning elastik plastik muhitdagi nostatsionar tebranishlari masalasi qaralgan. Uzunligi

l bikirligi GI bo'lgan sterjen uchiga konus qistirilgan. Konus plastik holatdagi muhit ichida joylashgan. Sterjenning ikkinchi uchiga M burovchi moment



8-rasm. Plastik muhitda joylashgan konussimon sterjen



9-rasm. Plastik muhitda joylashgan konussimon sterjenning modeli

va N vertikal bo'ylama kuch ta'sir qiladi. Konusning sirtida hosil bo'ladigan normal va urinma kuchlanishlarni aniqlaymiz. Doiraviy konussimon sterjenning buralma tebranish tenglamalarini keltirib chiqarishimiz uchun dastlab muvozanat tenglamasini tuzamiz;

$$J_p \ddot{\phi} + d\dot{\phi} + c_\phi \phi + fM \text{sign}(\dot{\phi}) = 0. \quad (18)$$

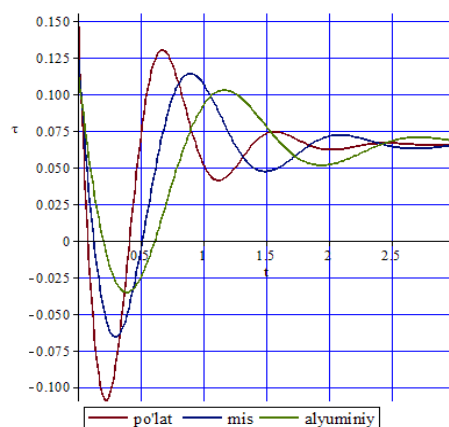
Ushbu (18) tenglamani boshlang'ich shartlar yordamida yechib quyidagi yechimini olamiz;

$$\begin{aligned} \phi = e^{-D\omega_0 t} & \left[\left(\phi_0 - \frac{fM}{\omega_0^2 J_p} \right) \cos \omega t + \frac{1}{\omega} \left(\dot{\phi}_0 + D\omega_0 \left(\phi_0 - \frac{fM}{\omega_0^2 J_p} \right) \right) \sin \omega t \right] + \\ & + \frac{f}{\omega_0^2 J_p} \left[\frac{\gamma \pi t g \varphi}{2\lambda + 1} \left(\frac{2r_0 (r_0 + z t g \alpha)^3}{3 t g \alpha \sin \alpha} + \frac{z^2 r_0^2}{\cos \alpha} + \frac{4r_0 z^3 t g \alpha}{3 \cos \alpha} + \frac{z^4 t g^2 \alpha}{2 \cos \alpha} \right) + \right. \\ & \left. - \frac{2\pi d t g \varphi (r_0 + z t g \alpha)^3}{3\lambda \sin \alpha t g \alpha} + \frac{2\pi (r_0 + z t g \alpha)^{3-2\lambda}}{3} r_0^{2\lambda} \left[\frac{t g \varphi}{\cos \alpha} N - \left(\frac{\gamma r_0}{2\lambda + 1} + \frac{d}{\lambda} \right) \frac{t g \varphi}{t g \alpha} \right] + dz \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

(19) yechimdan foydalanib konus sirtiga ta'sir qiluvchi urinma kuchlanishlarni qarshilik momentlarining ushbu ifodasidan foydalanib quyidagicha aniqlaymiz;

$$\tau = r\ddot{\phi} + \frac{dr}{J_p} \dot{\phi} + \frac{c_\phi r}{J_p} \phi + \frac{fr}{J_p} M. \quad (20)$$

(20) ifodadan foydalanib urinma kuchlanishning vaqtga bog'liq o'zgarish grafiklarini olamiz. 10-rasmda rasmda qumli muhitda joylashgan material po'lat, mis, alyuminiy bo'lgan konussimon sterjenlarning sirtida hosil bo'ladigan urinma kuchlanishlarning grafiklari tasvirlangan. Konussimon sterjenning materiali po'lat uchun Yung moduli $2 \cdot 10^{11} Pa$ bo'lganda urinma kuchlanishning maksimal qiymati 0.127 ga,



10-rasm. Turli materialli konussimon sterjenning sirtida hosil bo'ladigan urinma kuchlanishning vaqtga bog'liq o'zgarish grafiklari

mis Yung moduli $1 \cdot 10^{11} Pa$ bo'lganda 0.114 ga va alyuminiy Yung moduli $0.7 \cdot 10^{11} Pa$ bo'lganda 0.1 ga teng bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, konussimon sterjenning materiali uchun Yung moduli qancha katta bo'lsa uning sirtiga ta'sir qiluvchi urinma kuchlanishlar ham shuncha katta bo'lar ekan. Bu natija masalaning fizik mohiyatiga mos keladi.

XULOSA

1. Elastiklik nazariyasining harakat tengmalarining integral almashtirishlar qo'llanilgan yechimlaridan foydalanib deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning dinamik kuchlar tufayli yuzaga kelgan buralma tebranishlari matematik modeli yaratilgan.

2. Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiq ko'ndalang kesim yuzasi nuqtalarining buralma ko'chishi bosh qismlariga nisbatan umumiy holda ko'ndalang siljish deformatsiyasini va aylanish inersiyasini o'zida saqlovchi buralma tebranish tenglamalari hamda qobiq ixtiyoriy nuqtalarining ko'chish va kuchlanishlarini vaqt va koordinata bo'yicha hisoblash algoritimi ishlab chiqilgan.

3. Deformatsiyalanuvchi muhitda joylashgan doiraviy konussimon qobiqning buralma garmonik tebranishlari tadqiq qilinib to'lqin sonining oshib borishi bilan tebranishlar chastotasi ham oshib borishi ko'rsatilgan. Po'lat qobiq bilan alyuminiy qobiqning aynan bir xil to'lqin sonidagi chastotasi taqqoslanganda po'lat qobiqda tebranish chastotasi 12.5% katta bo'lishi ko'rsatilgan.

4. Konussimon qobiqning deformatsiyalanuvchi muhitdagi buralma tebranish tenglamalari chekli ayirmalar usuli yordamida yechilib qobiq ixtiyoriy nuqtasining ko'chish va kuchlanish tenzori komponentalari aniqlandi.

5. Hisoblashlar orqali qumloq muhitda joylashgan polietilen materialli qobiq qum muhitda joylashgan holatdagidan 12.5% ga kamroq zo'riqish ostida bo'lishi ko'rsatildi. Konussimon qobiqning hujum burchagi 2^0 bo'lganda 1^0 bo'lgandagi holatidan 2.86% ga ko'proq kuchlanish ostida bo'lishi kuzatildi.

6. Doiraviy konussimon qobiqning deformatsiyalanuvchi muhit bilan nostatsionar ta'sirlashuvi masalasining taklif etilayotgan nazariya bilan olingan yechim shu masalaning ANSYS dasturida olingan yechimlari bilan taqqoslandi. Taqqoslashlar yechimlar orasidagi farq 9-13% dan oshmasligi ko'rsatdi.

7. Gruntida joylashgan konussimon sterjenning buralma tebranishlari Kulon modelini hisobga olgan holda experimental tadqiqotlar asosida o'rganildi va ishqalanish parametri ortishi bilan tebranish davrining amplitudasi va vaqti kamayishi kuzatilib amaliy xulosalar chiqarildi.

**УЧЕНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСВОЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
DSc.03/2025.27.12.FM/Т.09.03 ПРИ САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ
ШАРАФА РАШИДОВА**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ШАРОФА РАШИДОВА**

ИСМОИЛОВ ХУРСАНДБЕК ФАРХОДОВИЧ

**НЕСТАЦИОНАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРУГОВЫХ
КОНИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ДЕФОРМИРУЕМОЙ СРЕДОЙ**

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии(PhD) по физико-математическим наукам**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2025.4.PhD/FM1408.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.samdu.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Хасанов Аскар Забиевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Мардонов Батиржан
доктор физико-математических наук, профессор

Юлдашев Шарафитдин Сайфитдинович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Тошкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится «17» апрель 2026 г. в 13:00 часов на заседании научного совета DSc.03/2025.27.12.FM/T.09.03 при Самаркандском государственном университете по адресу: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15. Тел: (99866) 239-11-40; Факс: (99866) 239-11-40; E-mail: sasu_info@edu.uz.

С диссертацией (PhD) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета (регистрационный номер № __107__). (Адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15. Тел: (99866) 239-11-40; Факс: (99866) 239-11-40.)

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2026 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2026 года).



Р.И.Халмурадов

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

У.А.Нишонов

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, доктор философии (PhD) по физико-математическим наукам, доцент

К.Исмаилов

Заместитель председателя научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Все более широкое применение новых материалов в инженерных конструкциях в мире, а именно в машиностроении, авиации, судостроении и других областях, требует от инженеров решения актуальных механических задач. К таким задачам относятся моделирование неустановившихся процессов колебаний конструкций, усовершенствование существующих, а также задачи о колебаниях, приближенных к реальному состоянию, с учетом их различных свойств. Во многих развитых странах, таких как Япония, США, КНР, Российская Федерация, Германия, большое внимание уделяется расчетам напряженно-деформированного состояния различных конструкций, используемых в строительной и геологической отраслях, повышению их прочности, дальнейшему совершенствованию существующих и разработке новых расчетных моделей.

В мире в настоящее время проводится множество научных исследований по обеспечению выносливости к внешним нагрузкам элементов конструкций, находящихся в различных средах, в том числе круговых цилиндрических и конических оболочек, используемых в строительстве и геологической сфере, и численному анализу их колебательных процессов. Поэтому в рамках инженерных требований по обеспечению прочности элементов конструкций в различных отраслях современной науки, техники и строительства рассматриваются задачи создания расчетных моделей этих элементов, учитывающих различные физико-механические свойства внешних сред, а также влияние внутренних и внешних сил, и исследования по усовершенствованию методов расчета элементов конструкций и созданию новых математических моделей. Основная цель исследователей направлена на создание конструкций воспринимающие динамические нагрузки. При этом особое внимание уделяется созданию математических моделей нестационарных колебательных процессов, учитывающих различные свойства элементов конструкций, исследованию их напряженно-деформированного состояния, в частности, численному анализу нестационарного воздействия круговых конических оболочек, находящихся в деформируемой среде с упругими и пластическими свойствами.

В республике проводятся комплексные мероприятия по созданию и широкому применению на практике математической модели расчета деформаций инженерных сооружений под воздействием импульсных, сейсмических и периодических динамических нагрузок в различных отраслях народного хозяйства и достигаются определенные результаты. В Стратегии развития науки Республики Узбекистан на 2022-2026 годы поставлены важные задачи, среди которых «Разработка технической политики по энергосбережению и повышению эффективности за счет модернизации и реконструкции мощностей на крупных производственных предприятиях...¹».

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 2022 года о Стратегии развития Республики Узбекистан «Разработка технической политики по энергосбережению и повышению эффективности за счёт модернизации и реконструкции мощностей на крупных промышленных предприятиях»

В решении этих вопросов особое значение имеет повышение надежности сооружений с учетом воздействия окружающей среды и других свойств веществ.

Данная диссертационная работа в определенной мере служит реализации задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы сейсмической безопасности Республики Узбекистан» от 30 мая 2022 года № УП-144, Указе Президента Республики Узбекистан «О дополнительных мерах по дальнейшему совершенствованию системы сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» от 16 мая 2023 года № УП-158, Постановлении Президента Республики Узбекистан «О развитии системы сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан...²» от 6 июля 2022 года № ПП-165, «Об утверждении стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022–2026 годы» и других нормативно-правовых актах, касающихся данного направления деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.

Данная научно-исследовательская работа проводилась в рамках направления IV. «Математика, механика и информатика» развития науки и технологий республики.

Степень изученности проблемы.

Сегодня одним из актуальных вопросов механики грунтов является вопрос определения прочности элементов буровых установок. К числу таких вопросов можно отнести и вопрос определения надежности буровой штанги работающей на кручение и с динамическими нагрузками. Обеспечение устойчивости и безопасности штанг в них, изучение особенностей их колебательных процессов является современным требованием сегодняшнего дня. При этом в качестве наконечника штанги режущего инструмента в работе рассматривается и используются как круговая усеченная коническая оболочка. В настоящее время по механизму работы на кручение круговым усеченной конической оболочки в различных университетах проведено много исследовательских работ.

Вопросы нестационарного взаимодействия элементов технических устройств в виде круговых усеченных конических оболочек, взаимодействующих с деформируемой средой, с окружающей пластической средой изучались многими исследователями и обобщены во многих научных работах. Однако вопросы крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, освещены крайне ограниченном количестве. Отдельные результаты для некоторых частных случаев крутильных ко-

² Постановление Президента Республики Узбекистан № ПҚ-158 от 16 мая 2023 года «О дополнительных мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» направлено на постоянное совершенствование сферы обеспечения сейсмической безопасности, в том числе на обеспечение сейсмостойкости существующих и строящихся зданий и сооружений.

лебаний круговых усеченных конических оболочек, находящихся в деформируемой среде, представлены в научных работах А.Х. Софиева (2014), И.Г. Филиппова и К. Кудойназарова (1998), В.Ф. Мейша, О.Г. Галагана и В.М. Мельника (2014), А.С. Вольмира (1979), А.Е. Бабаева (1984). В целом можно сказать, что изучение крутильных колебаний конических оболочек получило новое направление в работе П.З. Лугового, Ю.В. Скосаренко [7]. Именно в этой работе с использованием теории оболочек и гипотез Тимошенко был разработан метод определения характера колебаний и напряженно-деформированного состояния, а также вибрационных свойств ортотропных конических оболочек с осесимметричными ребристыми слоями, взаимодействующими при динамических нагрузках. С использованием принципа Гамильтона получены уравнения колебаний оболочек, которые сформулированы для перемещений точек на срединной поверхности. Для решения системы уравнений движения оболочки использована схема тригонометрических рядов по пространственным координатам и точных конечных разностей по времени.

Сяохань Бао, Илин Лю представили анализ характеристик конической оболочки с фиксированной опорой. Сначала была создана новая численная расчетная модель на основе теории оболочек Доннелла и численно рассчитана с использованием программного обеспечения MATLAB. Затем была построена конечно-элементная модель конической оболочки с использованием платформы моделирования ANSYS Workbench. Анализ модели конической оболочки с заданными ограничениями был проведен для поиска и проверки сходимости соответствующей численной модели.

Анализ свободных колебаний штанги с наконечником в виде конических оболочек при сложных граничных условиях представлен в работе Эдварда Тертея, П. Курило, В. Папача. Во-первых, геометрическое уравнение конических оболочек получено с использованием теории оболочек Рейснера. Уравнения движения модальных параметров (модальная жесткость, модальная масса, собственная частота и форма модели) в пределах упругости получены в виде рядов Фурье. Форма модели и собственные частоты конических оболочек могут быть получены путем решения уравнений движения. Кроме того, справедливость этой методологии подтверждена путем сравнения результатов численного моделирования и метода конечных элементов.

Актуальной является проблема введения уточненной модели оболочки, учитывающей характеристики внешней воздействующей среды, позволяющей решать подобные задачи с достаточной точностью. К числу перечисленных проблем относится и разработанная в настоящей диссертации модель для определения характера крутильных колебаний и напряженно-деформированного состояния круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках плана научных исследований Института инженерной физики Самаркандского государственного универси-

тета имени Шарофа Рашидова по теме «Исследование устойчивости и колебаний дискретно-непрерывных систем, взаимодействующих с деформируемой средой» (2010-2025 гг.).

Целью исследования является создание математической модели неустановившихся крутильных колебаний конических оболочек, находящихся в деформируемой среде, и разработка алгоритма определения перемещений и напряжений в произвольных точках их сечения, а также исследование на основе полученных уравнений практических вопросов, связанных с неустановившимися крутильными колебаниями.

Задачи исследования:

разработка новой математической модели нестационарного взаимодействия круговой конической оболочки с деформируемой средой, нестационарных крутильных колебаний конической оболочки при различных динамических воздействиях;

создание алгоритма определения всех напряженно-деформированных состояний в произвольных точках поперечного и продольного сечения оболочки при крутильных колебаниях круговой конической оболочки с учетом плотности внешней среды и влияния различных упругих параметров;

постановка практических задач нестационарных крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде в результате воздействия внешней среды, с учетом плотности и других физических параметров внешней среды и создание подходящей расчетной методики решения задачи;

решение задачи о крутильных колебаниях упругой конической оболочки под напряжениями, возникающими от действия крутящего момента, приложенного со стороны свободного конца круговой конической оболочки, находящейся в окружающей среде, и разработка методов определения перемещений, напряжений и деформаций в сечениях;

изучение влияния характеристик внешней среды на пространственные координатные и временные закономерности компонент вектора перемещений, компонент тензора напряжений и компонент тензора деформаций в точках круговой усеченной конической оболочки на примере круговой конической оболочки;

определение касательных и нормальных напряжений, действующих на поверхности конической оболочки, находящейся в упругой среде, с учетом вязкости среды. Экспериментальные методы определения колебаний стержня штанги с коническим наконечником расположенный внутри грунтовой среды.

Объектом исследования является круговая упругая коническая оболочка, взаимодействующая с деформируемой средой, в частности с грунтом.

Предметом исследования является уточненное и численное исследование нестационарных крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки, находящейся в различных деформируемых средах, в частности с грунтом.

Методы исследования. В процессе исследования использовались интегральные подстановки Фурье и Лапласа, метод конечных разностей, метод

точных решений, применяемый для решения различных трехмерных задач теории упругости, а также ряд других аналитических методов исследования.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

усовершенствована математическая модель расчета неустановившихся крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки под действием динамических нагрузок, учитывающая взаимодействие круговой усеченной конической оболочки с деформируемой внешней средой;

создан численный алгоритм, позволяющий определять напряженно деформированное состояние точек произвольного поперечного сечения круговой конической оболочки при нестационарных крутильных колебаниях с учетом механических свойств деформируемой внешней среды;

поставлена практическая задача о крутильных колебаниях круговой усеченной конической оболочки, взаимодействующей с деформируемой внешней средой, и разработан удобный метод решения, подходящий для поставленной задачи;

разработан метод расчета перемещений и напряжений, возникающих в сечениях круговой конической оболочки с круговым поперечным сечением, учитывающий влияние динамических сил и моментов, действующих на нее при крутильных колебаниях круговой конической оболочки, находящейся в деформирующей среде;

проведены модельные испытания и предложена математическая модель учитывающая взаимодействие колебаний штанги с наконечником в виде конуса с грунтовой средой с учётом модели Кулона.

Практические результаты исследования, следующие:

разработана новая математическая модель для расчета нестационарных процессов крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде;

создан алгоритм, определяющий напряженно-деформированные состояния точек произвольных сечений круговой конической оболочки при крутильных колебаниях с учетом влияния различных упругих параметров внешней среды;

решены задачи о крутильных колебаниях, вызванных действием крутящего момента, приложенного к свободному концу круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, и разработка расчетного алгоритма, позволяющего с использованием практических математических пакетов рассчитывать перемещения, напряжения и деформации в сечениях;

разработан алгоритм расчета сопротивления, создаваемого трением по торцу конической оболочки, обращенной к забою скважины, при геологическом бурении;

по результатам расчетов установлено, что крутильные деформации и их динамические параметры зависят от крутильной жесткости стержневого сердечника и смещения грунта на его конце.

Достоверность результатов исследований. Решения поставленной в диссертации задачи, основанные на современных технологиях и различных ак-

туальных требованиях строительства, являются результатом применения новых методов математической физики и численных приближенных методов решения. Достоверность уравнений крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, и их численных результатов подтверждается результатами сравнений с решениями, полученными с помощью программ ANSYS и Maple, а также с решениями других авторов и с решениями линейной классической теории для круговых конических оболочек без учета внешней среды.

Научная и практическая значимость результатов исследования. *Научная значимость результатов исследования* объясняется возможностью создания и развития методов вывода уравнений крутильных колебаний усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, и обобщения методов, разработанных для конических стержней, взаимодействующих с различными типами грунтов, для решения новых практических задач крутильных колебаний конической оболочки с учетом влияния среды и влияния крутящих моментов.

Практическая значимость результатов исследований объясняется разработкой численно-аналитических методов решения практических задач, направленных на определение напряженно-деформированных состояний точек поверхности оболочки при крутильных колебаниях круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде; исходя из общности итоговых выводов, их обобщением на другие работы подобного типа; возможностью применения полученных новых результатов с учетом пористости, пластичности, ковкости, температуры и других физических свойств материалов.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных общих результатов по неустановившимся крутильным колебаниям круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде:

сопротивление, возникающее на конце штанги при кручении в процессе бурения при выполнении геологических работ, внедрено на предприятии ООО «Geofundament project» города Самарканда (справка № 132 «Министерства строительства и жилищно-коммунального обслуживания Республики Узбекистан» от 12 июня 2025 г.). В результате определение наибольших напряжений, возникающих в зонах поперечного сечения оболочки при крутильных колебаниях круговых конических оболочек, позволяет оптимизировать колебания, образующиеся в конической оболочке, в соответствии с прочностными показателями стержневой системы, в результате чего снижаются материальные затраты на 4–5%;

сопротивление среды, определённое на основе деформаций кручения и их динамических параметров, крутильной жёсткости штанги, а также смещения грунта на конце штанги, внедрено в проектно-исследовательской организации «O'ZGASHKLITI» (справка №132 «Министерства строительства и жилищно-коммунального обслуживания Республики Узбекистан» от 12 июня 2025 г.). В результате определены основные динамические параметры крутильных коле-

баний буровой штанги, на конце которой установлен круговой конус, забиваемый в грунт с трением. Рассмотрен вопрос определения напряжений под действием момента, передаваемого с ее поверхности на стержень при нестационарных колебаниях. Результаты расчета усилий на поверхности стержня от внешних моментов позволяют точно определить внутренние усилия, что позволило повысить надежность соединения, а также сократить финансовые затраты на 5-6%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них 8 статей – в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание степени доктора философии (PhD). В частности, 4 статьи опубликованы в республиканских, 4 – в зарубежных – изданиях (3 из них – в журналах, индексируемых в международной базе SCOPUS).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введение диссертационной работы обоснованы актуальность и необходимость темы, изложены цель диссертации, степень изученности проблемы, задачи исследования, а также кратко приведены научные новизны работы. Описаны научная и практическая значимость диссертационной работы, изложены полученные основные результаты. Представлена информация о публикациях по результатам исследования, а также о структуре и объёме диссертационной работы.

Первая глава диссертации под названием **«Неустановившиеся колебания круговой конической оболочки»** посвящена краткому обзору современных исследований колебаний круговых конических оболочек, видам краевых задач для круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, и постановке задачи о неустановившихся крутильных колебаниях круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде.

В первом параграфе дан обзор исследовательских работ, в которых учитываются статические, динамические и кинематические состояния круговых конических оболочек и других подобных конструктивных элементов, находящихся в деформируемой среде, а также физико-механические и геометрические свойства материалов таких элементов. Дан обзор неустановившихся колебаний конических оболочек, находящихся в различных средах. Основное

внимание уделено анализу исследовательских работ, близких к неустановившимся крутильным колебаниям конических оболочек, находящихся в деформируемой среде.

Во втором параграфе представлены типы краевых задач для круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде. Сначала представлена краевая задача крутильных колебаний круговой конической оболочки, затем представлена задача продольных радиальных колебаний круговой конической оболочки, и, наконец, представлена задача продольных колебаний круговой конической оболочки. Эти задачи рассматриваются как краевые задачи, и для каждого типа наглядно приведены основные уравнения и граничные условия.

В третьем параграфе главы рассматривается задача о неустановившихся крутильных колебаниях круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде. При этом круговая однородная изотропная упругая коническая оболочка, находящаяся в деформируемой среде, в общем случае рассматривается как находящаяся в трехмерном пространстве. Круговой усеченный конус считается имеющим конечную длину и толщину, равную h . Поместим малое основание круговой усеченной конической оболочки (r, θ, z) в цилиндрическую систему координат (рис. 1). Здесь ось z направлена по оси симметрии, проходящей через геометрический центр усеченной конической оболочки, ось r направлена по радиусу, а θ – угол поворота конической оболочки вокруг оси симметрии. Внутренний и внешний радиусы оболочки изменяются по закону $r_1 = r_0 + fz$, $r_2 = r_0 + h + fz$.

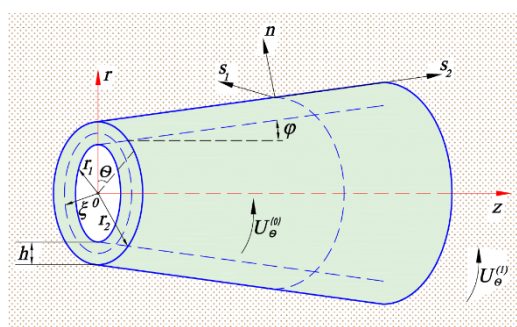


Рис.1. Коническая оболочка в деформируемой среде

Соотношение между напряжениями и деформациями в точках конической оболочки записывается в форме закона Гука следующим образом:

$$\sigma_{ij} = \lambda \delta_{ij} \varepsilon + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad (i, j = r, \theta, z). \quad (1)$$

Для описания движения точек усеченной конической оболочки в цилиндрической системе координат $Or\theta z$ примем следующие уравнения движения:

$$\sigma_{ij,j} + \rho f_i = \rho \ddot{U}_i. \quad (2)$$

Здесь \ddot{U}_i – вектор смещения точек круглой конической оболочки. Введем скалярную φ и векторную потенциальные функции $\vec{\psi}$ по следующей формуле;

$$\vec{U} = \text{grad} \varphi + \text{rot}[\vec{e}_z \psi_1 + \text{rot}(\vec{e}_2 \psi_2)]. \quad (3)$$

Подставляя выражение (3) в систему (2), можно записать уравнения движения в виде волновых уравнений через продольные и поперечные волновые потенциалы φ и $\vec{\psi}$;

$$\Delta\varphi = \frac{1}{a_2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}; \quad \Delta\vec{\psi} = \frac{1}{b^2} \frac{\partial^2 \vec{\psi}}{\partial t^2}. \quad (4)$$

Компоненты вектора смещения, компоненты тензора напряжений и деформаций φ и $\vec{\psi}$ представлены потенциалами.

Предположим, что в момент времени $t < 0$ круговая коническая оболочка, находящаяся в деформирующейся среде, находится в состоянии покоя, а с момента времени $t = 0$ на ее граничных поверхностях начинают действовать динамические силы;

$$\sigma_{r\theta}^{(0)} - f\sigma_{z\theta}^{(0)} = \Delta_0 f_{ns_1}^{(1)}(z, t), \quad r = r_0 + fz; \quad \Delta_0 = 1 + f^2. \quad (5)$$

В момент времени $t < 0$ коническая оболочка в среде находится в состоянии покоя, и поэтому все точки находятся в состоянии покоя. Поэтому начальные условия равны нулю;

$$\varphi = \psi = \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\partial \psi}{\partial t} = 0. \quad (6)$$

Помимо граничных условий (5), между деформируемой средой и круглой конической оболочкой справедливы следующие динамические и кинематические условия:

$$\begin{aligned} \sigma_{r\theta}^{(0)} - f\sigma_{z\theta}^{(0)} &= \sigma_{r\theta}^{(1)} - f\sigma_{z\theta}^{(1)} + \Delta_0 f_{ns_1}^{(2)}(z, t), \quad r = r_0 + h + fz, \quad \Delta_0 = 1 + f^2; \\ U_{\theta}^{(0)}(r, z, t) \Big|_{r=r_2} &= U_{\theta}^{(1)}(r, z, t) \Big|_{r=r_2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, в общей постановке задачи о неустановившихся крутильных колебаниях круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, уравнение (4) необходимо решать при граничных (5), начальных (6) и динамических и кинематических условиях контакта (7).

В этом параграфе представлено общее решение задачи, которое будет использовано в главе II для решения задачи осесимметричных колебаний конической оболочки.

Вторая глава диссертации под названием «**Уравнения крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде**» посвящена разработке теории неустановившихся колебаний круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, с использованием метода точного решения и рассматривает осесимметричную задачу.

В первом параграфе главы были выведены уравнения крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки в деформируемой среде. Компоненту вектора смещения точек конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, выразим через потенциальную функцию следующим образом:

$$U_{\theta} = -\frac{d}{dr} \Psi. \quad (8)$$

Опишем функции внешних сил для вывода уравнений крутильных колебаний усеченной конической оболочки, в следующем виде;

$$f_{ns_1}^{(i)}(z, t) = \int_0^\infty \frac{\sin kz}{-\cos kz} \left. \right\} dk \int_{(l)} \tilde{f}_{ns_1}^{(i)}(z, t) e^{pt} dp, \quad (i=1, 2), \quad (9)$$

где (l) – открытый контур в плоскости p , примыкающий к правой части мнимой оси $(-i\omega_0, i\omega_0)$. Кроме того, площади, необходимые для вывода уравнений колебаний, настолько малы, что функции $f_{r\theta}(k, p)$ вне $k \leq k_0$, $|\operatorname{Im} p| \leq \omega_0$, пренебрежимо малы. Для этих предполагаемых функций внешнего воздействия ищем решение задачи (4), (5), (6) в виде (9). В результате приходим к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, записанных через потенциальные функции из уравнения (6). Решения полученных уравнений следующие;

$$\begin{aligned} \tilde{\Psi}_0 &= A_1 I_0(\beta_0 r) + A_2 K_0(\beta_0 r), \quad \text{при } r_1 \leq r \leq r_2, \\ \tilde{\Psi}_1 &= B K_0(\beta_1 r), \quad \text{при } r_2 \leq r < \infty. \end{aligned} \quad (10)$$

Где I_0 и K_0 – функции Бесселя. A_1, A_2 и B – интегральные константы;

$$\beta_0^2 = \frac{p^2}{b_0^2} + k^2, \quad \beta_1^2 = \frac{p^2}{b_1^2} + k^2, \quad b_0^2 = \mu_0 / \rho_0, \quad b_1^2 = \mu_1 / \rho_1.$$

Компоненту вектора смещения U_θ мы также опишем как (9). Подставляя их в выражение для компоненты вектора смещения (8), получаем формулу для \tilde{U}_θ . Подставляя решение в полученное выражение (10), получаем следующее;

$$\tilde{U}_{\theta 0} = -\beta_0 A_1 I_1(\beta_0 r) + \beta_0 A_2 K_1(\beta_0 r). \quad (11)$$

В качестве функций поиска в уравнениях крутильных колебаний круговой конической оболочки возьмем главные части перемещений точек срединной поверхности. Эти главные части лежат на расстоянии от плоскости $z = 0$, определяемом следующим выражением;

$$\xi = \frac{r_1}{2} \left(\chi - \frac{r_1}{r_2} \right), \quad 2 + \frac{r_1}{r_2} \leq \chi \leq 2 \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_1}{r_2}, \quad (12)$$

где ξ может принимать значения внутреннего, внешнего или среднего радиуса поверхности оболочки в зависимости от постоянного параметра χ . Затем разложим функции Бесселя в выражении (11) в бесконечные ряды и положим $r = \xi$. Ограничимся стремлением к нулю в бесконечных рядах и введем обозначения $\tilde{U}_{\theta 0}^{(0)}, \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)}$, получим;

$$A_2 = \xi \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)}; \quad A_1 = \left(\ln \frac{\beta_0 \xi}{2} - \frac{1}{2} - \psi(1) \right) \xi \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)} - \frac{2}{\beta_0^2} \tilde{U}_{\theta 0}^{(0)}. \quad (13)$$

Тогда, выражая перемещения и напряжения через введенные искомые функции $\tilde{U}_{\theta 0}^{(0)}, \tilde{U}_{\theta 0}^{(1)}$, из граничных и контактных условий получаем следующие

уравнения крутильных колебаний круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде;

$$\begin{aligned}
& \left[a_{11} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + a_{12} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + a_{13} \frac{\partial}{\partial z} \right] U_{\theta 0}^{(0)} + \left\{ b_{11} \frac{\partial^4}{\partial t^4} + b_{12} \frac{\partial^4}{\partial t^2 \partial z^2} + b_{13} \frac{\partial^4}{\partial z^4} + b_{14} \frac{\partial^3}{\partial z \partial t^2} + \right. \\
& \left. + b_{15} \frac{\partial^3}{\partial z^3} + b_{16} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + b_{17} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + b_{18} \frac{\partial}{\partial z} + b_{19} \right\} U_{\theta 0}^{(1)} = [1 + f^2] \mu_0^{-1} [f_{ns_1}^{(i)}(z, t)]; \quad (14) \\
& \left[a_{21} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + a_{22} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + a_{23} \frac{\partial}{\partial t} + a_{24} \frac{\partial}{\partial z} + a_{25} \right] U_{\theta 0}^{(0)} + \left\{ b_{21} \frac{\partial^4}{\partial t^4} + b_{22} \frac{\partial^4}{\partial t^2 \partial z^2} + \right. \\
& \quad + b_{23} \frac{\partial^4}{\partial z^4} + b_{24} \frac{\partial^3}{\partial t^3} + b_{25} \frac{\partial^3}{\partial z \partial t^2} + b_{26} \frac{\partial^3}{\partial t \partial z^2} + b_{27} \frac{\partial^3}{\partial z^3} + b_{28} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \\
& \quad \left. + b_{29} \frac{\partial^2}{\partial z^2} + b_{210} \frac{\partial}{\partial t} + b_{211} \frac{\partial}{\partial z} + b_{212} \right\} U_{\theta 0}^{(1)} = [1 + f^2] \mu_0^{-1} [f_{ns_1}^{(i)}(z, t)];
\end{aligned}$$

где коэффициенты a_{ij}, b_{ij} определяются по различным формулам

$$a_{11} = \frac{r_1^2}{4}, \dots, b_{11} = \frac{r_1^2}{8} \left(\ln r_1 - \frac{1}{4} \right), \dots, a_{22} = -\frac{r_2^2}{4}, \dots, b_{22} = -\frac{r_2^2}{4} \left(\ln r_2 - \frac{1}{4} \right), \dots$$

Полученные уравнения представляют собой дифференциальные уравнения гиперболического типа со частными производными. Эти уравнения имеют большое значение для корректного описания процесса крутильных колебаний круговой конической оболочки, находящейся в деформирующей среде.

Во втором параграфе приведены формулы для определения напряженно-деформированного состояния в точках круговой конической оболочки. При крутильных колебаниях круговой усеченной конической упругой оболочки, находящейся в деформируемой среде, несколько компонент полей, характеризующих напряженно-деформированное состояние, равны нулю, поскольку задача предполагается симметричной относительно оси θ . Из них отличны от нуля только компоненты вектора U_θ крутильных перемещений и нормальные напряжения- $\sigma_{z\theta}, \sigma_{r\theta}$;

$$\begin{aligned}
U_\theta &= r U_{\theta 0}^{(0)} + \frac{\xi}{r} U_{\theta 0}^{(1)} + \frac{\xi r}{2b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^2} - \frac{\xi r}{2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^2}; \\
\sigma_{r\theta}^{(0)} &= \frac{\mu_0 r^2}{4b_0^2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial t^2} - \frac{\mu_0 r^2}{4b_0^2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial z^2} + \frac{\xi \mu_0 r^2}{8b_0^4} \left(\ln \frac{r}{\xi} - \frac{1}{4} \right) \frac{\partial^4 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^4} - \frac{\xi \mu_0 r^2}{4b_0^4} \left(\ln \frac{r}{\xi} - \frac{1}{4} \right) \frac{\partial^4 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^2 \partial z^2} + \\
& \quad + \frac{\xi \mu_0 r^2}{8} \left(\ln \frac{r}{\xi} - \frac{1}{4} \right) \frac{\partial^4 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^4} + \frac{\xi \mu_0}{2b_0^2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t^2} - \frac{\xi \mu_0}{2} \frac{\partial^2 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^2} - \frac{2\xi \mu_0}{r^2} U_{\theta 0}^{(1)}; \quad (15) \\
\sigma_{z\theta}^{(0)} &= \mu_0 r \frac{\partial U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial z} + \frac{\mu_0 \xi}{r} \frac{\partial U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z} + \frac{\mu_0 r \xi}{2b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z \partial t^2} - \frac{\mu_0 r \xi}{2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial z^3}; \\
\sigma_{r\theta}^{(1)} &= 2\mu_1 U_{\theta 0}^{(0)} + \frac{\mu_1 r}{b_1} \frac{\partial U_{\theta 0}^{(0)}}{\partial t} + \frac{2\mu_1 \xi U_{\theta 0}^{(1)}}{r^2} + \frac{\mu_1 \xi}{rb_1} \frac{\partial U_{\theta 0}^{(1)}}{\partial t} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\xi\mu_1}{b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta\theta}^{(1)}}{\partial t^2} - \xi\mu_1 \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^2 U_{\theta\theta}^{(1)}}{\partial z^2} + \frac{\xi\mu_1 r}{2b_1 b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta\theta}^{(1)}}{\partial t^3} - \frac{\xi\mu_1 r}{2b_1} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta\theta}^{(1)}}{\partial t \partial z^2}; \\
\sigma_{z\theta}^{(1)} & = \mu_1 r \frac{\partial U_{\theta\theta}^{(0)}}{\partial z} + \frac{\mu_1 \xi}{r} \frac{\partial U_{\theta\theta}^{(1)}}{\partial z} + \frac{\mu_1 r \xi}{2b_0^2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta\theta}^{(1)}}{\partial z \partial t^2} - \frac{\mu_1 r \xi}{2} \ln \frac{r}{\xi} \frac{\partial^3 U_{\theta\theta}^{(1)}}{\partial z^3}.
\end{aligned}$$

Используя эти выражения, можно определить напряженно-деформированное состояние любой точки конической оболочки.

В третьем параграфе рассматриваются частные случаи крутильных колебаний круговой конической оболочки. Если $\ln(r_k/\xi) = 0$, ($k = 1, 2$), то система уравнений (14) выше переходит в уравнения крутильных колебаний тонкостенной оболочки. Если в уравнении (14) взять $r_1/\xi = 0$, то получаются уравнения крутильных колебаний кругового усеченного конического стержня, находящегося в деформируемой среде. В этом случае приближение к нулю в бесконечном ряду ограничивается ($n = 0$), и мы получаем приближенное уравнение, которое является более общим, чем известное уравнение конического стержня, предложенное С.П. Беридзе.

Если угол атаки усеченной конической оболочки равен нулю и влияние внешней среды не учитывается, то выводятся уравнения, полученные профессором Х. Худойназаровым для круговой цилиндрической оболочки.

Третья глава диссертации под названием «**Крутильные гармонические колебания круговой усеченной конической оболочки в деформирующей среде**» посвящена решению практических задач, связанных с уравнениями крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки под действием крутящего момента и деформирующей среды.

В первом параграфе рассматриваются крутильные гармонические колебания круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде. При этом в качестве основных уравнений принимается система уравнений (14). Поскольку рассматриваемая практическая задача посвящена исследованию гармонических колебаний, то функции действия полагаются равными нулю. Решение системы уравнений ищется в следующем виде;

$$U_{\theta\theta}^{(0)} = \bar{U}_{\theta\theta}^{(0)} e^{i(\omega t - kz)}; U_{\theta\theta}^{(1)} = \bar{U}_{\theta\theta}^{(1)} e^{i(\omega t - kz)}. \quad (16)$$

Затем были выведены и решены частотные уравнения с использованием прикладной программы Maple и получены результаты, представленные в виде графиков зависимости частот колебаний от волнового числа.

Во втором параграфе изучается практическая задача крутильных колебаний круглой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде. Для этого в качестве основных уравнений крутильных колебаний принимается система уравнений (14). Система уравнений (14), а также граничные условия и начальные условия в сечениях оболочки $z = 0$ и $z = l$ сводятся методом конечных разностей к системе алгебраических уравнений. Решая полученную систему алгебраических уравнений с помощью программы Maple, можно получить продольные и поперечные компоненты вектора перемещений

U_θ точек круглой усеченной конической оболочки, находящихся в деформируемой среде.

В третьем параграфе главы представлен расчет перемещений и напряжений при крутильных колебаниях круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде. Используя выражение для определения перемещения в уравнении (15), приведем графики изменения компоненты вектора перемещения U_θ в зависимости от координаты z .

На рисунке 2 представлен график изменения координаты z при различных значениях поворачивающего момента, приложенного к оконечности конической оболочки, когда угол атаки конической стальной оболочки, находящейся в песчаной среде, составляет два градуса. Из графика видно, что первоначально при приложении поворачивающего круговой конической оболочки $z=0$ максимальное значение компоненты вектора перемещения $5 \text{ кН} \cdot \text{м}$ равно моменту $5 \text{ кН} \cdot \text{м}$ к торцу 0.0129 и стремится к нулю, начиная с сечения $z = 0.3$. При значении крутильного момента $5 \text{ кН} \cdot \text{м}$ компонента вектора перемещения U_θ равна h в сечении и стремится к нулю. При значении крутящего момента начиная с сечения $z = 0.3$. $25 \text{ кН} \cdot \text{м}$ значение составляющей вектора перемещения U_θ на участке $z = 0$ равно 0.027 и стремится к нулю, начиная с участка $z = 0.3$. Приведем график изменения напряжения $\sigma_{r\theta}^{(0)}$ в зависимости от координаты z .

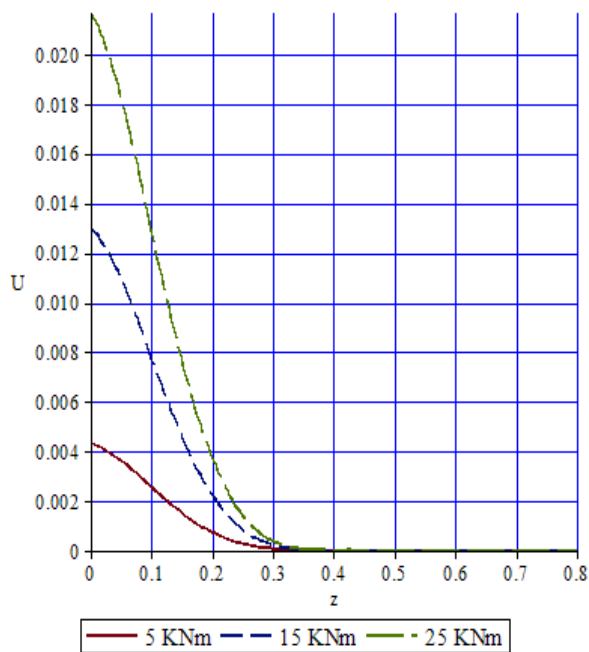


Рис. 2. Изменение компоненты U_θ вектора перемещения в зависимости от координаты z при различных значениях крутящего момента

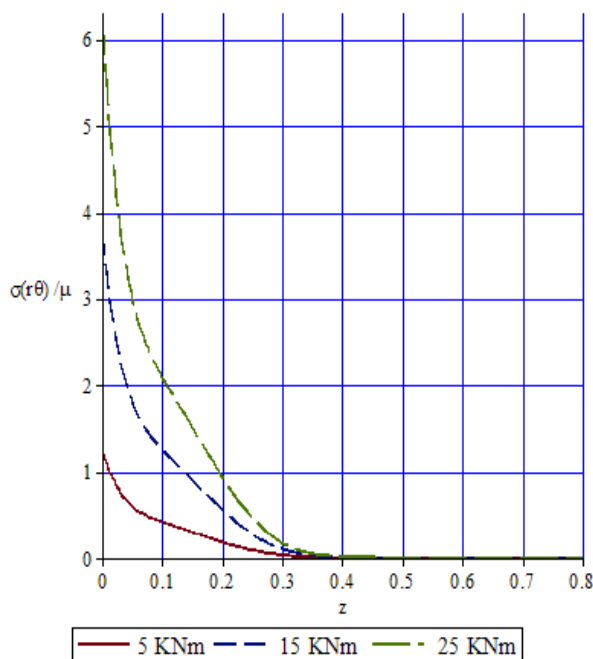


Рис. 3. Изменение напряжения $\sigma_{r\theta}^{(0)}$ в зависимости от координаты z в алюминиевой оболочке

На рисунке 3 показан график изменения составляющей вектора напряжения $\sigma_{r\theta}^{(0)}$ в зависимости от координаты z , когда материал круглого сечения – алюминий, а внешняя среда – песок. В данном случае угол атаки принимался равным двум градусам, а значения крутящего момента увеличивались. При увеличении значения крутящего момента точки круговой усеченной конической оболочки имели большее напряжение.

Используя решения уравнений крутильных колебаний конической оболочки, можно получить графики временной зависимости компоненты U_θ вектора перемещений при значениях крутящего момента $5\text{кН}\cdot\text{м}$, $15\text{кН}\cdot\text{м}$, $25\text{кН}\cdot\text{м}$, приложенного к свободному торцу оболочки $z = 0$; а также графики временной зависимости компонент тензора напряжений $\sigma_{r\theta}$ и $\sigma_{z\theta}$ при тех же значениях крутящего момента.

Кроме того, при значении крутящего момента $5\text{кН}\cdot\text{м}$ возможно построить графики временной зависимости перемещений U_θ и напряжений $\sigma_{r\theta}$ и $\sigma_{z\theta}$, для различных материалов оболочки.

На рис. 4 приведены графики изменения компонент $\sigma_{r\theta}$ и $\sigma_{z\theta}$ тензора напряжений во времени при значениях крутящего момента $5\text{кН}\cdot\text{м}$, $15\text{кН}\cdot\text{м}$, $25\text{кН}\cdot\text{м}$, приложенного к свободному торцу конической оболочки. Из рисунка видно, что с увеличением момента возрастают и возникающие в точках конической оболочки напряжения.

В четвертом параграфе главы проводится сравнение результатов, полученных при крутильных колебаниях круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде. Рассматривается вопрос сравнения решений, полученных в результате численного решения уравнений крутильных колебаний круговой усеченной конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, с результатами, полученными по другим теориям.

Сначала сравним ее с задачей, рассмотренной в А.З. Хасанова, З.А. Хасанова, где рассматривается определение напряженного состояния при воздействии равномерно распределенных сил на грунт с круглой внешней формой в зависимости от распределительных свойств грунта. В этой задаче касательное напряжение на поверхности оболочки при крутильных колебаниях конической оболочки, расположенной в грунте, находится следующим образом:

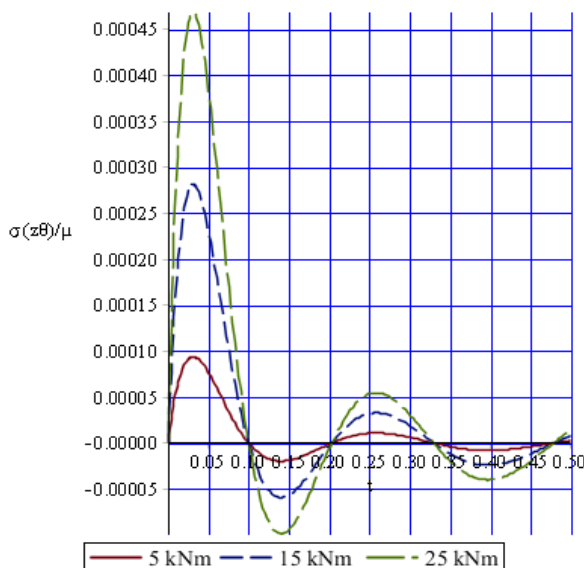


Рис. 4. График изменения во времени компоненты $\sigma_{z\theta}$ тензора напряжений при различных значениях крутящего момента

$$\tau = \frac{M_z \cos \alpha}{2\pi(r_0^2 z + r_0 z^2 \operatorname{tg} \alpha + z^3 \operatorname{tg}^2 \alpha / 3)}. \quad (17)$$

Данная задача полностью соответствует статическому положению рассматриваемого в диссертации вопроса.

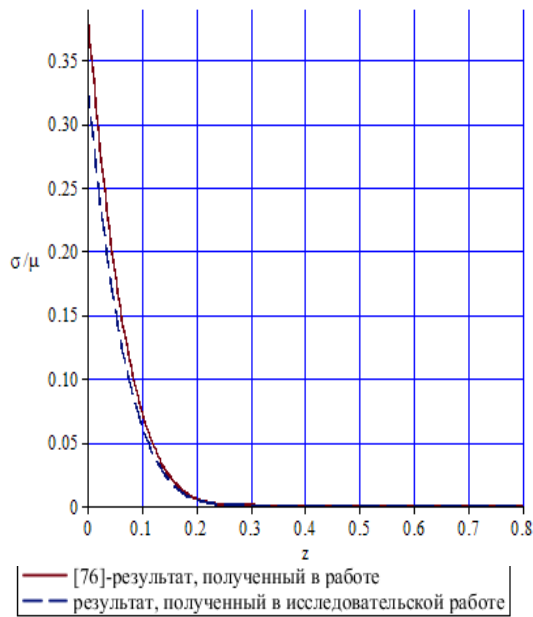


Рис. 5. Сравнение напряжений $\sigma_{r\theta}^{(0)}$

оболочки, расположенной в деформируемой среде, с результатами, полученными в программе ANSYS. Сначала определим перемещения и напряжения точек круговой конической оболочки, расположенной в среде песчаника. Полученные по окончании расчетов результаты представлены на рисунках 6-7.

Из рисунка 6 видно, что перемещения точек оболочки в сечении $z = 0.02$ достигают максимальных значений и уменьшаются до сечения $z = 0.2$.

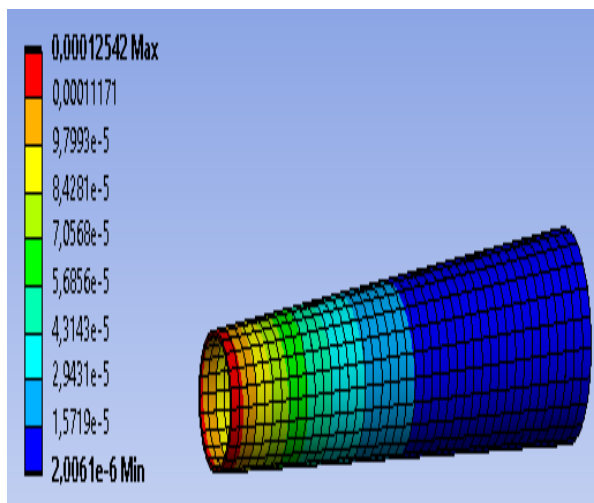


Рис.6. Вид без среды перемещений алюминиевой усеченной оболочки в среде неплотного песчаника

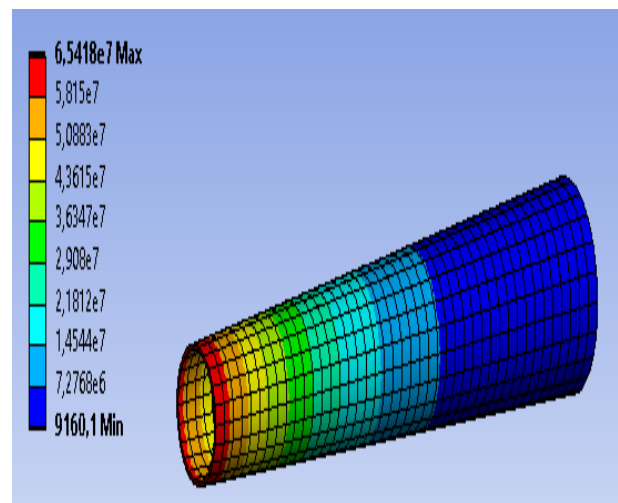


Рис. 7. Вид без среды напряжений алюминиевой усеченной оболочки в среде неплотного песчаника

На рисунке 7 видно, что напряжения также уменьшаются до сечения $z = 0.2$. С использованием программы ANSYS, когда внешняя среда представляет собой вначале плотный песчаник, а затем неплотный песчаник, разница в перемещениях для алюминиевого материала увеличивается на 65%.

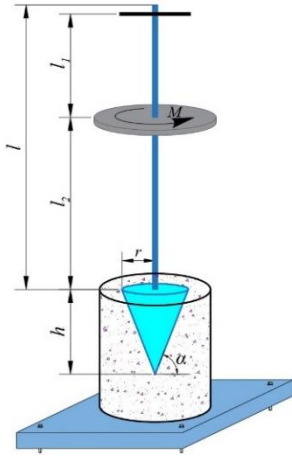


Рис. 8. Коническая стержень, находящаяся в пластической среде

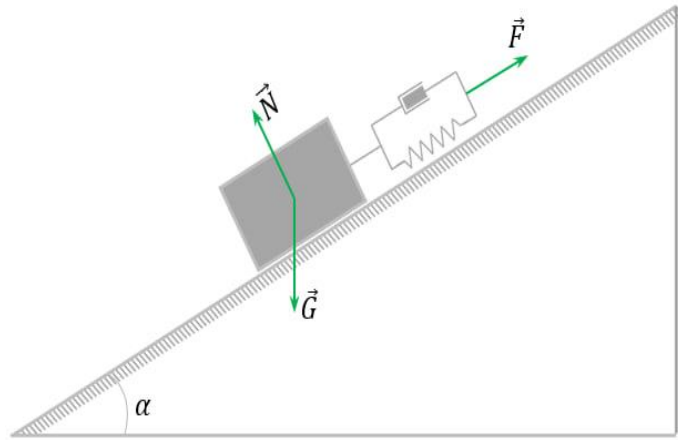


Рис. 9. Модель конической стержня в пластической среде

В пятом параграфе третьей главы рассматривается задача о неустановившихся колебаниях круглого усеченного конического стержня в упругопластической среде. На конце стержня длиной l и жесткостью GI закреплен конус.

Конус находится в среде, находящейся в пластическом состоянии. На второй конец стержня действуют крутящий момент M и вертикальная продольная сила N . Определим нормальные и касательные напряжения, возникающие на поверхности конуса. Для вывода уравнений крутильных колебаний круглого усеченного конического стержня сначала составим уравнение равновесия;

$$J_p \ddot{\phi} + d\dot{\phi} + c_\phi \phi + fM \text{sign}(\dot{\phi}) = 0. \quad (18)$$

Решая это уравнение (18) с использованием начальных условий, получаем следующее решение;

$$\begin{aligned} \phi = e^{-D\omega_0 t} & \left[\left(\phi_0 - \frac{fM}{\omega_0^2 J_p} \right) \cos \omega t + \frac{1}{\omega} \left(\dot{\phi}_0 + D\omega_0 \left(\phi_0 - \frac{fM}{\omega_0^2 J_p} \right) \right) \sin \omega t \right] + \\ & + \frac{f}{\omega_0^2 J_p} \left[\frac{\gamma \pi \text{tg} \varphi}{2\lambda + 1} \left(\frac{2r_0 (r_0 + z \text{tg} \alpha)^3}{3 \text{tg} \alpha \sin \alpha} + \frac{z^2 r_0^2}{\cos \alpha} + \frac{4r_0 z^3 \text{tg} \alpha}{3 \cos \alpha} + \frac{z^4 \text{tg}^2 \alpha}{2 \cos \alpha} \right) + \right. \\ & \left. - \frac{2\pi d \text{tg} \varphi (r_0 + z \text{tg} \alpha)^3}{3\lambda \sin \alpha \text{tg} \alpha} + \frac{2\pi (r_0 + z \text{tg} \alpha)^{3-2\lambda}}{3} r_0^{2\lambda} \left[\frac{\text{tg} \varphi}{\cos \alpha} N - \left(\frac{\gamma r_0}{2\lambda + 1} + \frac{d}{\lambda} \right) \text{tg} \varphi \right] + dz \right]. \end{aligned} \quad (19)$$

Используя решение (19), определим касательные напряжения, действующие на поверхности конуса, используя это выражение для моментов сопротивления следующим образом;

$$J_p \ddot{\phi} + d\dot{\phi} + c_\phi \phi + fM \text{sign}(\dot{\phi}) = 0. \quad (20)$$

Используя выражение (20), получаем графики изменения касательных напряжений во времени.

На рисунке 10 показаны графики касательных напряжений, возникающих на поверхности конических стержней, размещённых в песчаной среде, материалов которых - сталь, медь и алюминий. При модуле Юнга материала конического стержня, равном для стали — максимальное значение касательных напряжений составляет 0.127; для меди при соответствующем модуле Юнга - 0.114; а для алюминия - 0.1. Из этого видно, что чем больше модуль Юнга материала конического стержня, тем больше касательные напряжения, действующие на его поверхность.

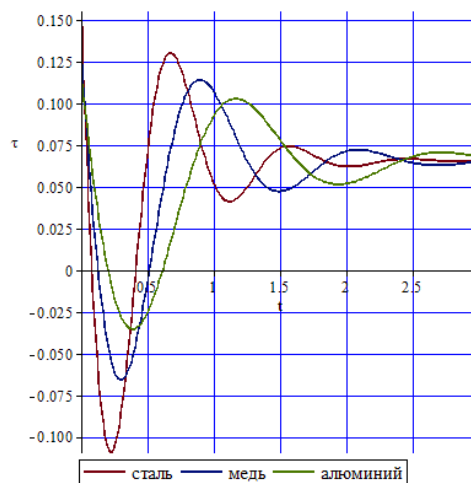


Рис. 10. Графики изменения по времени касательных напряжений на поверхности конические стержень из различных материалов

Этот результат соответствует физической сути рассматриваемой задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С использованием решений уравнений движения теории упругости с помощью интегральных подстановок создана математическая модель крутильных колебаний круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, вызванных динамическими силами.

2. Разработаны уравнения крутильных колебаний круговой конической оболочки, расположенной в деформируемой среде, которые в общем виде учитывают поперечные сдвиговые деформации и инерцию вращения, а также создан алгоритм расчёта перемещений и напряжений в произвольных точках оболочки по времени и по координате.

3. Изучены крутильные гармонические колебания круговой конической оболочки, находящейся в деформируемой среде, и показано, что частота колебаний также увеличивается с ростом волнового числа. Сравнение частот стальной оболочки и алюминиевой оболочки при точно таком же волновом числе показало, что частота колебаний стальной оболочки на 12,5% выше.

4. Уравнения крутильных колебаний конической оболочки в деформируемой среде решены методом конечных разностей, в результате чего определены компоненты вектора перемещений и тензора напряжений в произвольной точке оболочки.

5. Численные расчёты показали, что оболочка из полиэтилена, расположенная в песчаной среде, испытывает на 12,5 % меньше напряжений, чем та же оболочка, помещённая в среду из песка. Также установлено, что при угле

атаки конической оболочки в 2^0 , возникающие напряжения на 2,86 % выше, чем при угле атаки в 1^0 .

6. Решение задачи нестационарного взаимодействия круговой конической оболочки с деформируемой средой, полученное по предложенной теории, сравнивалось с решениями этой же задачи, полученными в программе ANSYS. Сравнения показали, что различие между решениями не превышает 9-13%.

7. Крутильные колебания конического стержня, расположенного в грунте, исследованы экспериментально с учётом кулоновской модели трения. Установлено, что с увеличением параметра трения амплитуда и период колебаний уменьшаются, что позволило сформулировать практические выводы.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING THE DEGREE
DSc.03/2025.27.12.FM/T.09.03 AT SAMARKAND STATE
UNIVERSITY AFTER NAMED SHAROF RASHIDOV**

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY AFTER NAMED
SHAROF RASHIDOV**

ISMOILOV KHURSANDBEK FARKHODOVICH

**NON-STATIONARY INTERACTION OF CIRCULAR CONICAL SHELLS
WITH A DEFORMABLE MEDIUM**

01.02.04 – Solid Mechanics

ABSTRACT
**of dissertation of the doctor of philosophy (PhD) on Physical and
Mathematical sciences**

Samarkand – 2026

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2025.4.PhD/FM1408

The dissertation has been prepared at Samarkand State University after named Sharof Rashidov. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.samdu.uz and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific supervisor:

Khasanov Askar Zabiyeovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Mardonov Batirjan
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Yuldashev Sharafitdin Sayfitdinovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

Tashkent state transport university

The defense will take place « ___ » _____ 2026 at ___ at the meeting of scientific council DSc.03/2025.27.12.FM/T.09.03 at Samarkand State University (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40. E-mail: sasu_info@edu.uz.)

The thesis is available in the Information and Resource Center of Samarkand State University (registration number 107). (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40.)

Abstract of dissertation sent out on « ___ » _____ 2026 y.
(mailing report № ___ on « ___ » _____ 2026 y.).



R.I.Khalmuradov
Chairman of the Scientific Council
for Awarding Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

U.A.Nishonov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for Awarding Academic Degrees, Doctor of
Philosophy (PhD) in Physical and Mathematical
Sciences, Associate Professor

K.Ismayilov
Deputy Chairman of the scientific seminar at the
Scientific Council for Awarding Academic Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research. Is the creation of a mathematical model of unsteady torsional vibrations of circular elastic conical shells located in a deformable medium, and the development of an algorithm for determining displacements and stresses at arbitrary points of their cross-section, as well as a study based on the obtained equations of practical issues related to unsteady torsional vibrations of circular elastic conical shells located in a deformable medium.

Compliance of research with the priorities of the development of science and technology of the republic. This research work was carried out within the framework of the direction IV. "Mathematics, mechanics and informatics" of the development of science and technology of the republic.

The level of knowledge of the problem. Today, one of the topical issues of soil mechanics is the issue of determining the strength of drilling rig elements. Among such issues is the issue of determining the strength of a drilling machine performing geological work. Ensuring the stability and safety of the rods in them, studying the features of their oscillatory processes is a modern requirement of today. In this case, circular truncated conical shells are widely used as rods. Much research has been done on circular truncated conical shells.

The connection of the dissertation research with the scientific plans of the university where the dissertation was performed. The dissertation work was completed within the framework of the scientific research plan of the Institute of Engineering Physics of the Samarkand State University named after Sharof Rashidov on the topic "Study of stability and vibrations of discrete-continuous systems interacting with a deformable environment" (2010-2025).

As an object of research is a circular elastic conical shell interacting with a deformable medium.

The subject of the study is a refined and numerical study of non-stationary torsional vibrations of a circular truncated conical shell located in various deformable media.

Research methods. In the course of the study, the integral substitutions of Fourier and Laplace, the finite difference method, the method of exact solutions applied to solve various three-dimensional problems of elasticity theory, as well as a number of other analytical research methods were used.

Scientific novelty of the research it consists in the following:

the mathematical model for calculating unsteady torsional vibrations of a circular truncated conical shell under dynamic loads has been improved, taking into account the interaction of a circular truncated conical shell with a deformable external environment;

a numerical algorithm has been created that allows determining the stress-strain state of points of an arbitrary cross-section of a circular conical shell under non-stationary torsional vibrations, taking into account the mechanical properties of the deformable external environment;

a practical problem about torsional vibrations of a circular truncated conical shell interacting with a deformable external environment is posed, and a convenient solution method suitable for the posed problem is developed;

a method has been developed for calculating displacements and stresses arising in sections of a circular conical shell with a circular cross-section, taking into account the influence of dynamic forces and moments acting on it during torsional vibrations of a circular conical shell located in a deforming medium;

determination of the influence of the external environment on non-harmonic vibrations of a rod taking into account the plastic model of Saint-Venant and dry friction of Coulomb.

The reliability of the research results. The solutions to the problem posed in the dissertation, based on modern technologies and various current construction requirements, are the result of applying new methods of mathematical physics and numerical approximate solution methods. The reliability of the equations of torsional vibrations of a circular truncated conical shell located in a deformable medium and their numerical results is confirmed by the results of comparisons with solutions obtained using the ANSYS and Maple programs, as well as with solutions of other authors and with solutions of the linear classical theory for circular conical shells without taking into account the external environment.

Publication of the research results. 14 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, of which 8 articles are in publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of dissertations for the degree of Doctor of Philosophy (PhD). In particular, 4 articles have been published in national and 4 in foreign publications (3 of them are in journals indexed in the international SCOPUS database).

The structure and scope of the dissertation. The dissertation work is designed in accordance with the requirements of the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan. Its structure consists of an introduction, three chapters, a conclusion and a list of references, and its volume is 112 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Д.Ш.Холиков, З.Б.Худойбердиев, Х.Ф.Исмоилов. Упрощение нелинейного уравнения крутильных колебаний круглого конического слоя //Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti ilmiy axborotnomasi 2023, № 3. 2-son, bb 33-38. (01.00.00, №2)

2. Z.Xudoyberdiyev, X.Ismoilov, A.Kushanov. Chekli ayirmalar usuli yordamida konussimon qobiqning tebranishlarini tadqiq qilish. Ilm sarchashmalari Ilmiy nazariy va metodik jurnal.-Xorazm: 2025. 10-son. 18-22-bet (01.00.00, №12)

3. X.Худойназаров., Х.Исмоилов. Математическая модель крутильных колебаний усеченного конического слоя, взаимодействующего с деформируемой средой //Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Научно – технический журнал. 2023. 160-172 с. (01.00.00, №(12) Index Copernicus)

4. Khalmurodov R., Khudoynazarov Kh., Ismoilov Kh. Mathematical modelling of torsional vibrations of a truncated conical shell located in an elastic medium// Engineering Solid Mechanics. 2025 (13). ISSN 2291-8752. doi: 10.5267/j.esm.2024.9.001 (№3 Scopus, IF=1.45)

5. R.Khalmurodov, Kh.Ismoilov. Frequency Analysis of Axisymmetric Vibrations of a Conical Shell in a Deformable Medium// AIP Conference Proceedings 3244, 060032 (2024). <https://doi.org/10.1063/5.0241498>. (№3 Scopus, IF=0.189)

6. Khalmurodov R., Ismoilov Kh., Z.Khudayberdiyev, B.Babajanov Vibration of a circular truncated conical shell interacting with a deformable medium// AIP Conference Proceedings 3177, 050011 (2025). <https://doi.org/10.1063/5.0295160>. (№3 Scopus, IF=0.189)

7. X.F.Ismoilov. Doiraviy kesik konussimon sterjenning deformatsiyalanuvchi muhitdagi buralma tebranish tenglamalari// Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy texnik jurnal) 2023, № 3. 2-qism, bb 200-202. (05.00.00, №14)

8. A.Xasanov., Z.Xudayberdiyev., X.F.Ismoilov. Elastik muhitdagi doiraviy konussimon qobiqning buralma tebranishlarida ko'chishlar va kuchlanishlar hisobi// Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy texnik jurnal) 2025, № 2. 2-qism, bb 273-276. (05.00.00, №14)

II bo'lim (II часть; part II)

9. X.Ismoilov., A.Egamqulov. Yupqa devorli konussimon qobiqning buralma tebranishlari// Fan va texnika kelajagini shakillantirish mavzusidagi xalqaro innovatsion insaytlar haftaligi materiallari konferensiyasi. Toshkent 2023. bb 67-69.

10. D.Xoliqov., X.F.Ismoilov., Ergashov., J.Raxmonov. Doiraviy konussimon sterjenning bo‘ylama tebranishi// Me‘morchilik va qurilish muammolari (ilmiy texnik jurnal) 2024, № 2. 2-qism, bb 200-202. (05.00.00, №14)

11. X.Ismoilov., E.Ismoilov. Деформацияланувчи мухитдаги эластик конуссимон кобикнинг буралма тебранишлари // Me‘morchilik va qurilish muammolari (ilmiy texnik jurnal) 2022, № 3. 2-qism, bb 82-84. (05.00.00, №14)

12. D.Xoliqov, X.F.Ismoilov, A.Ergashov. Doiraviy ko‘ndalang kesimi o‘zgaruvchi elastik yupqa devorli qobiqning erkin buralma tebranishi// Uchinchi renessans yosh olimlari: zamonaviy vazifalar, innovatsiya va istiqbol xalqaro ilmiy-amaliy anjuman to‘plami. 2024 yil 15-may. bb 244-248.

13. X.F.Ismoilov, A.Abdialimov. Doiraviy yupqa devorli konussimon qobiqning chastotaviy taxlili// Mexanikada fan, ta‘lim va ishlab chiqarishni integratsiyasi: muammolar, yechimlar, va istiqbollari/ Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Qarshi-2025. 1-3-may, bb 63-66.

14. O.Abdullayev, Kh.Ismoilov, A.Egamkulov. Application of the mixed finite element method in linear problems of elasticity theory. AIP Conf. Proc. 3177, 070010 (2025) <https://doi.org/10.1063/5.0295413> (№3 Scopus, IF=0.189)

Avtoreferat Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining
“Ilmiy axborotnoma” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi (27.03.2026-yil).

Bosmaxona tasdiqnomasi:



4268

2026-yil 27-martda bosishga ruxsat etildi:
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60x84_{1/16}.
“Times New Roman” garniturasini. Ofset bosma usuli.
Hisob-nashriyot t.: 2,9. Shartli b.t. 2,1.
Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 24/03.

SamDCHTI tahrir-nashriyot bo‘limida chop etildi.
Manzil: 140117, Samarqand sh., Gagarin ko‘chasi, 43.