

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI**

GADAYEV AZIZ BERDIYAROVICH

**DOIRAVIY SILINDRIK QOBIQNING ICHKI VA TASHQI
HARAKATLANUVCHI QOVUSHOQ SUYUQLIKLAR BILAN O‘ZARO
NOSTATSIONAR TA’SIRLASHUVI**

01.02.04 – Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi

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

AVTOREFERATI

Samarqand – 2024

**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**

Gadayev Aziz Berdiyrovich

Doiraviy silindrik qobiqning ichki va tashqi harakatlanuvchi qovushoq suyuqliklar bilan o'zaro nostatsionar ta'sirlashuvi.....3

Гадаев Азиз Бердиярович

Нестационарное взаимодействие круговой цилиндрической оболочки с движущимися внутренней и внешней вязкими жидкостями21

Gadayev Aziz Berdiyrovich

Unsteady interaction of a circular cylindrical shell with moving internal and external viscous liquids40

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works44

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI**

GADAYEV AZIZ BERDIYAROVICH

**DOIRAVIY SILINDRIK QOBIQNING ICHKI VA TASHQI
HARAKATLANUVCHI QOVUSHOQ SUYUQLIKLAR BILAN O‘ZARO
NOSTATSIONAR TA’SIRLASHUVI**

01.02.04 – Deformatsiyalanuvchan qattiq jism mexanikasi

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

AVTOREFERATI

Samarqand – 2024

Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/FM878 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:

Xudoynazarov Xayrulla

texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

To'lqin Mavlanov

texnika fanlari doktori, professor

Abdusattarov Abdusamat

fizika-matematika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Namangan muhandislik qurilish instituti

Dissertatsiya himoyasi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 raqamli Ilmiy kengashning 2024-yil «___» _____ soat _____ 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 (___ raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 140104, Samarqand sh., Universitet xiyoboni, 15-uy. Tel.: (+99866) 239-17-25.

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil «___» _____ kuni tarqatildi.
(2024-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.I.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 gaz, suyuq yoki qattiq holatdagi muhitlar bilan o'zaro ta'sirlashuvchi turli muhandislik konstruksiyalari tarkibiy qismlari bo'lgan doiraviy ko'ndalang kesimli sterjen va silindrik qobiqlarni tayyorlashda materiallar sarfini kamaytirish, ishonchligi va mustahkamligini oshirish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda, rivojlangan mamlakatlarda, muhandislik amaliyotida bunday tadqiqotlarga bo'lgan ehtiyoj, qurilish va mashinasozlik sohasidagi eng muhim vazifalardan biri bo'lib, har qanday struktura vaqt davomida kuchlanishlarga duch keladi, bu esa uning barqarorligiga yoki mustahkamligiga ta'sir qiladi. Shu nuqtai nazardan bunday sistemalar dinamikasi tadqiqotlari mexanikaning dolzarb muammosidir. Suyuqlik va gazlarning mexanik xususiyatlariga mos ravishda ortiqcha dinamik yuklanishlardan xalos bo'lish kabi muammolar quvurlarning geometrik o'lchovlari va materialining fizik-mexanik xususiyatlarini tanlash orqali hal qilishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Dunyoning fan va texnikasi yuksak darajada rivojlangan ko'plab davlatlarida, konstruktiv elementlarning tashqi yukka chidamliligini ta'minlash va ularni dinamik hisoblash jarayonida materiallarning reologik, qovushoq-elastiklik va anizotropik xususiyatlarini etiborga olib tadqiq qilish hamda mustahkamlikni oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Shuning uchun, zamonaviy fan, texnika va qurilishning turli sohalaridan, materiallar va ular asosidagi elementlarning konstruktiv chidamliligini ta'minlash borasidagi muhandislik talablari chegarasida, ushbu elementlarni hisoblash modellarini, moddalarning turli fizik-mexanik (qovushoq-elastiklik, sudraluvchanlik, anizotropik) xossalari, hamda, ichki va tashqi ta'sirlashuvchi muhitlar 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 o'ta chidamli materiallar va mustahkam konstruksiyalar yaratishga yo'naltirilgan. Shuning uchun ham, konstruktiv elementlarning turli noan'anviy xususiyatlarini hisobga olgan holda nostatsionar tebranishlar jarayonlarining matematik modellarini yaratishga, hamda ularning kuchlangan-deformatsiyalangan holatini tadqiq qilish muhim hisoblanmoqda.

Respublikamizda xalq xo'jaligining turli sohalarida 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. 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasida, jumladan, "ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish, texnik va texnologik jihatdan yangilash, ishlab chiqarish, tejamkor va samarali zamonaviy texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish¹ ..." bo'yicha muhim

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida» gi Farmoni.

vazifalar belgib berilgan. Qo'yilgan ushbu masalalarni yechishda, xususan, muhandislik konstruksiyalarini chidamliligini oshirish, ta'sirlashuvchi muhitlarni va moddalarning boshqa xossalari hisobga olish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF – 4947-son “O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida”gi Farmoni, 2017 yil 9 avgustdagi PQ-3190-son “O'zbekiston Respublikasi hududi va aholisining seysmik xavfsizligi, seysmik chidamli qurilish va seysmologiya sohasida ilmiy tadqiqotlar o'tkazishni yanada rivojlantirish chora-tadbirlarini to'g'risida”gi, 2018 yil 27 apreldagi PQ-3682-son “Innovatsion g'oyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliy joriy qilish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida”, 2018 yil 2 fevraldagi PQ-3502-son “2018-2022 yillarda aholi punktlarini bosh rejalar bilan ta'minlash, loyiha tashkilotlari faoliyatini yaxshilash, shuningdek, shaharsozlik sohasida mutaxassislar tayyorlash sifatini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi 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.

Gidromexanikaning hozirgi zamon rivojlanish bosqichida dolzarb bo'lgan materiallarning turli fizik-mexanik xususiyatlarini, o'zaro ta'sirlashuvchi muhitlarning ta'sirini, xususan, turli xil suyuqliklar (ideal, qovushoq siqiladigan va siqilmaydigan) ta'sirini hisobga olgan holda materiallar va ular asosidagi konstruksiyalar-ning nostatsionar deformatsiyasi modellarini takomillashtirish va ishlab chiqish masalalari hali o'z yechimlarini topmagan. Muammolarning xuddi shu sinfiga atrof-muhit yoki o'zining tarkibidagi muhit bilan aloqa qilish sharoitida ishlashga va dinamik tashqi yuklarning ta'siriga yo'naltirilgan takomillashtirilgan modellar doirasida materiallarning deformativ va kuchlanish xususiyatlarini hisobga olish usullarini ishlab chiqish ham kiradi.

Tutash muhit bilan aloqada bo'lgan qobiqlar, plitalar va sterjenlar ko'rinishidagi muhandislik tuzilmalari elementlarining, xususan, ideal suyuqlik bilan nostatsionar o'zaro ta'siri muammolari juda ko'p tadqiqotchlar tomonidan o'rganilgan va ko'plab monografiyalarda umumlashtirilgan. Bu yerda doiraviy silindrik qobiqlarning ideal siqiluvchi suyuqlik bilan nostatsionar o'zaro ta'siri haqidagi muammolar ayniqsa yaxshi o'rganilgan. Shu bilan birga, silindrik ichi bo'sh qatlamlar va ixtiyoriy qalinlikdagi qobiqlarning qovushoq siqiluvchi suyuqliklar bilan o'zaro ta'siri masalalari juda kam sonli ishlarda yoritilgan. Qovushoq suyuqlikli sferik va silindrik qobiqlarning nostatsionar deformatsiyasining ayrim xususiy hollari uchun ba'zi natijalar V. G. Gubenko va V. N. Kuznetsov (1980), V. D. Kubenko (1982), A. S. Volmir (1979), A. E. Babayev (1984) tadqiqot ishlarida bayon etilgan. Umuman olganda, qovushoq suyuqlik harakatini o'rganish D'armond R. P.

va Rouleau W.T. [66] ishida yangi yo'nalishga ega bo'ldi deb aytish mumkin. Chunki aynan shu tadqiqot ishida qovushoq siqilmaydigan suyuqlik harakati uchun Nave –Stoks tenglamalarining umumiy echimi, potentsial funksiyalar juftligiga nisbatan ikkinchi darajali individual tenglamalarning echimlari sifatida, taqdim etildi. Keyinchalik bu natijalarni yopishqoq siqiluvchi suyuqliklarga umumlashtirish A. N. Guz tomonidan amalga oshirildi [56,58]. Ta'kidlash lozimki A.N.Guzning natijalaridan R. P. D'almond natijalari xususiy hol sifatida kelib chiqadi. Ushbu ishlarning natijalaridan foydalanib, deformatsiyalanuvchi qattiq jismlarning qovushoq suyuqlik bilan statsionar bo'lmagan o'zaro ta'siri masalalarini, masalalarning klassik qo'yilishi va yechilishi usullaridan farqli ravishda, tadqiq qilish mumkin. Shu sababli, ushbu sohada o'z dolzarbligini saqlab qolgan, ammo etarli darajada o'rganilmagan masalalarning muhim majmuasi qolmoqda. Qovushoq siqiluvchi va siqilmaydigan suyuqliklarning o'zaro ta'sirlashuvchi elementlar kuchlanish-deformatsiyalanish holatiga ta'sirini, chegaraviy sharhlarning xilma-xilligi va tashqi yuklarning murakkabligini hisobga olgan holda o'rganish uchun aniq va samarali, taqribiy, analitik va sonli usullarni yaratish aynan shunday muammolardan hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda qovushoq-elastiklikning uch o'lchovli masalasini ikki o'lchovli masalaga muhandislik va matematik usullar yordamida keltirish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilmoqda. Ammo, bu tadqiqotlar muammoni to'liq hal qilmagan. Ushbu tadqiqotlarning aksariyatini tahlil qilgandan so'ng V.M.Darevskiy " uch o'lchovli masalani ikki o'lchovli masalaga keltirish muammosi tugallanmagan va mantiqiy uyg'un va matematik asoslangan algoritmlarni qurish dolzarb bo'lib qolmoqda " degan xulosaga keldi [6]. Geometriyasi turlicha bo'lgan jismlar uchun bu muammoni hal qilish bugungi kunda ham davom etmoqda, buni mahalliy va mahalliy va xorijiy olimlarning ko'plab nashrlari [1-3,25,40,72] tasdiqlaydi. Ushbu disser-tatsiya ishida o'zgarmas tezliklar bilan harakatlanayotgan ichki va tashqi qovushoq suyuqliklar oqimlaridagi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qobiq va sterjenlar nostatsionar tebranishlarini o'rganish muammosi ham 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 universitetining "Deformatsiyalanuvchi muhit bilan o'zaro ta'sir qiluvchi diskret-uzluksiz tizimlarning ustuvorligi va tebranishlarini o'rganish" (2010-2025-yillar) mavzusidagi ilmiy-tadqiqot ishlari rejalarga mos keladi.

Tadqiqotning maqsadi Dissertatsiya ishida taqdim etilgan tadqiqotlarning maqsadi: dinamik tashqi yuklarning ta'siri ostida qovushoq siqiluvchi suyuqliklar ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi silindrik qovushoq -elastik qobiq va sterjenlar nostatsionar tebranishlarining umumiy va aniqlashtirilgan tenglamalarini chiqarish metodikasini ishlab chiqish; olingan tenglamalar asosida silindrik qatlam va qobiqlarning tebranishlarini, ta'sirlashuvchi suyuqliklarni hisobga olgan holda, o'rganish; qaralayotgan gidro-qovushoq-elastik tizimning fizik-mexanik parametrlariga suyuqlikning ta'sirini tadqiq qilishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

qovushoq siqiluvchi suyuqliklarning ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi, dinamik zo'riqishlar ta'siridagi, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlari dinamik hisobining yangi matematik modelini ishlab chiqish ;

o'zgarmas tezliklar bilan oquvchi, ichki va tashqi qovushoq siqiluvchi suyuqliklar oqimlarining ta'sirini hisobga olib, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlarida, uning ixtiyoriy kesimi nuqtalaridagi kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash algoritmini yaratish;

qovushoq siqiluvchi suyuqliklar ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlari haqidagi amaliy masalalarni, tashqi dinamik va kinematik zo'riqishlar ta'sirini hisoga olgan holda, qo'yish hamda mos hisob usulini yaratish;

erkin uchidan berilgan kinematik zarba va sirtida ta'sir etuvchi taqsimlangan kuchlarning birgalikdagi ta'siri natijasida vujudga kelgan zo'riqishlar ostidagi, hamda o'zgarmas tezlikka ega qovushoq suyuqlik oqimidagi elastik sterjenning nostatsionar, buralma tebranishlari haqidagi masalani yechish va kesimlaridagi kuchlangan-deformatsiyalangan holatni aniqlash usullarini ishlab chiqish;

qovushoq-elastiklik xarakteristikalarining gidro-qovushoq-elastik sistema nuqtalaridagi kuchlanish tenzori va ko'chish vektori komponentalarining fazoviy koordinata va vaqtdan bog'liq qonuniyatlariga ta'sirini doiraviy silindrik qobiqlar misolida o'rganish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida zamonaviy texnika va qurilishning turli sohalarida keng qo'llaniluvchi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qobiq va sterjenlar olingan.

Tadqiqotning predmetini turli tashqi dinamik yuklarning ta'siri ostida qovushoq siqiluvchi suyuqliklar ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi silindrik qovushoq -elastik qobiq va sterjenlar nostatsionar tebranishlarini o'rganish tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida Fure va Laplaslarning integral almashtirish usullari, asosiy tadqiqot usullari sifatida garmonik to'lqinlar, chekli ayirmalar, elastiklik nazariyasi uch o'lchovli masalasining aniq yechimlaridan foydalanish usullari, shuningdek matematik fizikaning boshqa effektiv tadqiqot usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

qovushoq siqiluvchi suyuqliklarning ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashini hisobga olgan holda dinamik zo'riqishlar ta'siridagi doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlari dinamik hisobining matematik modeli takomillashtirilgan;

o'zgarmas tezliklar bilan oquvchi, ichki va tashqi qovushoq siqiluvchi suyuqliklar oqimlarining ta'sirini hisobga olib, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlarida, uning ixtiyoriy kesimi nuqtalaridagi kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash algoritmi chekli ayirmalar usuli yordamida yaratilgan;

qovushoq siqiluvchi suyuqliklar ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlari haqidagi amaliy masalalarni, tashqi dinamik va kinematik zo'riqishlar ta'sirini hisoga olgan holda, qo'yilgan hamda mos hisob usuli yaratilgan;

harakatlanuvchi qovushoq suyuqlik oqimidagi doiraviy elastik sterjenning nostatsionar buralma tebranishlari jarayonida, sterjenning sirtiga ta'sir etuvchi dinamik kuchlarni va erkin uchiga qo'yilgan kinematik zarbani hisobga olgan holda, sterjen kesimlarida vujudga keluvchi urinma kuchlanishni aniqlashning samarali usuli ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

qovushoq siqiluvchi suyuqliklarning ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi, dinamik zo'riqishlar ta'siridagi, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlari dinamik hisobining yangi matematik modeli ishlab chiqilgan;

o'zgarmas tezliklar bilan oquvchi, ichki va tashqi qovushoq siqiluvchi suyuqliklar oqimlarining ta'sirini hisobga olib, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlarida, uning ixtiyoriy kesimi nuqtalaridagi kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash algoritmi yaratilgan;

erkin uchidan berilgan kinematik zarba va sirtida ta'sir etuvchi taqsimlangan kuchlarning birgalikdagi ta'siri natijasida vujudga kelgan zo'riqishlar ostidagi, hamda o'zgarmas tezlikka ega qovushoq suyuqlik oqimidagi elastik sterjenning nostatsionar, buralma tebranishlari haqidagi masalani yechish va kesimlaridagi kuchlangan-deformatsiyalangan holatni amaliy matematik paketlar yordamida sonli hisoblashga imkon beruvchi hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan;

qovushoq-elastiklik xarakteristikalarining gidro-qovushoq-elastik sistema nuqtalaridagi kuchlanish tenzori va ko'chish vektori komponentalarining fazoviy koordinata va vaqtdan bog'liq qonuniyatlariga ta'sirini hisoblash doiraviy silindrik qobiqlar mustahkamlik parametrlarini optimallashtirishga qo'llash mumkunligi asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Hozirgi zamon texnologiyalari va qurilishining dolzarb talablari asosida qo'yilgan muammolarning dissertatsiya ishida olingan natijalari matematik fizikaning qat'iy metodlari va sonli algoritmlarni qo'llash natijasidir. Taqdim qilingan buralma tebranishlar tenglamalari va ularning analitik-sonli yechimlarining ishonchliligi boshqa avtorlarning natijalari bilan sistematik taqqoslashlar, suyuqlik ta'siri hisobga olinmagan xususiy holda, doiraviy silindrik qobiq va sterjenlar uchun chiziqli klassik nazariya xulosalari bilan solishtirish natijalari bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. *Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati* qovushoq siqiluvchi suyuqliklarning ichki va tashqi oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi, dinamik zo'riqishlar ta'siridagi, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlari tenglamalarini keltirib chiqarish usulini ishlab chiqish va rivojlantirish, dinamik yuklar ostidagi qovushoq-

elastik sterjen va qobiqlar buralma tebranishlari haqidagi yangi amaliy masalalarning yechimlari uchun ishlab chiqilgan usullarni, xususan qovushoq siqiluvchi suyuqliklar oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi konussimon qobiq va sterjenlar uchun umumlashtirish imkoniyatlari bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining *amaliy ahamiyati* tashqi dinamik yuklar ta'siri ostidagi qovushoq suyuqlik oqimidagi doiraviy silindrik elastik qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlarida kuchlangan-deformatsiyalangan holat xarakteristikalarini aniqlashga yo'naltirilgan amaliy muammolar yechimlari uchun sonli va yarim analitik algoritmlar ishlab chiqish; natijaviy xulosalarning universal tabiatidan kelib chiqib, ularni matematik fizikaning shu turdagi muammolari tadqiqotlari uchun umumlashtirish; olingan natijalarni materiallarining qovushoq-elastiklik, sudraluvchanlik, temperatura va boshqa shunga o'xshash xususiyatlarini hisobga olgan holda qo'llash mumkin bo'lgan xususiy hollarga qo'llash mumkinligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi Doiraviy silindrik qobiqning ichki va tashqi harakatlanuvchi qovushoq suyuqliklar bilan o'zaro nostatsionar ta'sirlashuvi bo'yicha olingan natijalar asosida:

yuqori bosimli suyuqliklar oquvchi trubaprovodni dinamik yuklar ta'siridagi silindrik qobiq deb qarab, uning ixtiyoriy nuqtalaridagi kuchlanishlarini hisoblash natijalarini aniqlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot ishlari Jizzax shahri *"Ishtixon trans "MCHJ"* hususiy korxonasida amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi "O'zsanoatqurilishmateriallari" Uyushmasining 2024 yil 3 - maydagi 02/15-1333 - son ma'lumotnomasi). Natijada quvurlarning kesimlarida suyuqlik yuqori bosim ostida doimiy tezlikda harakat qilganda paydo bo'ladigan eng yuqori radial kuchlanishlar aniqlangan, bu esa ular asosida quvurlardagi mustahkamlik parametrlarini optimallashtirish natijalari quvurlarni yotqizish uchun ko'zda tutilgan smeta xarajatlari 6% ga qisqartirish imkonini bergan;

ko'p qavatli binolarni suv bilan ta'minlash uchun ishlatiladigan quvurlarda, o'zgarmas tezlik bilan oquvchi qovushoq suyuqlikni o'z ichiga olgan doiraviy silindrik qobiqning kuch parametrlarini tegishli mezonlarga muvofiq topish uchun kuchlanish komponentlarini hisoblash Samarand shahar *ChP "MUQAYYAS GROUP"* korxonasining turli qurilish ob'ektlarida amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi "O'zsanoatqurilishmateriallari" Uyushmasining 2024 yil 3 - maydagi 02/15-1333 - son ma'lumotnomasi). Natijada ko'p qavatli binolarni suv bilan ta'minlash uchun ishlatiladigan polimer quvurlarda, o'zgarmas tezlik bilan oquvchi qovushoq suyuqlikni o'z ichiga olgan doiraviy silindrik qobiqning kuch parametrlarini tegishli mezonlarga muvofiq topish uchun kuchlanish komponentlarini hisoblashlar shuni ko'rsatdiki, bu kuchlanishlar amaldagi usul bilan olingan natijalardan farq qiladi. Ushbu hisoblash usuli material sarfini 3-5% ga, moliyaviy xarajatlarni 4 % gacha, quvurlarni yotqizish xarajatlarini 7-8% gacha tejash imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida, Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti Nazariy va amaliy mexanika kafedrasida hamda

universitet qoshidagi ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengashning ilmiy seminarlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Tadqiqot mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan 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, 5 ta respublika, 3 ta xorijiy nashrlarda (2 tasi xalqaro SCOPUS bazasida)) chop etilgan.

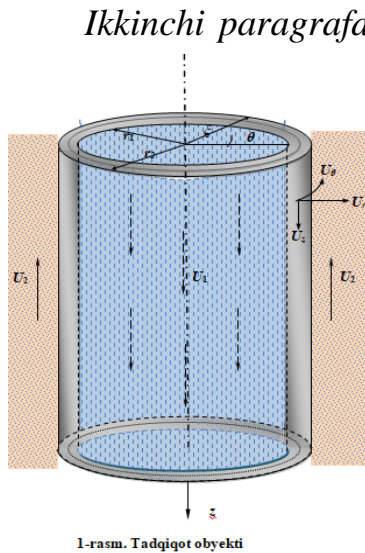
Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 117 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiya ishining kirish qismida dissertatsiya mavzusining zarurati hamda dolzarbligi asoslangan, tadqiqotning maqsadi, dissertatsiya doirasida qo'yilgan vazifalari, ishning asosiy ilmiy yangiliklari qisqacha keltirilgan. Tadqiqot ishi natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati, dissertatsiyada olingan natijalar ma'ruza qilingan konferensiya va seminarlar soni va darajalari ko'rsatilgan, dissertatsiyaning strukturasi va hajmi bayon etilgan.

Dissertatsiyaning **“Qovushoq suyuqlik bilan ta'sirlashuvchi konstruktiv elementlarning tebranishlari”** nomli birinchi bobi ideal va qovushoq suyuqliklar bilan ta'sirlashuvchi konstruktiv elementlar, xususan doiraviy silindrik qobiq va sterjenlar hamda shu kabi boshqa elementlarning static va dinamik holatlarini tadqiq qilishga bag'ishlangan ilmiy adabiyotlarni sharhlashga, dissertatsiya ishi doirasida olib boriladigan keyingi tadqiqotlar uchun umumiy dasturni ishlab chiqishga, hamda ko'ndalang kesimi doiraviy qovushoq -elastik jism uchun asosiy harakat tenglamalarini tanlashga bag'ishlangan.

Birinchi paragrafda ideal va qovushoq suyuqliklar bilan ta'sirlashuvchi konstruktiv elementlar, xususan doiraviy silindrik qobiq va sterjenlar hamda shu kabi boshqa elementlarning static va dinamik holatlari muammolarini, materiallarning geometrik, fizik va mexanik xususiyatlarini hisobga olgan holda tadqiq qilishga bag'ishlangan ilmiy adabiyotlarni qarab chiqib, qovushoq-elastik doiraviy silindrik qobiq va sterjenlarning nostatsionar tebranishlari tadqiqotlariga sharh berilgan. Bu yerda tahlil qilingan ilmiy nazariy va eksperimental tadqiqotlar, matematik aniq va taqribiy usullar asosidagi tadqiqot ishlari mazkur dissertatsiya mavzusiga aloqasi bor-yo'qligi kriteriyasi bilan tanlangan. Bunda asosiy e'tibor, doiraviy silindrik qobiq va sterjenlarning ular bilan o'zaro ta'sirlashuvchi ichki va tashqi muhitlar, tashqi dinamik, kinematik va boshqa kuchlar ta'sirida tebranishlarini tahlil qilishga qaratilgan va keyingi vaqtlarda chop etilgan ishlarga berilgan.



1-rasm. Tadqiqot objekti

Ikkinchi paragrafda dissertatsiya ishi doirasida tadqiq qilinadigan qovushoq siqiluvchan suyuqlik va silindrik qovushoq-elastik qatlam nuqtalari harakatining asosiy tenglamalari va munosabatlari keltirilgan. Bir jinsli izotrop doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamni (r, θ, z) silindrik koordinatalar sistemasida qaraymiz. Bunda $0z$ o'qini silindrning simmetriya o'qi bo'ylab pastga yo'naltiramiz. Bu yerda, r - radial koordinata; θ - burchak koordinatasi; z - bo'ylama koordinata; r_1 va r_2 - qatlam ko'ndalang kesimining ichki va tashqi radiuslar, $r_1 < r_2$. Qatlam qalinligi r_1 va r_2 radiuslardan bog'liq va $h = r_2 - r_1$. Bunda silindrik qatlamni uch o'lchovli jism va u qovushoq-elastiklik matematik nazariyasi qoidalariga qat'iy bo'ysunadi deb hisoblab, bu nazariyaning uch o'lchovli harakat tenglamalaridan foydalanamiz. Qatlam nuqtalarining ko'chishlarini kichik deb hisoblab ularning ko'chish vektorlari komponentalarini $U_k(r, \theta, z, t)$, $(k = r, \theta, z)$ lar orqali (1-rasm), kuchlanish va deformatsiya tenzorlari komponentalarini mos ravishda σ_{ij} , ε_{ij} ($i, j = r, \theta, z$) va ε_{rr} , ε_{zz} , $\varepsilon_{\theta\theta}$, ε_{rz} , $\varepsilon_{r\theta}$, $\varepsilon_{z\theta}$ lar orqali belgilaymiz.

Qovushoq-elastik jism uchun kuchlanish va deformatsiyalar orasidagi bog'lanishlarni silindrik koordinatalar sistemasida quyidagi, Boltsman-Vollterra integral munosabatlari ko'rinishida qabul qilamiz

$$\sigma_{ii} = L_1(\varepsilon) + 2M(\varepsilon_{ii}), \sigma_{ij} = M(\varepsilon_{ij}), i \neq j; \quad (1)$$

bu yerda ε -hajmiy deformatsiya; L_1, M - qovushoq-elastiklik operanorlari

$$(L_1, M)\zeta = (\lambda, \mu) \left[\zeta(t) - \int_0^t [f_1(t-\tau), f_2(t-\tau)] \zeta(\tau) d\tau \right]; \quad (2)$$

λ, μ -Lame koeffitsiyentlari; $f_1(t), f_2(t)$ -qovushoq-elastiklik operatorlari ixtiyoriy yadrolari. L_1, M - qovushoq-elastiklik operanorlarining teskarilari mavjud deb faraz qilinadi. Kiritilgan (r, θ, z) silindrik koordinatalar sistemasida, hajmiy kuchlar hisobga olinmagan va qaralayotgan qovushoq-elastik materialning Puasson koeffitsiyenti o'zgarimas bo'lgan holda, qovushoq-elastik qatlam nuqtalarining uch o'lchovli harakat tenglamalari quyidagi to'liq tenglamalari sistemasi ko'rinishda qabul qilingan

$$a^2 \Delta \Phi = M_0^{-1}(\ddot{\Phi}), \quad b^2 \Delta \psi_i = M_0^{-1}(\ddot{\psi}_i), (i=1,2) \quad (3)$$

bu yerda

$$M_0(\zeta) = \zeta(t) - \int_0^t f(t-\tau) \zeta(\tau) d\tau;$$

$a = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$, $b = \sqrt{\mu/\rho}$ - qatlam materialida, mos ravishda, bo'ylama va ko'ndalang to'liqlar tarqalish tezliklari; Φ, ψ_1, ψ_2 - potensial funksiyalar.

Qovushoq siqiluvchan suyuqlik zarrachalari tebranishlarini kichik deb hisob-

laymiz. U holda suyuqlikning bu holatini chiziqli kichik tebranishlar nazariyasi asosida qovushoq suyuqlikning Nav'e-Stoksning ma'lum harakat tenglamalari yordamida ifodalaymiz

$$\left[\left(1 + \frac{4v'_i}{3a_i^2} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) \right) \Delta - \frac{1}{a_i^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} \pm 2U_i \frac{\partial^2}{\partial t \partial z} + U_i^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \right] G_i = 0, \quad i=1,2, \quad (4)$$

$$\Delta \chi_{1i} - \frac{1}{v'_i} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{1i} = 0, \quad \Delta \chi_{2i} - \frac{1}{v'_i} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{2i} = 0, \quad i=1,2. \quad (5)$$

Suyqlik zarrachalari joylashgan nuqtalardagi kuchlanish tenzori va deformatsiya tezliklari orasidagi bog'lanishlar uchun Nav'e-Stoks qonuni o'rinli

$$p_{ij} = -p\delta_{ij} - \frac{2\mu'}{3}\delta_{ij}\operatorname{div}\vec{V} + \mu'e_{ij}, \quad e_{ij} = \frac{1}{2}(V_{i,j} + V_{j,i}) \quad (i, j = r, \theta, z) \quad (6)$$

Shuningdek uzviylik tenglamasi

$$\frac{1}{\rho'_0} \frac{d\rho'}{dt} + \operatorname{div}\vec{V} = 0, \quad (7)$$

va chiziqli holat tenglamasidan foydalanamiz

$$\frac{\partial p}{\partial \rho'} = a_0^2, \quad a_0 = \operatorname{const}. \quad (8)$$

Ushbu keltirilgan (4) – (7) quyidagi umumbelgilashlar qabul qilingan: G , χ_{1i} , χ_{2i} -potensial funksiyalar; P_{ij} ($i, j = r, \theta, z$) - suyuqlikda kuchlanish tenzori komponentalari; \vec{v} - suyuqlik ixtiyoriy zarrachasi tezlik vektori; V_i ($i = r, \theta, z$) - suyuqlik ixtiyoriy zarrachasi tezlik vektori komponentalari; ρ'_0 - tinch holatdagi suyuqlik zichligi; ρ' - qo'zg'algan suyuqlik zichligi; a_0 - tinch holatdagi suyuqlikda tovush tarqalish tezligi; p - qo'zg'atilgan suyuqlik bosimi; $\mu' = \rho'_0 v'$ - qovushoqlik koeffitsiyenti; v' - kinematik qovushoqlik koeffitsiyenti; Δ - Laplas differensial operatori. Shuningdek ushbu paragrafda silindrik qobiq va qovushoq suyuqlik nuqtalaridagi kuchlanish tenzorlari, ko'chish va suyuqlik zarrachalari tezlik vektorlari komponentalari kiritilgan potensial funksiyalar orqali ifodalangan.

Bobning uchinchi paragrafida ichki va tashqi suyuqliklar oqimlari bilan ta'sirlashuvchi qovushoq-elastik silindrik qatlamning nostatsionar tebranishlari tenglamalarini ishlab chiqish usuli yoritilgan. Tebranishlar tenglamalarini keltirib chiqarishda ikkinchi paragraflarda keltirilgan potensial funksiyalari quyidagi shaklda tasvirlanuvchi funksiyalar sinfidan qaraladi

$$\zeta(r, z, t) = \int_{(l_1)} \int_{(l_2)} \zeta^{(0)}(r) e^{pt+kz} dk dp, \quad (9)$$

bu yerda $-\pi < \arg p < \pi$, $-\pi < \arg k < \pi$, l_1, l_2 – mos ravishda mavhum o'qning $(-ip_0, ip_0)$ va $(-ik_0, ik_0)$ qismlariga o'ngdan yondoshgan ochiq konturlar. Tebranishlar tenglamalarini keltirib chiqarish uchun quyida Φ , ψ_1 , ψ_2 , G , χ_{1i} , χ_{2i} potensial funksiyalar (9) ko'rinishida tasvirlanishidan foydalaniladi; $\zeta^{(0)}(r)$ -funksiya $\zeta(r, z, t)$ -funksiyaning (9) integral almashtirish bo'yicha *tasviri*, $\zeta(r, z, t)$ -funksiya esa *orig-*

inal deyiladi. Funktsiyalarni (9) ko'rinishda tasvirlash, ko'rsatilgan shartlar bajarilganda, qatlam uchun Φ , ψ_1 , ψ_2 va suyuqlik oqimlari uchun G , χ_{1i} , χ_{2i} funktsiyalarni integral belgisi ostida r, θ, z koordinatalar va t vaqt bo'yicha qat'iy differensiallashga imkoniyat yaratadi.

Doiraviy silindrik qatlam nuqtalarining (3) to'lqin tenglamalariga va oquvchi suyuqliklar zarrachalarining (4)-(5) harakat tenglamalariga Φ , ψ_1 , ψ_2 , G , χ_{1i} , χ_{2i} potensial funktsiyalarning (9) transformatsiyani qo'llaymiz va tasvir funktsiyalari uchun $\Phi^{(0)}, \psi_m^{(0)}, G_i^{(0)}, \chi_{mi}^{(0)}$ ($m, i = 1, 2$) oddiy differensial Bessel tenglamalariga ega bo'lamiz:

$$\left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \alpha^2 \right] \Phi^{(0)} = 0, \quad \left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \beta^2 \right] \psi_m^{(0)} = 0, \quad (m = 1, 2) \quad (10)$$

$$\left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \gamma_i^2 \right] G_i^{(0)} = 0, \quad \left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \delta_i^2 \right] \chi_{mi}^{(0)} = 0, \quad (m, i = 1, 2) \quad (11)$$

bu yerda

$$\alpha^2 = \frac{p^2}{a^2} M_0^{-1} - k^2, \quad \beta^2 = \frac{p^2}{b^2} M_0^{-1} - k^2, \quad M_0 = 1 - f^{(0)}(p); \quad f^{(0)}(p) = \int_0^\infty f(t) \cdot e^{-pt} dt;$$

$$\gamma_i^2 = \frac{3(p \pm U_i k)^2}{3a_i^2 + 4\nu_i(p \pm U_i k)} - k^2; \quad \delta_i^2 = \frac{p \pm U_i k}{\nu_i'} - k^2; \quad k, p - \text{integral almashtirish parametrlari.}$$

Olingan (10) va (11) tenglamalarning $r=0$ va $r \rightarrow \infty$ bo'lganda chegaralangan umumiy echimlari modifitsirlangan Bessel funktsiyalari bilan ifodalanadi. Silindrik qatlam uchun (10) tenglamalarning umumiy yechimlari

$$\Phi^{(0)}(r) = A_1 I_0(\alpha r) + A_2 K_0(\alpha r), \quad \psi_m^{(0)}(r) = B_{m1} I_0(\beta r) + B_{m2} K_0(\beta r), \quad (m = 1, 2) \quad (12)$$

Xuddi shunday (11) tenglamalarning umumiy yechimlari

$$r < r_1 \text{ bo'lganda} \quad G_1^{(0)} = C_1 I_0(\gamma_1 r), \quad \chi_{m1}^{(0)} = D_{m1} I_0(\delta_1 r). \quad (13)$$

$$r > r_2 \text{ bo'lganda} \quad G_2^{(0)} = C_2 K_0(\gamma_2 r), \quad \chi_{m2}^{(0)} = D_{m2} K_0(\delta_2 r), \quad (14)$$

bu yerda $A_1(k, p)$, $A_2(k, p)$, $B_{m1}(k, p)$, $B_{m2}(k, p)$, $C_{mi}(k, p)$, $D_{mi}(k, p)$ – radial koordinataga nisbatan ixtiyoriy o'zgarmas miqdorlar; $I_0(z)$ va $K_0(z)$ – Bessel modifitsirlangan funktsiyalari.

Kuchlanish tenzorlari, silindrik qatlam nuqtalarining ko'chish vektori hamda suyuqliklar zarrachalari tezliklari vektorlarining hamma komponentalari tasvirlari potensial funktsiyalar tasvirlari uchun olingan (12) -(14) aniq yechimlar orqali ifodalandi. Hosil bo'lgan ana shu ifodalar bundan keyin qaralayotgan gidroelastik sistemaning tebranishlari turi va chegaraviy shartlaridan kelib chiqqan holda aniq amaliy masalalarni shakllantirishda foydalaniladi.

Dissertatsiyaning **qovushoq suyuqlik oqimlari bilan ta'sirlashuvchi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamning buralma tebranishlari** deb nomlangan ikkinchi bobida doiraviy silindrik qovushoq-elastik qobiqlar va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlarining ta'sirlashuvchi suyuqliklar reaksiyalari hisobga olingan tenglamalari geometrik va mexanik xarakterdagi gipotezalarni kiritmasdan, elastiklik matematik nazariyasining uch o'lchovli masalasining umumiy yechimidan foydalanib keltirib chiqarilgan.

Bobning birinchi paragrafida o'zgaras tezliklar bilan oquvchi ichki va tashqi qovushoq siqiluvchan suyuqliklar oqimlari ta'siridagi doiraviy silindrik qatlam buralma tebranishlar qaralgan. Doiraviy silindrik qatlam va suyuqlik oqimlari uchun harakat tenglamalari asosida, hamda masalaning o'qqa nisbatan simmetrikligiga ko'ra buralma tebranayotgan yuqoridagi gidro-qovushoq-elastik sistema uchun harakat tenglamalari quyidagi sistemadan iborat bo'ladi

$$\begin{cases} \Delta_0 \chi_{11} - \frac{1}{v_1'} \left(\frac{\partial}{\partial t} + U_1 \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{11} = 0, & r < r_1; & \Delta_0 \chi_{12} - \frac{1}{v_2'} \left(\frac{\partial}{\partial t} - U_2 \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{12} = 0, & r > r_2 \\ \Delta_0 \psi_1 = \frac{1}{b^2} M_0^{-1} \left[\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t^2} \right], & r_1 \leq r \leq r_2; & \Delta_0 = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2}{\partial z^2}. \end{cases} \quad (15)$$

Qaralayotgan “suyuqlik-qovushoq-elastik qatlam-suyuqlik” gidroqovushoq-elastik sistemasining buralma tebranishlari, qatlamning chegaraviy sirtlariga qo'yilgan zo'riqishlar ta'siri ostida vujudaga keladi deb hisoblanadi [6]. Boshqacha aytganda, umumiy holda, qatlamning tashqi sirtlarida $f_{r\theta}^{(1)}(z, t)$, $f_{r\theta}^{(2)}(z, t)$ tashqi kuchlanishlar ta'sir qiladilar. Bundan keyin biz ularni tashqi ta'sir funksiyalari deb ataymiz. Shuningdek, silindrik qatlamning suyuqlik oqimi bilan kontakt sirtida urunma kuchlanishlarga nisbatan ifodalangan dinamik shartlar bajarilishi kerak. Shunday qilib, silindrik qatlam va suyuqliklar orasidagi kontakt sirtlarda quyidagi shartlar bajarilishi kerak

$$\sigma_{r\theta}(r_1, z, t) = -P_{r\theta 1}(r_1, z, t) + f_{r\theta}^{(1)}(z, t), \quad \sigma_{r\theta}(r_2, z, t) = -P_{r\theta 2}(r_2, z, t) + f_{r\theta}^{(2)}(z, t). \quad (16)$$

Faraz qilaylik tebranuvchi kontakt sirtida suyuqlik zarralari va sirtning unga yaqin nuqtalari o'rtasida nisbiy tezlik yo'q, ya'ni nisbiy tezlikning ham normal, ham urunma komponentlari nolga teng bo'lsin. U holda, muhitlarni (suyuq va deformatsiyalanuvchi qattiq) birbiridan ajratib turuchi sirtida suyuqlik zarrachalarning tezligi va qatlamning tebranuvchi sirti nuqtalarining tezliklari bir-biriga teng bo'lishlari kerak. Demak, kontakt yuzasidagi kinematik shartlar quyidagi shaklga ega

$$\frac{\partial}{\partial t} U_\theta(r_1, \theta, z) = V_\theta^{(1)}(r_1, z, t), \quad \frac{\partial}{\partial t} U_\theta(r_2, \theta, z) = V_\theta^{(2)}(r_2, z, t). \quad (17)$$

Masalaning boshlang'ich shartlari nolga teng deb hisoblanadi.

Yuqoridagi (9) transformatsiya qo'llanilgan (16) va (17) kontakt shartlariga (12)-(14) umumiy yechimlarni qo'yib va hosil bo'lgan transformatsiyalangan tenglamalarga yana (9) tipidagi, lekin teskari almashtirishlarni qo'llab, bir qancha matematik almashtirishlardan keqin quyidagi tenglamalar sistemasi olingan

$$\varphi_{11} U_{\theta,0} + \varphi_{12} U_{\theta,1} = \frac{1}{\mu} M_0^{-1} f_{r\theta}^{(1)}(z, t), \quad \varphi_{21} U_{\theta,0} + \varphi_{22} U_{\theta,1} = \frac{1}{\mu} M_0^{-1} f_{r\theta}^{(2)}(z, t), \quad (18)$$

bu yerda $U_{\theta,0}$ va $U_{\theta,1}$ lar buralma U_θ ko'chishning bosh qismlari

$$U_\theta = U_{\theta,1} + \xi U_{\theta,0}, \quad \xi = \frac{r_1}{2} \left(\chi - \frac{r_1}{r_2} \right), \quad \varphi_{i1} = 2 \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{r_i}{2} \lambda_2 + (n+2) R_i \right] \lambda_2^n \frac{(r_i/2)^{2n+1}}{n!(n+2)!}, \quad (i=1,2),$$

$$\varphi_{i2} = \xi \left[\frac{1}{2} \lambda_2 - \frac{2}{r_i^2} + \frac{1}{r_i} R_i + \sum_{n=0}^{\infty} \left[\lambda_2 \frac{r_i}{2} \eta_{2,n}(r_i) + (n+2) R_i \eta_{1,n}(r_i) \right] \lambda_2^{n+1} \frac{(r_i/2)^{2n+1}}{n!(n+2)!} \right]; \quad (19)$$

λ_2^n va γ^n operatorlar (z,t) o'zgaruvchilarda quyidagicha aniqlanadi

$$\lambda_2^n = \left[\frac{1}{b^2} M_0^{-1} \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right]^n, \quad \gamma^n = \left[\frac{1}{v'} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right]^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (20)$$

Ushbu (20) ni hisobga olganda ichki va tashqi suyuqliklar reaksiyalari (z,t) koordinatalarda quyidagi ko'rinishlarga ega

$$\begin{cases} R_1 = -\frac{r_1 \mu_1'}{4\mu v_1'} M_0^{-1} \left\{ \frac{\partial^2}{\partial t^2} + 2U_1 \frac{\partial^2}{\partial t \partial z} + \left[U_1^2 - v_1' \left(\frac{\partial}{\partial t} + U_1 \frac{\partial}{\partial z} \right) \right] \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right\}, \\ R_2 = \frac{4\mu_2'}{r_2 \mu} M_0^{-1} \left(\frac{\partial}{\partial t} - U_2 \frac{\partial}{\partial z} \right). \end{cases} \quad (21)$$

Keltirib chiqarilgan (20) tenglamalar sistemasi, γ^n , λ_2^n , R_1 va R_2 operatorlar uchun, silindrik qatlam oraliq sirti nuqtalari ko'chishlarining bosh qismlari $U_{\theta,0}$ va $U_{\theta,1}$ larga nisbatan, tartibi cheksiz yuqori bo'lgan xususiy hosilali differentsial tenglamalar sistemasidan iborat. Bu sistema doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamning oraliq sirti nuqtalarining ko'chishlarining bosh qismlariga nisbatan "suyuqlik oqimi - qatlam - suyuqlik oqimi" gidro-qovushoq-elastik tizimining buralma tebranishlari umumiy tenglamalaridir.

Ikkinchi paragrafda doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlam va ta'sirlashuvchi qovushoq siqiluvchi suyuqliklardan iborat gidro-qovushoq-elastik sistemaning kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash masalasi hal qilingan. Bunda o'zgaruvchi tezliklar bilan oquvchi, ichki va tashqi qovushoq siqiluvchi suyuqliklar oqimlarining ta'sirini hisobga olib, doiraviy silindrik qatlam, qobiq va sterjenlarning nostatsionar buralma tebranishlarida, uning ixtiyoriy kesimi nuqtalaridagi kuchlangan-deformatsiyalangan holatini aniqlash algoritmini yaratilgan. Ushbu algoritm o'z ichiga qaralayotgan gidroelastik sistemaning buralma tebranishlarida silindrik qatlam nuqtalarining faqat buralma ko'chishlari U_θ , uning kesimlaridagi $\sigma_{r\theta}$ kuchlanish, hamda suyuqliklar oqimlari zarrachalari tezlik vektorlarining urinma $V_{\theta i}$ ($i=1,2$) komponentalari va qovushoq suyuqliklar nuqtalaridagi $P_{r\theta}$ va $P_{z\theta}$ kuchlanishlar noldan farqli bo'ladilar. Ushbu ko'rsatib o'tilgan kattaliklarni yangidan kiritilgan va qaralayotgan gidroelastik sistemaning buralma tebranish tenglamalari yozilgan $U_{\theta,0}$ va $U_{\theta,1}$ funksiyalar orqali ifodalangan.

Uchinchi paragrafda ichki va tashqi suyuqlik oqimlari bilan ta'sirlashuvchi, doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlam, qobiq va sterjenlar buralma tebranishlari birinchi paragrafda taklif etilgan tenglamalarining bir qancha limitik va xususiy holatlari tahlil qilingan. Shu jumladan:

a) Ichki va tashqi suyuqlik oqimidagi doiraviy sterjenning buralma tebranishlari tenglamalari;

b) Suyuqliklar oqimlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi yupqa devorli silindrik qovushoq-elastik qobiqning nostatsionar buralma tebranishlari tenglamalari;

c) Tinch holatdagi ichki va tashqi suyuqliklar bilan o'zaro ta'sirlashuvchi yupqa devorli silindrik qovushoq-elastik qobiqning nostatsionar buralma tebranishlari tenglamalari. Mana shu natijalarning xususiy holi uchun quyidagi xulosalar

chiqarilgan: *tashqi tinch holatdagi* suyuqlikning qatlam yoki qobiq tebranishlariga bo‘lgan reaksiyasi, qatlam yoki qobiq nuqtalari ko‘chishining vaqt bo‘yicha birinchi tartibli hosilasiga, ya’ni *tezlikka to‘g‘ri* proporsional; *ichki tinch holatdagi* suyuqlikning silindrik qatlam yoki qobiq tebranishlariga reaksiyasi, qatlam yoki *qobiq nuqtalarining tezlanishiga* hamda qatlam yoki *qobiq nuqtalari tezligidan bo‘ylama koordinata bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga to‘g‘ri proporsional*.

Ushbu bobning to‘rtinchi paragrafida ichki va tashqi qovushoq suyuqliklar oqmlari bilan ta’sirlashuvchi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamning buralma tebranishlari muhandislik amaliy masalalarini yechishda qo‘llash mumkin bo‘lgan taqribiy tenglamalari olingan. Olingan (18) sistemadan amaliy masalalarni yechishda foydalanish uchun, uning tenglamalarining chap qismlari hadlari sonini cheklash kerak. Faraz qilaylik (19) formulalar tarkibiga kiruvchi darajali cheksiz qatorlar yaqinlashishining ko‘plab ilmiy tadqiqot ishlarida asoslangan shartlari, shuningdek prof. X.Xudoynazarov tomonidan isbotlangan "kesilgan" tenglamalarning qo‘llanilishi sohasiga oid shartlarni bajarilgan deb hisoblab, ko‘rsatilgan cheksiz qatorlar hadlari sonini chegaralaymiz. Buning uchun ushbu qatorlarning nolinci $n=0$ yaqinlashishlari bilan chegaralansak (18) dan

$$\frac{r_i}{2} \left[\frac{r_i}{2} \lambda_{20} + 2R_{i0} \right] U_{\theta,0} + \frac{\xi}{r_i} \left\{ \frac{r_i}{2} \lambda_{20} - M_0 \left(\frac{2}{r_i} \right) + R_{i0} + \frac{r_i^2}{4} \lambda_{20} \left[\frac{r_i}{2} \eta_{2,0}(r_i) \lambda_{20} - 2\eta_{1,0}(r_i) R_{i0} \right] \right\} U_{\theta,1} = \quad (22)$$

$$= \frac{1}{\mu} f_{r\theta}^{(i)}(z,t), \quad i=1,2.$$

taqribiy tenglamalar sistemasiga ega bo‘lamiz. Agar integro-differensial λ_2^n va γ^n operatorlarning (20) va suyuqlolklar reaksiyalarining (21) ifodalari e’tiborga olinsa (22) tenglamalar sistemasining 4-chi tartibli integro-differensial tenglamalar sistemasidan iboratligini ko‘rish qiyin emas. Agar (19) cheksiz qatorlarda birinchi yaqinlashish bilan chegaralanilsa 6-chi tartibli integro-differensial tenglamalar sistemasiga kelinadi.

Dissertatsiyaning **qovushoq suyuqlik oqimlari doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlam, qobiq va sterjenlarning buralma tebranishlari** deb nomlangan 3-chi bobi doirasida 2-chi bobda taklif etilgan tenglamalar asosida elastik va qovushoq-elastik qobiq va sterjenlarning buralma tebranishlari haqidagi amaliy masalalar qo‘yilgan va yechilgan.

Birinchi paragrafda ichki va tashqi, o‘zgarmas tezliklarga ega qovushoq suyuqliklar oqimlaridagi silindrik elastik qobiqning garmonik buralma tebranishlari masala tadqiq qilingan. Buning uchun tebranishlar asosiy tenglamalari sifatida (22) tenglamalarning xususiy elastik holi bo‘lgan tenglamalar sistemasi qabul qilingan. Bu xususiy holda (22) tenglamalarda λ_2^n operatorlar quyidagi ko‘rinishga ega

$$\lambda_2^n = \left[\frac{1}{b^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right]^n, \quad n=0,1,2,\dots \quad (23)$$

Qaralayotgan masalada garmonik tebranishlarni tadqiq qilinayotganligi uchun tenglamalarning o‘ng tomonlaridagi tashqi ta’sir $f_{r\theta}^{(i)}(z,t)$, $i=1,2$ funksiyalarini nolga teng deb hisoblanadi. Tenglamalar sistemasining yechimi quyidagi

$$U_{\theta,0} = \bar{U}_{\theta,0} e^{i(\omega t - kz)}, U_{\theta,1} = \bar{U}_{\theta,1} e^{i(\omega t - kz)}. \quad (24)$$

ko ‘rinishda izlangan, mos chastotalar tenglamalari sistemasi olingan va u “Maple 17” amaliy dasturlar paketi yordamida yechildi. Hisoblashlarning olingan natijalari qovushoq suyuqliklar oqimlaridagi elastik silindrik qobiqning buralma tebranishlari doiraviy chastotasining to‘lqin sonidan bog‘liq grafiklari ko‘rinishida keltirilgan.

Ikkinchi paragrafda qovushoq suyuqliklar oqimlaridagi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamning garmonik buralma tebranishlari masalasi tadqiq qilingan. Buning uchun tebranishlar asosiy tenglamalari sifatida (22) tenglamalar sistemasining o‘zi, λ_2^n operatorlarning (20) ifodasi bilan, qabul qilingan. Bu holda qovushoq-elastiklik (3) integral operatorining $f(t-\tau)$ yadrosi quyidagi regular ko‘rinishda qabul qilingan

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{v_n}{\tau_n} e^{-\frac{t}{\tau_n}}, \quad \sum_{n=1}^{\infty} v_n = 1, \quad (25)$$

bu yerda v_n – jismning qovushoqlik parametrlari; τ_n – relaksatsiya vaqtlari. Masalada sonli natijalar olingan. Hisoblashlarning ichki va tashqi qovushoq suyuqliklar oqimlarining ta’siri hisobga olingan natijalari, qovushoq-elastik silindrik qobiqning buralma tebranishlari doiraviy chastotasining to‘lqin sonidan bog‘liq grafiklari ko‘rinishida, keltirilgan.

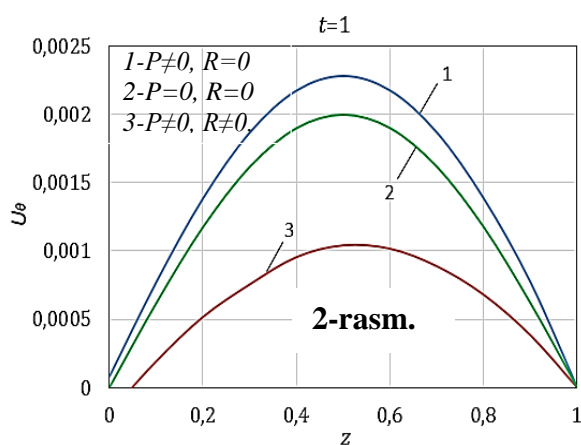
Bibning uchinchi paragrafida qovushoq siqiluvchi suyuqlik oqimidagi doiraviy elastik sterjenning buralma tebranishlari haqidagi quyidagi masala qo‘yilgan: dastlab tinch holatdagi, radiusi r_0 , uzunligi l ga teng bo‘lgan doiraviy elastik sterjen doimiy tezlik bilan harakatlanuvchi qovushoq suyuqlik oqimida joylashtirilgan. Sterjenning sirtiga qovushoq suyuqlik ko‘rsatadigan ta’sirdan tashqari $f_{r\theta}(z,t)$ dinamik kuchlanish ham ta’sir etadi. Sterjenning bir uchi ($z=0$) erkin, ikkinchi uchi ($z=l$) qistirib mahkamlangan. Sterjenning erkin uchiga ($z=0$) amplitudasi $g(t)$ kabi berilgan kinematik zarba qo‘yilgan. Sterjen ixtiyoriy kesimidagi kuchlangan-deformatsiyalangan holat parametrlari fazoviy z koordinata va t bog‘liq ravishda aniqlansin.

Asosiy tebliglama sifatida (22) dan sterjen uchun keltirib chiqarilgan quyidagi buralma tebranishlar tenglamasi qabul qilingan

$$\frac{r_0}{2} \lambda_2 U_{\theta,0} + \frac{8\mu_2'}{r_0\mu} \left(\frac{\partial}{\partial t} - U_2 \frac{\partial}{\partial z} \right) U_{\theta,0} = \frac{2}{\mu r_0} f_{r\theta}(z,t). \quad (26)$$

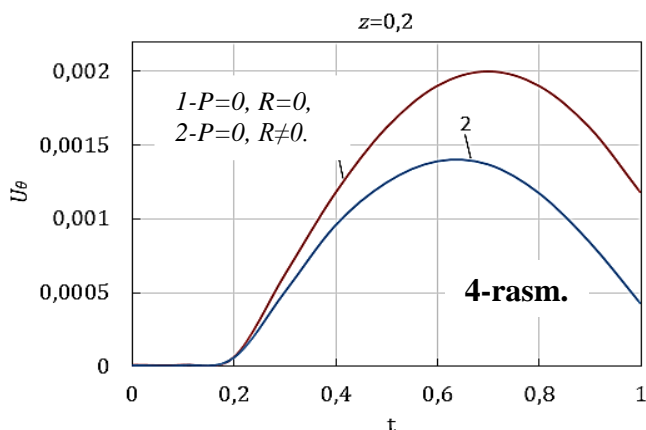
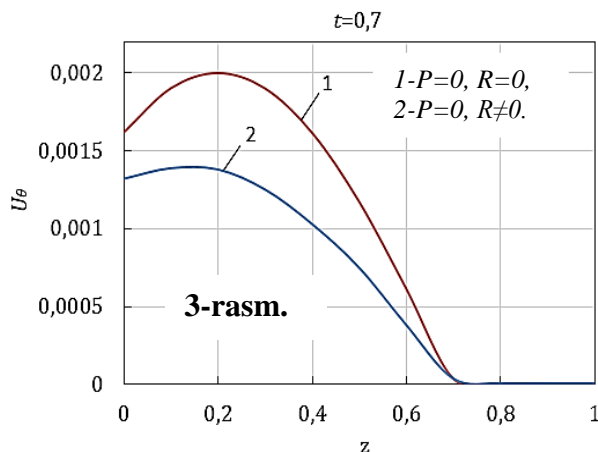
Tenglamaning o‘ng tomonidagi kuchlanish funksiyasini $f_{r\theta}(z,t) = P(z,t)/S_{yon}$, ko‘rinishida olingan. Hisoblash ishlari $P(z,t) = const.$ bo‘lgan hol uchun bajarilgan. Sterjenning erkin uchidan berilgan kinematik zarbani sinusoidal funksiya kabi berilgan va masala sonli usulda yechilgan.

Bobning to‘rtinchi paragrafida qovushoq suyuqlik oqimidagi doiraviy sterjenning buralma tebranishlarida buralma ko‘chish hisobi bajarilgan. Olingan natijalar jadvallar va grafiklar ko‘rinishida keltirilgan.



grafiklari keltirilgan. 3-rasmda tashqi P kuchi hisobga olinmagan hamda qovushoq suyuqlikning R reaksiyasi hisobga olingan ($P=0, R=0$) va olinmagan ($P=0, R \neq 0$) hollarda vaqtning turli paytlarida ($t=0,3; 0,5; 0,7; 1,0$) mos kesimlar chetlaridagi nuqtalarining U_θ buralma ko'chishlarining koordinatadan bog'liq o'zgarishlari grafiklari.

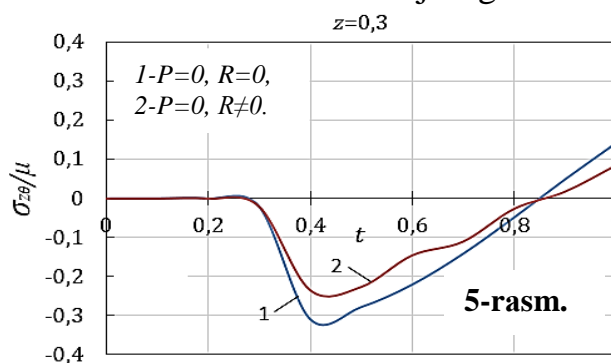
2-rasmda faqat tashqi kuch hisobga olingan (1-chiziq), tashqi kuch va qovushoq suyuqlikning reaksiyasi hisobga olinmagan (2-chiziq), tashqi kuch va qovushoq suyuqlikning reaksiyasi hisobga olingan (3-chiziq) hollarda vaqtning $t=1$ payti uchun sterjen sirtidagi nuqtalarning U_θ buralma ko'chishlarining koordinatadan bog'liq o'zgarishlari



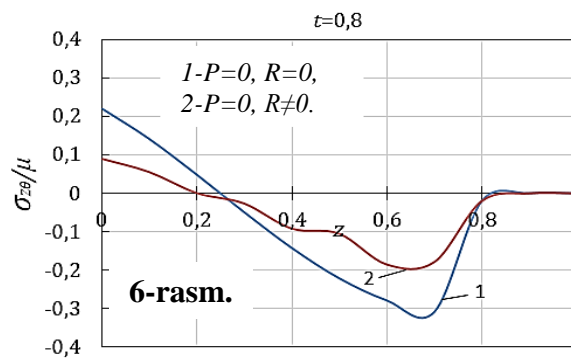
4-rasmda tashqi P kuchi hisobga olinmagan ($P=0$) hamda qovushoq suyuqlikning R reaksiyasi hisobga olingan ($R \neq 0$) hollarda sterjenning turli kesimlari ($z=0,2; 0,4; 0,6; 0,8$) chetlaridagi nuqtalarining U_θ buralma ko'chishining vaqtdan bog'liq o'zgarishlari grafiklari taqdim etilgan.

Bobning beshinchi paragrafida qovushoq suyuqlik oqimidagi doiraviy sterjenning buralma tebranishlarida urinma kuchlanishlar hisobi bajarilgan.

5-rasmda tashqi P kuchi hisobga olinmagan hamda qovushoq suyuqlikning R reaksiyasi hisobga olinmagan (1-chiziq) va olingan (2-chiziq) hollarda sterjenning turli kesimlari ($z=0,3; 0,6$) chetlaridagi nuqtalarda $\sigma_{z\theta}(z,t)$ urunma kuchlanishning vaqtdan bog'liq o'zgarishlari grafiklari taqdim etilgan.



6-rasmda tashqi P kuchi hisobga olinmagan hamda qovushoq suyuqlikning R reaksiyasi hisobga olinmagan (1-chiziq) va olingan (2-chiziq) hollarda vaqtning turli paytlarida ($t = 0, 4; 0, 8$) mos kesimlar chetilardagi nuqtalarda $\sigma_{z\theta}(z, t)$ urunma kuchlanishning koordinatadan bog'liq o'zgarishlari grafiklari tasvirlangan.



XULOSA

1. Qovushoq suyuqliklar oqimlari bilan ta'sirlashuvchi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamning nostatsionar tebranishlar tenglamalarini keltirib chiqarish usuli ishlab chiqildi. Usul doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlam buralma tebranishlari uchun qovushoq-elastiklik chiziqli nazariyasi masalasining Fur'e va Laplas integral transformatsiyalaridagi umumiy yechimidan foydalanishga asoslangan.

2. Qovushoq suyuqliklar oqimlari bilan ta'sirlashuvchi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamning nostatsionar buralma tebranishlari tenglamalarining yechimlari yordamida qaralayotgan gidroqovushoq-elastik sistema ixtiyoriy nuqtasining KDH ni bir qiymatli aniqlash algoritmi ishlab chiqildi.

3. Ichki va tashqi qovushoq suyuqliklar oqimlaridagi silindrik elastik qobiqning garmonik buralma tebranishlari masalasi yechildi. Olingan natijalardan ko'rinadiki, chastotalar egri chiziqlari bu holatda ham dispersiya hodisasi to'liq sonining asosan $k \leq 3$ qiymatlarida sodir bo'ladi. Xususan, eng past tebranishlar chastotasi suyuqliklar zichliklari teng bo'lgan holda sodir bo'ladi, eng yuqori chastotalar esa tashqi suyuqlik zichligi katta qiymatlarda o'rinli.

4. Ichki va tashqi qovushoq suyuqliklar oqimlaridagi doiraviy silindrik qovushoq-elastik qatlamning garmonik buralma tebranishlari masalasi qatlam materialining qovushoq-elastiklik xususiyatlari hisobga olinib tadqiq etildi. Bunda qovushoq-elastiklik integral operatorining yadrosi eksponensial ko'rinishda, qovushoqlik va relaksatsiya parametrlari uch xil qiymatga ega holatlar tahlil qilindi.

5. Doimiy tezlik bilan harakatlanuvchi qovushoq suyuqlik oqimidagi uzunligi chekli, bir uchi erkin, ikkinchi uchi qistirib mahkamlangan elastik sterjenning sirtiga suyuqlik ta'siridan tashqari dinamik yuk ham ta'sir etuvchi, erkin uchiga kinematik zarba qo'yilgan sterjenning nuqtasidagi kuchlangan-deformatsiyalangan holat parametrlarini fazoviy z koordinata va t vaqtga bog'liq ravishda aniqlash masalasi sonli yechildi. Olingan natijalar bo'yicha buralma ko'chish va urunma kuchlanishlar grafiklari asosida amaliy xulosalar chiqarildi.

**УЧЕНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСВОЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 ПРИ САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ
ШАРАФА РАШИДОВА**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА**

ГАДАЕВ АЗИЗ БЕРДИЯРОВИЧ

**НЕСТАЦИОНАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРУГОВОЙ
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ДВИЖУЩИМИСЯ
ВНУТРЕННЕЙ И ВНЕШНЕЙ ВЯЗКИМИ ЖИДКОСТЯМИ**

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

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

Самарканд – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2023.2.PhD/FM878.

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:	Худойназаров Хайрулла доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Тўлқин Мавланов доктор технических наук, профессор Абдусаттаров Абдусамат доктор физико-математических наук, профессор
Ведущая организация:	Наманганский инженерно-строительный институт.

Защита диссертации состоится «__» _____ 2024 г. в ____ часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 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 № __). (Адрес: 140104, г.Самарканд, Университетский бульвар, 15. Тел: (99866) 239-11-40;. Факс: (99866) 239-11-40.)

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2024 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2024 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 докторской (PhD) диссертации)

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире особое значение придается вопросам снижения материалоемкости, повышения надежности и долговечности при изготовлении цилиндрических оболочек круглого сечения, которые являются составными частями различных инженерных конструкций, взаимодействующих с газовыми, жидкими или твердыми средами. В настоящее время в развитых странах необходимость подобных исследований в инженерной практике является одной из важнейших задач в области строительства и машиностроения, любая конструкция с течением времени подвергается нагрузкам, что влияет на ее устойчивость или прочность. Исследование динамики таких систем является актуальной проблемой механики. Особое внимание уделено решению таких задач, как избавление от чрезмерных динамических нагрузок в соответствии с механическими свойствами жидкостей и газов путем выбора геометрических размеров труб и физико-механических свойств материала.

Во многих странах мира с высокоразвитой наукой и техникой проводятся научные исследования, направленные на обеспечение устойчивости элементов конструкций к внешним нагрузкам и учет реологических, вязкоупругих и анизотропных свойств материалов в процессе их динамического расчета и повышения эффективности. Поэтому в различных областях современной науки, техники и строительства в пределах технических требований к обеспечению конструкционной долговечности материалов и элементов на их основе разрабатываются расчетные модели этих элементов, различные физико-механические (вязкоупругость, ползучесть, анизотропия) свойств веществ, и, задача создания с учетом воздействия внутренней и внешней среды и совершенствования методов расчета конструктивных элементов и создания совершенно новых математических моделей считается приоритетной создавать прочные материалы конструкции. Поэтому считается важным создание математических моделей нестационарных вибрационных процессов с учетом различных нетрадиционных свойств элементов конструкций, а также исследование их напряженно-деформированного состояния.

В нашей республике получены определенные результаты по созданию математической модели расчета деформирования инженерных устройств под воздействием импульсных, сейсмических и периодических динамических нагрузок в различных отраслях народного хозяйства и широкому ее применению на практике, и принимаются комплексные меры. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, включающей «модернизацию производства, техническое и технологическое обновление производства, постепенное внедрение экономически эффективных и эффективных современных технологий²...» определены важные задачи. При ре-

²Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

шении этих вопросов, в частности, важным становится повышение долговечности инженерных сооружений с учетом воздействия окружающей среды и других свойств веществ.

В некоторой степени данное диссертационное исследование служит для выполнения задач, поставленных в нормативных актах, относящихся к данной сфере деятельности, таких как Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП - № 4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановления Президента Республики Узбекистан от 9 августа 2017 года № ПП-3190 «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», от 27 апреля 2018 года ПП -3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», от 2 февраля 2018 года № ПП -3502 «О мерах по обеспечению в 2018 – 2022 годах генеральными планами населенных пунктов, улучшению деятельности проектных организаций, а также повышению качества подготовки специалистов в сфере градостроительства» и других нормативно-правовых документов, связанных с данной сферой деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.

Работа выполнена в рамках IV. «Математика, механика и информатика» приоритетного направления развития науки и технологий республики Узбекистан.

Степень изученности проблемы.

На современном этапе развития класс задач гидромеханики с учетом различных физико-механических свойств материалов, влияния взаимодействующих сред, в частности влияния различных жидкостей (идеальных, вязко-сжимаемых и несжимаемых), материалов и вопросов их совершенствования и разработка моделей нестационарного деформирования конструкций на их основе, пока не нашли своего решения. К этому же классу задач относится и разработка методов учета деформационно-напряженных свойств материалов в рамках усовершенствованных моделей, направленных на работу в условиях контакта с внутренней и внешней средами и влияния динамических внешних факторов.

Проблемы нестационарного взаимодействия элементов инженерных конструкций в виде оболочек, пластин и стержней, контактирующих с окружающей средой, в частности, с идеальной жидкостью, изучались многими исследователями и обобщены во многих монографиях. Особенно хорошо здесь изучены вопросы нестационарного взаимодействия круговых цилиндрических оболочек с идеальной сжимаемой жидкостью. В то же время вопросы взаимодействия цилиндрических полых слоев и оболочек произвольной толщины с вязкими сжимаемыми жидкостями освещены в очень немногих работах.

Некоторые результаты для некоторых частных случаев нестационарного деформирования сферических и цилиндрических оболочек вязкой жидкостью описаны в исследованиях В. Г. Губенко и В. Н. Кузнецова (1980), В. Д. Кубенко (1982), А. С. Вольмира (1979), А. Э. Бабаева (1984). Можно сказать, что в целом, для изучения поведения вязкой жидкости, новое направление было получено в работе Д'Армонд Р.П. и Рауле В.Т. [66]. Потому что именно в этой работе общее решение уравнений Наве-Стокса для движения вязкой несжимаемой жидкости было представлено как решения отдельных уравнений второго порядка относительно пары потенциальных функций. Позднее эти результаты были обобщены на вязкие сжимаемые жидкости в работах А. Н. Гуза [56,58]. Следует отметить, что из результатов А.Н. Гузя можно получить результаты Р.П. Д'Армонда, как частный случай. Используя результаты этих работ, можно исследовать задачи нестационарного взаимодействия деформируемых твердых тел с вязкой жидкостью, в отличие от классических методов постановки и решения задач. Поэтому остается важный комплекс вопросов, которые остаются актуальными в этой области, но недостаточно изучены. Одной из задач является создание точных и эффективных, приближенных, аналитических и численных методов исследования влияния взаимодействующих элементов на напряженно-деформированное состояние вязких сжимаемых и несжимаемых жидкостей с учетом разнообразия граничных условий и сложности внешних нагрузок.

В настоящее время проводится множество исследований по приведению трехмерной задачи вязкоупругости к двумерной с помощью инженерно-математических методов. Однако эти исследования не полностью решили проблему. Проанализировав большинство этих исследований, В.М. Даревский пришел к выводу, что «проблема сведения трехмерной задачи к двумерной является неполной, и построение логически связанных и математически обоснованных алгоритмов остается актуальным» [6]. Решение этой проблемы для тел различной геометрии продолжается и сегодня, что подтверждается многочисленными публикациями отечественных и зарубежных ученых [1-3,25,40,72]. В данной диссертационной работе к числу перечисленных проблем относится проблема исследования нестационарных колебаний круговых цилиндрических вязкоупругих оболочек и стержней, взаимодействующих с внутренним и внешним потоками вязкой жидкостей, движущихся с постоянными скоростями.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного заведения, где выполнена диссертационная работа.

Диссертационное исследование соответствует с планами научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова по теме «Исследование устойчивости и колебания дискретно-непрерывных систем, взаимодействующих с деформируемой средой» (2010-2025 гг.).

Цель исследования. Целью исследования, представленного в диссертации, является разработка методики вывода общих и уточненных

уравнений нестационарных колебаний цилиндрических вязкоупругих оболочек и стержней, взаимодействующих с внутренним и внешним потоками вязких сжимаемых жидкостей под действием динамических внешних нагрузок; исследование колебаний цилиндрических слоев и оболочек на основе полученных уравнений с учетом взаимодействующих жидкостей; исследование влияния жидкости на физико-механические параметры рассматриваемой гидро-вязко-упругой системы.

Задачи исследования:

разработка новой математической модели динамического расчета нестационарных крутильных колебаний кругового цилиндрического слоя, оболочки и стержня, взаимодействующих с внутренними и внешними потоками вязкой сжимаемой жидкости, под действием динамических нагрузок;

создание алгоритма определения напряженно-деформированного состояния кругового цилиндрического слоя, оболочки и стержня при нестационарных крутильных колебаниях, в точках произвольного их сечений с учетом влияния потоков внутренней и внешней вязких сжимаемых жидкостей, текущие с постоянными скоростями;

решение прикладных задач о нестационарных крутильных колебаниях кругового цилиндрического слоя, оболочки и стержней, взаимодействующих с внутренними и внешними потоками вязкоупругих сжимаемых жидкостей, с учетом влияния внешних динамических и кинематических нагрузок, а также создание соответствующего метода расчета;

решение задачи о нестационарных, крутильных колебаниях упругого стержня в потоке вязкой жидкости с постоянной скоростью под действием усилий, создаваемых в результате совместного воздействия кинематического удара со стороны свободного конца и распределенных сил, действующих на поверхности и разработка методов определения напряженно-деформированного состояния в сечении;

исследование влияния вязкоупругих характеристик на пространственные координатно-временные закономерности компонент тензора напряжений и составляющих вектора смещения в точках гидро-вязко-упругой системы на примере круговых цилиндрических оболочек.

В качестве **объекта исследования** приняты круглые цилиндрические вязкоупругие оболочки и стержни, которые широко используются в различных областях современной техники и строительства.

Предметом исследования является исследование нестационарных колебаний цилиндрической вязкоупругой оболочки и стержня, взаимодействующих с внутренним и внешним потоками вязких сжимаемых жидкостей под действием различных внешних динамических нагрузок.

Методы исследования. В ходе исследований использовались методы интегральных преобразований Фурье и Лапласа, методы исследования гармонических волн, конечных разностей, точного решения трехмерной

задачи теории упругости, а также другие эффективные методы исследования математической физики как основные методы исследования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствована математическая модель динамического расчета нестационарных крутильных колебаний круговых цилиндрических слоев, оболочек и стержней под действием динамических напряжений с учетом взаимодействия сжимающих жидкостей с внутренними и внешними потоками;

методом конечных вычетов создан алгоритм определения напряженно-деформированного состояния круговых цилиндрических слоев, оболочек и стержней при нестационарных крутильных колебаниях, в точках его произвольного поперечного сечения, с учетом влияния потоков жидкостей, протекающих с постоянными скоростями, внутренней и внешней вязких сжимающих жидкостей;

были поставлены и создан подходящий метод расчета практических задач о нестационарных крутильных колебаниях круговых цилиндрических слоев, оболочек и стержней, взаимодействующих с внутренними и внешними потоками вязкоупругих сжимающих жидкостей, с учетом влияния внешних динамических и кинематических напряжений;

в процессе нестационарных крутильных колебаний кругового упругого стержня в потоке движущейся вязкой жидкости с учетом динамических сил, действующих на поверхность стержня, и кинематического удара, приложенного к свободному концу, был разработан эффективный метод определения упругих напряжений, возникающих в сечениях стержня.

Практические результаты исследования заключается в следующем:

разработана новая математическая модель динамического расчета нестационарных крутильных колебаний кругового цилиндрического слоя, оболочки и стержней, взаимодействующих с внутренними и внешними потоками вязкой сжимаемой жидкости, под действием динамических напряжений;

с учетом влияния течений внутренней и внешней вязкой сжимаемой жидкости, текущих с постоянными скоростями, создан алгоритм определения напряженно-деформированного состояния в точках произвольного сечения кругового цилиндрического слоя, оболочки и стержней при нестационарных крутильных колебаниях;

решение задачи о нестационарных, крутильных колебаниях упругого стержня при совместном действии кинематического удара со стороны свободного конца и распределенных сил, действующих на его поверхность, а также при течении вязкой жидкости с постоянной скоростью, разработан алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния на его участках, позволяющий провести численный расчет с использованием математических пакетов;

основан расчет влияния вязкоупругих характеристик на пространственную координату и временные законы составляющих тензора напряжений и вектора перемещений в точках гидровязкоупругой системы на возможности

их применения для оптимизации прочностных параметров круговых цилиндрических оболочек.

Достоверность результатов исследования. Полученные в диссертационной работе результаты, получены применением строгих методов математической физики и численных алгоритмов решения проблем, поставленных на основе актуальных требований современных технологий и строительства. Достоверность представленных уравнений крутильных колебаний и их аналитико-численных решений подтверждаются результатами систематических сравнений с результатами других авторов, в частном не учитывающим влияние жидкости случае, с выводами линейной классической теории для круговых цилиндрических оболочек и стержней.

Научная и практическая значимости результатов исследования. Научная значимость результатов исследований состоит в разработке и развитии метода вывода уравнений нестационарных крутильных колебаний кругового цилиндрического слоя, оболочки и стержня, взаимодействующих с внутренним и внешним потоками вязких сжимаемых жидкостей под действием динамических нагрузок, методов, разработанных для решения новых практических задач о крутильных колебаниях вязкоупругих стержней и оболочек при динамических нагрузках, в частности, объясняется возможностями обобщения для конических оболочек и стержней, взаимодействующих с потоками вязких сжимаемых жидкостей.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке численных и полуаналитических алгоритмов решения практических задач, направленных на определение характеристик напряженно-деформированного состояния при нестационарных крутильных колебаниях круговых цилиндрических упругих оболочек и стержней находящихся в потоке вязкой жидкости и под действием внешних динамических нагрузок; исходя из универсальности полученных выводов, обобщать их для исследования данного типа задач математической физики; практическая значимость результатов объясняются еще и тем, что их можно применять для частных случаев с учетом вязкоупругости, ползучести, температуры и других подобных свойств материалов.

Внедрение результатов исследований основано на результатах, полученных при нестационарном взаимодействии круговой цилиндрической оболочки с внутренними и внешними движущимися вязкими жидкостями:

проведенная исследовательская работа по определению результатов расчета напряжений в произвольных точках трубопровода, по которому протекают жидкости высокого давления, рассматривая его как цилиндрическую оболочку под действием динамических нагрузок, была внедрена в практику ООО «Иштихон транс» город Джиззак (справочник Ассоциации "Узпромстройматериалы" Республики Узбекистан от 3 мая 2024 года № 02/15 - 1333). В итоге в сечениях труб были выявлены наивысшие радиальные напряжения, возникающие при движении жидкости с постоянной скоростью под высоким

давлением, на основании которых результаты оптимизации параметров прочности в трубопроводах дали возможность сократить сметные затраты на прокладку труб на 6%

применена в трубопроводах, используемых для водоснабжения многоквартирных домов, расчет компонентов напряжения для нахождения параметров прочности круглой цилиндрической оболочки, содержащей вязкую жидкость, протекающую с постоянной скоростью, в соответствии с соответствующими критериями внедрен в практику на различных строительных объектах предприятия ТЭЦ «МУКАЙЯС групп» город Самарканд (справочник Ассоциации "Узпромстройматериалы" Республики Узбекистан от 3 мая 2024 года № 02/15 - 1333). В итоге в полимерных трубопроводах, применяемых для водоснабжения многоквартирных домов, расчеты составляющих напряжений для нахождения параметров прочности круглой цилиндрической оболочки, содержащей вязкую жидкость, протекающую с неизменной скоростью, в соответствии с соответствующими критериями показали, что эти напряжения отличаются от результатов, полученных применяемым методом. Такой метод расчета позволил сэкономить материалоемкость до 3-5%, финансовые затраты до 4%, затраты на прокладку труб до 7-8%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 3 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях, научных семинарах кафедры Теоретической и прикладной механики, научном семинаре при научном совете по присуждению ученых степеней при Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова.

Публикация результатов исследования. Всего по теме исследования опубликовано 13 научных работ, в том числе 8 научных статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD) ВАК Республики Узбекистан, в том числе 5 в республиканских, 3 в зарубежных изданиях (2 в журналах в международной базе данных SCOPUS).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

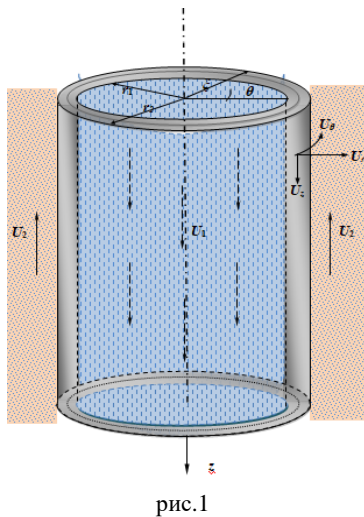
Во вводной части диссертационной работы обосновывается необходимость и актуальность темы диссертации, кратко излагаются цель исследования, задачи, поставленные в рамках диссертационной работы, а также основные научные новации работы. Описаны научная и практическая значимость результатов научно-исследовательской работы, количество и уровень конференций и семинаров, на которых были представлены результаты, полученные в диссертации, а также структура и объем диссертации.

Первая глава диссертации под названием «**Колебания элементов конструкций, находящихся под воздействием вязкой жидкости**»,

посвящена анализу научной литературы, посвященной изучению статических и динамических состояний элементов конструкций, взаимодействующих с идеальными и вязкими жидкостями, в частности, круговых цилиндрических оболочек, стержней и других подобных элементов. Она посвящена разработке общей программы дальнейших исследований, проводимых в рамках диссертации, и выбору основных уравнений движения круглого вязкоупругого тела поперечного сечения.

В первом параграфе дается комментарий к исследованию нестационарных колебаний вязкоупругих круговых цилиндрических оболочек и стержней, рассматривая проблемы статических и динамических состояний конструктивных элементов, взаимодействующих с идеальными и вязкими жидкостями, в частности круговых цилиндрических оболочек и стержней, а также других подобных элементов, а также обзор научной литературы, посвященной исследованию с учетом геометрических и физико-механических свойств материалов. Приведен обзор исследований нестационарных колебаний вязкоупругих круговых цилиндрических оболочек и стержней. Анализируемые научно-теоретические и экспериментальные исследования, научные работы, основанные на математических точных и приближенных методах, отбирались по критерию их соответствия теме настоящей диссертации. При этом основное внимание сосредоточено на анализе колебаний круговых цилиндрических оболочек и стержней под воздействием взаимодействующих с ними внутренних и внешних сред, внешних динамических, кинематических и других сил и опубликованным в последнее время.

Во втором параграфе в рамках диссертационной работы представлены основные уравнения и зависимости движения точек вязкой сжимаемой жидкости и цилиндрического вязкоупругого слоя. Рассматривается однородный изотропный круговой цилиндрический вязкоупругий слой в цилиндрической системе координат (r, θ, z) . При этом, ось Oz направлен вниз по оси симметрии цилиндра. Здесь r – радиальная координата; θ – угловая координата; z – продольная координата; r_1 и r_2 – внутренний и внешний радиусы поперечного сечения слоя, $r_1 < r_2$. Толщины слоя $h = r_2 - r_1$ и зависит от радиусов r_1 и r_2 . Учитывая, что цилиндрический слой является трехмерным телом и строго подчиняется законам математической теории вязкоупругости, воспользуемся трехмерными уравнениями движения этой теории. Полагая, что смещения точек слоя малы, обозначим $U_k(r, \theta, z, t)$, ($k = r, \theta, z$) компоненты векторов смещений через (рис.1), а компоненты тензоров напряжений и деформаций через σ_{ij} , ε_{ij} ($i, j = r, \theta, z$) и ε_{rr} , ε_{zz} , $\varepsilon_{\theta\theta}$, ε_{rz} , $\varepsilon_{r\theta}$, $\varepsilon_{z\theta}$ соответственно.



Для вязкоупругого тела соотношения между напряжениями и деформациями в цилиндрической системе координат примем в виде следующих интегральных соотношений Больцмана-Вольтерра

$$\sigma_{ii} = L_1(\varepsilon) + 2M(\varepsilon_{ii}), \quad \sigma_{ij} = M(\varepsilon_{ij}), \quad i \neq j; \quad (1)$$

здесь ε - объёмная деформация; L_1, M - вязкоупругие операторы

$$(L_1, M)\zeta = (\lambda, \mu) \left[\zeta(t) - \int_0^t [f_1(t-\tau), f_2(t-\tau)] \zeta(\tau) d\tau \right]; \quad (2)$$

λ, μ - коэффициенты Ламе; $f_1(t), f_2(t)$ - произвольные ядра операторов вязкоупругости. Предполагается, что существуют обратные операторы вязкоупругости $-L_1, M$. В том случае, когда не учитываются объёмные силы и коэффициент Пуассона рассматриваемого вязкоупругого материала не изменяется во времени, трехмерные уравнения движения точек вязкоупругого слоя принимаются в виде следующей системы волновых уравнений

$$a^2 \Delta \Phi = M_0^{-1}(\ddot{\Phi}), \quad b^2 \Delta \psi_i = M_0^{-1}(\ddot{\psi}_i), \quad (i=1,2) \quad (3)$$

здесь

$$M_0(\zeta) = \zeta(t) - \int_0^t f(t-\tau) \zeta(\tau) d\tau;$$

$a = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$, $b = \sqrt{\mu/\rho}$ - скорости распространения продольных и поперечных волн в материале слоя, соответственно; Φ, ψ_1, ψ_2 - потенциальные функции.

Колебания частиц вязкой сжимаемой жидкости считается малыми. В этом случае движение вязкой жидкости описывается на основе теории линейных малых колебаний с помощью известных уравнений Навье-Стокса

$$\left[\left(1 + \frac{4\nu'_i}{3a_i^2} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) \right) \Delta - \frac{1}{a_i^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} \pm 2U_i \frac{\partial^2}{\partial t \partial z} + U_i^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \right] G_i = 0, \quad i=1,2, \quad (4)$$

$$\Delta \chi_{1i} - \frac{1}{\nu'_i} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{1i} = 0, \quad \Delta \chi_{2i} - \frac{1}{\nu'_i} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{2i} = 0, \quad i=1,2. \quad (5)$$

Закон Навье-Стокса связи между тензором напряжений и скоростями деформаций в точках нахождения частиц жидкости имеют вид

$$p_{ij} = -p\delta_{ij} - \frac{2\mu'}{3} \delta_{ij} \operatorname{div} \vec{V} + \mu' e_{ij}, \quad e_{ij} = \frac{1}{2} (V_{i,j} + V_{j,i}) \quad (i, j = r, \theta, z) \quad (6)$$

Также воспользуемся уравнением неразрывности

$$\frac{1}{\rho'_0} \frac{d\rho'}{dt} + \operatorname{div} \vec{V} = 0, \quad (7)$$

и линейным уравнением состояния

$$\frac{\partial p}{\partial \rho'} = a_0^2, \quad a_0 = \operatorname{const}. \quad (8)$$

Были приняты следующие общие обозначения (4) – (7): G, χ_{1i}, χ_{2i} - потенциальные функции; P_{ij} ($i, j = r, \theta, z$) - компоненты тензора напряжений в жидкости; \vec{V} - вектор скорости произвольной частицы жидкости; V_i ($i = r, \theta, z$) - компоненты

вектора скорости произвольной частицы жидкости; ρ'_0 - плотность жидкости в состоянии покоя; ρ' - плотность возмущенной жидкости; a_0 - скорость звука в покоящейся жидкости; p - возмущенное давление жидкости; $\mu' = \rho'_0 \nu'$ - коэффициент вязкости; ν' - кинематический коэффициент вязкости; Δ - дифференциальный оператор Лапласа. Также в этом пункте тензоры напряжений в точках цилиндрической оболочки и вязкой жидкости, компоненты векторов перемещений и скорости частиц жидкости выражаются через потенциальные функции.

В третьем параграфе главы изложен метод разработки уравнений нестационарных колебаний вязкоупругого цилиндрического слоя, взаимодействующего с внутренним и внешним потоками жидкости. При выводе уравнений колебаний потенциальные функции, представленные во втором пункте, рассматриваются в классе функций, представимых в следующем виде

$$\zeta(r, z, t) = \int_{(l_1)} \int_{(l_2)} \zeta^{(0)}(r) e^{pt+kz} dk dp, \quad (9)$$

здесь $-\pi < \arg p < \pi$, $-\pi < \arg k < \pi$, l_1, l_2 - открытые контуры, примыкающие справа к участкам $(-ip_0, ip_0)$ и $(-ik_0, ik_0)$ мнимой оси, соответственно. Для вывода уравнений колебаний ниже используется представление потенциальных функций $\Phi, \psi_1, \psi_2, G, \chi_{1i}, \chi_{2i}$ в виде (9); $\zeta^{(0)}(r)$ - функция изображения функции $\zeta(r, z, t)$ интегральной подстановкой (9), $\zeta(r, z, t)$ - функция называется оригиналом. Представление функций в виде (9) дает возможность строго дифференцировать функции для слоя Φ, ψ_1, ψ_2 и для потоков жидкости G, χ_{1i}, χ_{2i} под знаком интеграла по координатам r, θ, z и времени t при выполнении заданных условий.

Применим преобразование потенциальных функций $\Phi, \psi_1, \psi_2, G, \chi_{1i}, \chi_{2i}$ (9) к волновым уравнениям (3) точек кругового цилиндрического слоя и уравнениям движения (4) - (5) частиц текущей жидкости и получим простые дифференциальные уравнения Бесселя для изображения функций $\Phi^{(0)}, \psi_m^{(0)}, G_i^{(0)}, \chi_{mi}^{(0)}$ ($m, i = 1, 2$):

$$\left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \alpha^2 \right] \Phi^{(0)} = 0, \quad \left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \beta^2 \right] \psi_m^{(0)} = 0, \quad (m = 1, 2) \quad (10)$$

$$\left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \gamma_i^2 \right] G_i^{(0)} = 0, \quad \left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \delta_i^2 \right] \chi_{mi}^{(0)} = 0, \quad (m, i = 1, 2) \quad (11)$$

здесь

$$\alpha^2 = \frac{p^2}{a^2} M_0^{-1} - k^2, \quad \beta^2 = \frac{p^2}{b^2} M_0^{-1} - k^2, \quad M_0 = 1 - f^{(0)}(p); \quad f^{(0)}(p) = \int_0^\infty f(t) \cdot e^{-pt} dt;$$

$\gamma_i^2 = \frac{3(p \pm U_i k)^2}{3a_i^2 + 4\nu_i(p \pm U_i k)} - k^2$; $\delta_i^2 = \frac{p \pm U_i k}{\nu_i} - k^2$; k, p - параметры интегральной преобразований.

Ограниченные общие решения при $r = 0$ и $r \rightarrow \infty$ полученных уравнений (10) и (11) выражаются через модифицированные функции Бесселя. Общие решения уравнений (10) для цилиндрического слоя имеют вид

$$\Phi^{(0)}(r) = A_1 I_0(\alpha r) + A_2 K_0(\alpha r), \psi_m^{(0)}(r) = B_{m1} I_0(\beta r) + B_{m2} K_0(\beta r), (m = 1, 2) \quad (12)$$

Аналогично общие решения уравнений (11)

$$\text{при } r < r_1 \quad G_1^{(0)} = C_1 I_0(\gamma_1 r), \chi_{m1}^{(0)} = D_{m1} I_0(\delta_1 r). \quad (13)$$

$$\text{при } r > r_2 \quad G_2^{(0)} = C_2 K_0(\gamma_2 r), \chi_{m2}^{(0)} = D_{m2} K_0(\delta_2 r), \quad (14)$$

здесь $A_1(k, p)$, $A_2(k, p)$, $B_{m1}(k, p)$, $B_{m2}(k, p)$, $C_{mi}(k, p)$, $D_{mi}(k, p)$ – произвольные постоянные относительно радиальной координаты; $I_0(z)$ и $K_0(z)$ – модифицированные функции Бесселя.

Изображения компонент тензоров напряжений, векторов смещений точек цилиндрического слоя и всех компонент векторов скоростей частиц жидкости выражались через точные решения, полученные для изображений потенциальных функций (12) – (14). С учетом типа колебаний и граничных условий рассматриваемой гидроупругой системы эти выражения будут использоваться при формулировке конкретных практических задач.

Во второй главе диссертации под названием «**Крутильные колебания кругового цилиндрического вязкоупругого слоя, взаимодействующего с потоками вязких жидкостей**», выведены уравнения нестационарных крутильных колебаний круговых цилиндрических вязкоупругих оболочек и стержней с учетом реакций взаимодействующих жидкостей, без введения гипотез геометрического и механического характера с использованием общего решения трехмерной задачи математической теории упругости.

В первом параграфе главы рассмотрены крутильные колебания кругового цилиндрического слоя под действием потоков внутренней и внешней вязкой сжимаемой жидкости, текущих с постоянными скоростями. На основании уравнений движения кругового цилиндрического слоя и движения жидкости, а также симметрии задачи относительно оси, уравнения движения указанной гидро-вязко-упругой системы, совершающей крутильные колебательные движения, состоят из следующей системы уравнений

$$\begin{cases} \Delta_0 \chi_{11} - \frac{1}{v_1'} \left(\frac{\partial}{\partial t} + U_1 \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{11} = 0, & r < r_1; \quad \Delta_0 \chi_{12} - \frac{1}{v_2'} \left(\frac{\partial}{\partial t} - U_2 \frac{\partial}{\partial z} \right) \chi_{12} = 0, & r > r_2 \\ \Delta_0 \psi_1 = \frac{1}{b^2} M_0^{-1} \left[\frac{\partial^2 \psi_1}{\partial t^2} \right], & r_1 \leq r \leq r_2; \quad \Delta_0 = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2}{\partial z^2}. \end{cases} \quad (15)$$

Крутильные колебания рассматриваемой гидро-вязко-упругой системы «жидкость-вязкоупругий слой-жидкость» считаются возникающими под действием напряжений, приложенных на граничных поверхностях слоя [6]. Другими словами, в целом внешние напряжения $f_{r\theta}^{(1)}(z, t)$, $f_{r\theta}^{(2)}(z, t)$ воздействуют на внешние поверхности слоя. В дальнейшем мы будем называть их функциями внешнего воздействия. Также должны выполняться динамические условия, выраженные в отношении напряжений на поверхности контакта цилин-

дрического слоя с потоком жидкости. Таким образом, на контактных поверхностях цилиндрического слоя и жидкостей должны выполняться следующие условия:

$$\sigma_{r\theta}(r_1, z, t) = -P_{r\theta 1}(r_1, z, t) + f_{r\theta}^{(1)}(z, t), \quad \sigma_{r\theta}(r_2, z, t) = -P_{r\theta 2}(r_2, z, t) + f_{r\theta}^{(2)}(z, t). \quad (16)$$

Предположим, что между частицами жидкости и точками вблизи поверхности на колеблющейся контактной поверхности отсутствует относительная скорость, то есть как нормальная, так и касательные составляющие относительной скорости равны нулю. В этом случае скорость частиц жидкости на поверхности, разделяющей среды (жидкую и деформируемую твердую), и скорости точек колеблющейся поверхности слоя должны быть равны друг другу. Следовательно, кинематические условия на контактной поверхности имеют следующий вид

$$\frac{\partial}{\partial t} U_\theta(r_1, \theta, z) = V_\theta^{(1)}(r_1, z, t), \quad \frac{\partial}{\partial t} U_\theta(r_2, \theta, z) = V_\theta^{(2)}(r_2, z, t). \quad (17)$$

Начальные условия задачи считаются равными нулю.

Подставив общие решения (12)-(14) к контактным условиям (16) и (17), к которым было применено приведенное выше преобразование (9), и применив к рим преобразования, типа обратных к (9), после нескольких математических подстановок была получена следующая система уравнений

$$\varphi_{11} U_{\theta,0} + \varphi_{12} U_{\theta,1} = \frac{1}{\mu} M_0^{-1} f_{r\theta}^{(1)}(z, t), \quad \varphi_{21} U_{\theta,0} + \varphi_{22} U_{\theta,1} = \frac{1}{\mu} M_0^{-1} f_{r\theta}^{(2)}(z, t), \quad (18)$$

где $U_{\theta,0}$ и $U_{\theta,1}$ – главные части крутильного перемещения U_θ

$$U_\theta = U_{\theta,0} + \xi U_{\theta,1}, \quad \xi = \frac{r_1}{2} \left(\chi - \frac{r_1}{r_2} \right), \quad \varphi_{i1} = 2 \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{r_i}{2} \lambda_2 + (n+2) R_i \right] \lambda_2^n \frac{(r_i/2)^{2n+1}}{n!(n+2)!}, \quad (i=1,2),$$

$$\varphi_{i2} = \xi \left[\frac{1}{2} \lambda_2 - \frac{2}{r_i^2} + \frac{1}{r_i} R_i + \sum_{n=0}^{\infty} \left[\lambda_2 \frac{r_i}{2} \eta_{2,n}(r_i) + (n+2) R_i \eta_{1,n}(r_i) \right] \lambda_2^{n+1} \frac{(r_i/2)^{2n+1}}{n!(n+2)!} \right]; \quad (19)$$

λ_2^n и γ^n операторы определяются в переменных (z, t) следующим образом:

$$\lambda_2^n = \left[\frac{1}{b^2} M_0^{-1} \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right]^n, \quad \gamma^n = \left[\frac{1}{v'} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm U_i \frac{\partial}{\partial z} \right) - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right]^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (20)$$

С учетом (20) реакции внутренней и внешней жидкости имеют в координатах (z, t) следующие виды

$$\left\{ \begin{aligned} R_1 &= -\frac{r_1 \mu'_1}{4\mu v'_1} M_0^{-1} \left\{ \frac{\partial^2}{\partial t^2} + 2U_1 \frac{\partial^2}{\partial t \partial z} + \left[U_1^2 - v'_1 \left(\frac{\partial}{\partial t} + U_1 \frac{\partial}{\partial z} \right) \right] \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right\}, \\ R_2 &= \frac{4\mu'_2}{r_2 \mu} M_0^{-1} \left(\frac{\partial}{\partial t} - U_2 \frac{\partial}{\partial z} \right). \end{aligned} \right. \quad (21)$$

Полученная система уравнений (20) представляет собой систему дифференциальных уравнений бесконечно высокого порядка для операторов γ^n , λ_2^n , R_1 и R_2 относительно главных частей смещений $U_{\theta,0}$ и $U_{\theta,1}$ промежуточных точек поверхности цилиндрического слоя. Эта система представляет собой общие уравнения крутильных колебаний гидро-вязко-упругой системы «поток

жидкости – слой – поток жидкости» относительно смещений промежуточных точек поверхности кругового цилиндрического вязкоупругого слоя.

Во *втором параграфе* решается задача определения напряженно-деформированного состояния гидровязкоупругой системы, состоящей из кругового цилиндрического вязкоупругого слоя и взаимодействующих вязких сжимаемых жидкостей. При этом с учетом влияния внутренних и внешних потоков вязкой сжимаемых жидкостей, текущих с постоянными скоростями, создан алгоритм определения напряженно-деформированного состояния кругового цилиндрического слоя, оболочки и стержней при нестационарных крутильных колебаниях, для произвольных точек выбранного сечения. При крутильных колебаниях рассматриваемой гидроупругой системы в данный алгоритм включены только крутильные перемещения U_θ точек цилиндрического слоя, напряжения $\sigma_{r,\theta}$ в ее сечениях, а также компоненты векторов скорости $V_{\theta i}$ ($i = 1, 2$) частиц потоков жидкости и напряжения $P_{r\theta i}$ и $P_{z\theta i}$ в точках вязкого жидкости, которые отличны от нуля. Указанные величины выражены через введенные новые функции $U_{\theta,0}$ и $U_{\theta,1}$, которые являются искомыми функциями в уравнениях крутильных колебаний рассматриваемой гидроупругой системы.

В *третьем параграфе* анализируется ряд предельных и частных случаев, предложенных в первом параграфе уравнений крутильных колебаний кругового цилиндрического вязкоупругого слоя, оболочки и стержней, взаимодействующих с внутренним и внешним потоками жидкостей, включая:

а) уравнения крутильных колебаний круглого стержня во внешнем потоке вязкой жидкости;

б) уравнения нестационарных крутильных колебаний тонкостенной цилиндрической вязкоупругой оболочки, взаимодействующей с потоками жидкости;

в) уравнения нестационарных крутильных колебаний тонкостенной цилиндрической вязкоупругой оболочки, взаимодействующей с покоящейся внутренней и внешней жидкостями. Для частного случая этих результатов сделаны следующие выводы: *реакция внешней покоящейся жидкости на колебания слоя или оболочки прямо пропорциональна производной первого порядка от смещения точек слоя или оболочки по времени, то есть скорости*; реакция внутренней покоящейся жидкости на колебания цилиндрического слоя или оболочки прямо пропорциональна ускорению точек слоя или оболочки и производной второго порядка от скорости точек слоя или оболочки по продольной координате.

В *четвертом параграфе* настоящей главы получены приближенные уравнения крутильных колебаний кругового цилиндрического вязкоупругого слоя, взаимодействующего с внутренним и внешним потоками вязкой жидкости, которые можно использовать при решении практических инженерных задач. Чтобы использовать полученную систему (18) при решении практических задач, необходимо ограничить число членов левых частей ее уравнений. Пред-

положим, что выполняются условия сходимости бесконечных степенных рядов, входящие в формулы (19), обоснованные на многих научных исследованиях, а также условия, связанные с областью применения «усеченных» уравнений, доказанные профессором Х. Худойназаровым. Исходя из этого, ограничим количество указанных членов бесконечного ряда. Для этого, если ограничиться нулевыми приближениями $n = 0$ этих рядов из (18) мы будем иметь систему приближенных уравнений

$$\begin{aligned} & \frac{r_i}{2} \left[\frac{r_i}{2} \lambda_{20} + 2R_{i0} \right] U_{\theta,0} + \frac{\xi}{r_i} \left\{ \frac{r_i}{2} \lambda_{20} - M_0 \left(\frac{2}{r_i} \right) + R_{i0} + \frac{r_i^2}{4} \lambda_{20} \left[\frac{r_i}{2} \eta_{2,0}(r_i) \lambda_{20} - 2\eta_{1,0}(r_i) R_{i0} \right] \right\} U_{\theta,1} = \\ & = \frac{1}{\mu} f_{r\theta}^{(i)}(z, t), \quad i = 1, 2. \end{aligned} \quad (22)$$

Если учесть выражения интегро-дифференциала операторов λ_2^n и γ^n (20) и реакций жидкостей (21), то нетрудно увидеть, что система уравнений (22) представляет собой систему интегро-дифференциальных уравнений 4-го порядка. Если в (19) ограничиться первым приближением в бесконечных рядах, то это приведет к системе интегро-дифференциальных уравнений 6-го порядка.

В рамках 3-й главы диссертации, названной «**Крутильные колебания кругового цилиндрического вязкоупругого слоя, оболочек и стержней, взаимодействующих с потоками вязких жидкостей**», на основе уравнений, предложенных во 2-й главе, поставлены и решены практические задачи о крутильных колебаниях упругих и вязкоупругих оболочек и стержней.

В первом параграфе исследуется задача о гармонических крутильных колебаниях цилиндрической упругой оболочки в внутреннем и внешнем потоках вязких жидкостей с постоянными скоростями. Для этого в качестве основных уравнений колебаний принята система уравнений, представляющая собой частный упругий случай уравнений (22). В данном частном случае операторы λ_2^n в уравнениях (22) имеют следующий вид

$$\lambda_2^n = \left[\frac{1}{b^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right]^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (23)$$

Поскольку в рассматриваемой задаче изучаются гармонические колебания, функции внешнего воздействия $f_{r\theta}^{(i)}(z, t)$, $i = 1, 2$ в правых частях уравнений полагаются равными нулю. Решение системы уравнений имеет следующий вид

$$U_{\theta,0} = \bar{U}_{\theta,0} e^{i(\omega t - kz)}, \quad U_{\theta,1} = \bar{U}_{\theta,1} e^{i(\omega t - kz)}. \quad (24)$$

Система соответствующих частотных уравнений была получена и решена с помощью пакета программ «Maple 17». Полученные результаты расчетов представлены в виде графиков зависимости круговой частоты крутильных колебаний упругой цилиндрической оболочки в потоке вязкой жидкости от волнового числа.

Во втором параграфе исследован вопрос о гармонических крутильных колебаниях кругового цилиндрического вязкоупругого слоя в потоках вязкой

жидкости. Для этого сама система уравнений (22) с выражением операторов λ_2^n (20) была принята в качестве основных уравнений колебаний. При этом $f(t-\tau)$ ядро интегрального оператора вязкоупругости (3) принимается в следующем регулярном виде

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{v_n}{\tau_n} e^{-\frac{t}{\tau_n}}, \quad \sum_{n=1}^{\infty} v_n = 1, \quad (25)$$

Здесь v_n – параметры вязкости тела; τ_n – времена релаксации. Получены численные результаты решения задачи. Результаты расчетов с учетом влияния внутренних и внешних потоков вязкой жидкости представлены в виде графиков зависимости круговой частоты крутильных колебаний вязкоупругой цилиндрической оболочки от волнового числа.

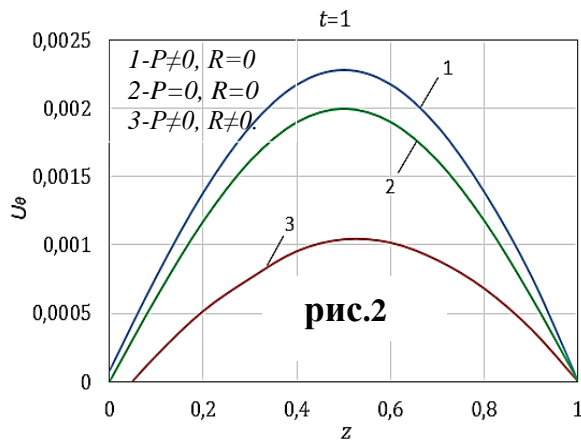
В третьем параграфе главы ставится следующий вопрос о крутильных колебаниях круглого упругого стержня в потоке вязкой сжимаемой жидкости: первоначально покоящийся круглый упругий стержень радиуса r_0 и длины l , помещается в потоке вязкой жидкости, которая движется с постоянной скоростью. Помимо воздействия вязкой жидкости на поверхность стержня, на нее влияет и динамическое напряжение $f_{r\theta}(z,t)$. Один конец стержня ($z=0$) свободен, другой конец ($z=l$) заземлен. Кинематический импульс $g(t)$, заданный как амплитуда перемещения, прикладывается к свободному концу стержня ($z=0$). Определить параметры напряженно-деформированного состояния в произвольном сечении стержня в зависимости от пространственной координаты z и времени t .

В качестве основного уравнения принято следующее уравнение крутильных колебаний стержня, полученное из (22)

$$\frac{r_0}{2} \lambda_2 U_{\theta,0} + \frac{8\mu_2'}{r_0\mu} \left(\frac{\partial}{\partial t} - U_2 \frac{\partial}{\partial z} \right) U_{\theta,0} = \frac{2}{\mu r_0} f_{r\theta}(z,t). \quad (26)$$

Функция напряжения в правой части уравнения взято в виде $f_{r\theta}(z,t) = P(z,t)/S_{yon}$. Расчеты сделаны для случая $P(z,t) = const.$. Кинематический удар по свободному концу стержня задается синусоидальной функцией и задача решается численно.

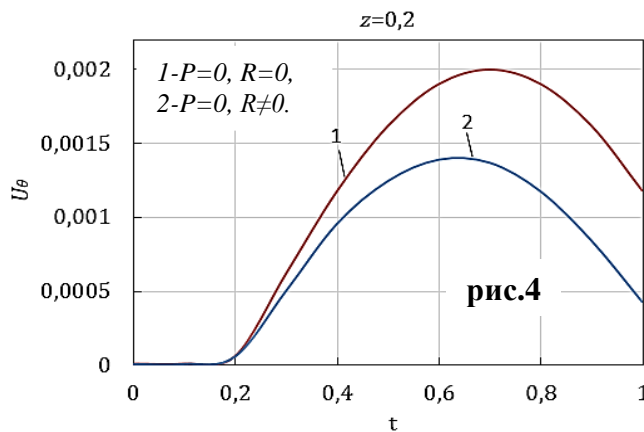
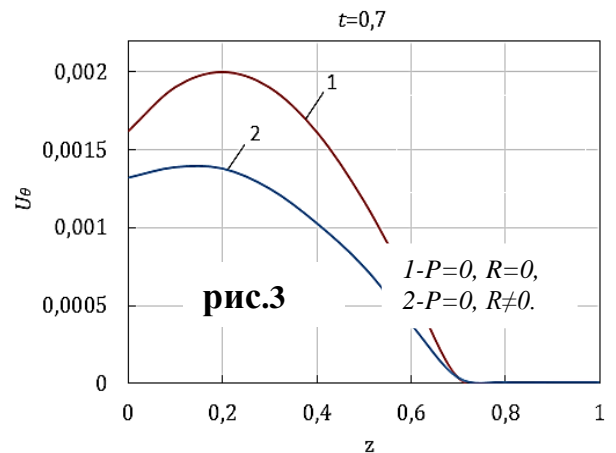
В четвертом параграфе главы выполнен расчет крутильных перемещений при крутильных колебаниях круглого стержня в потоке вязкой жидкости. Полученные результаты представлены в виде таблиц и графиков.



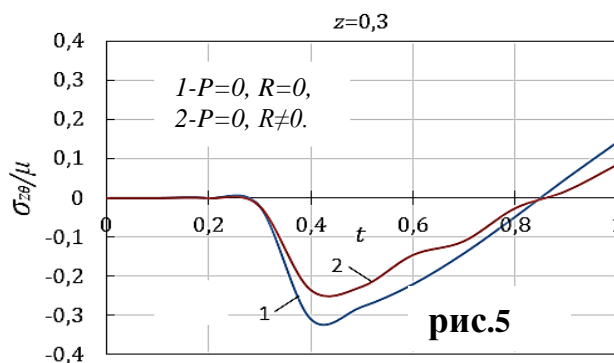
поверхности стержня за время $t=1$.

На рис.3 приведены графики изменений крутильных смещений точек U_θ на краях соответствующих сечений в зависимости от координат, где не учтена внешняя сила P и учтена ($P=0, R \neq 0$) и не учтена ($P=0, R=0$) реакция вязкой жидкости R в разные моменты времени ($t=0,3; 0,5; 0,7; 1,0$).

На рис.2 приведены графики, где учтена только внешняя сила (линия 1), реакция внешней силы и вязкой жидкости не учтена (линия 2), учтена реакция внешней силы и вязкой жидкости (строка 3) представлены графики координатно-зависимых изменений крутильных смещений точек U_θ



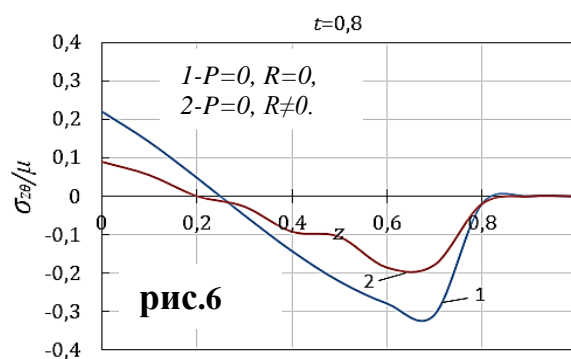
На рис. 4 представлены графики изменения крутильного смещения в зависимости от времени точек стержня различных участков ($z=0,2; 0,4; 0,6; 0,8$) в случаях, когда не учитывается внешняя сила ($P=0$) и учтена реакция вязкая жидкость ($R \neq 0$).



В пятом параграфе главы выполнен расчет касательных напряжений при крутильных колебаниях круглого стержня в потоке вязкой жидкости.

На рис. 5 представлены графики изменения касательных напряжений $\sigma_{z\theta}(z,t)$ во времени в точках различных сечений стержня $z=0,3; 0,6$. в случаях, когда внешняя сила P не учитывается, а реакция вязкой жидкости R не учитывается (строка 1) и учитывается (строка 2).

На рис. 6 представлены графики изменения касательных напряжений $\sigma_{z\theta}(z, t)$ в зависимости от координаты в точках на краях соответствующих сечений в разные моменты времени $t = 0,4; 0,8$, когда не учитывается внешняя сила P , а реакция вязкой жидкости R не учитывается (строка 1) и учитывается (строка 2).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан метод вывода уравнений нестационарных колебаний кругового цилиндрического вязкоупругого слоя, взаимодействующего с потоками вязкой жидкости. Метод основан на использовании общего решения задачи линейной теории вязкоупругости для крутильных колебаний кругового цилиндрического вязкоупругого слоя в интегральных преобразованиях Фурье и Лапласа.

2. Разработан алгоритм однозначного определения НДС произвольной точки рассматриваемой гидровязкоупругой системы на основе решений уравнений нестационарных крутильных колебаний кругового цилиндрического вязкоупругого слоя, действующего на поток вязкой жидкости,.

3. Решена задача о гармонических крутильных колебаниях цилиндрической упругой оболочки, находящейся в потоках внутренней и внешней вязких жидкостей. Из полученных результатов видно, что явление дисперсии частотных кривых в этом случае имеет место в основном при значениях волнового числа $k \leq 3$. В частности, самая низкая частота колебаний возникает, когда плотности жидкостей равны, а самые высокие частоты возникают, когда внешняя плотность жидкости велика.

4. Изучен вопрос о гармонических крутильных колебаниях кругового цилиндрического вязкоупругого слоя во внутренних и внешних потоках вязкой жидкости с учетом свойств вязкоупругости материала слоя. При этом анализировались случаи, когда ядро интегрального оператора вязкоупругости является экспоненциальным, а параметры вязкости и релаксации имеют три различных значения.

5. Численно решена задача определения параметров напряженно-деформированного состояния в точке упругого стержня, находящегося в потоке вязкой жидкости, движущейся с постоянной скоростью. Стержень имеет ограниченную длину, один конец свободен, а другой заземлен. При этом свободный конец стержня подвержен действию кинематического удара, и на него кроме воздействия жидкости, действует также динамическая нагрузка на его поверхности.

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING THE DEGREE
DSc03/30.12.2019.FM/T.02.09 AT SAMARKAND STATE
UNIVERSITY AFTER NAMED SHAROF RASHIDOV**

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY AFTER NAMED
SHAROF RASHIDOV**

GADAYEV AZIZ BERDIYAROVICH

**UNSTEADY INTERACTION OF A CIRCULAR CYLINDRICAL SHELL
WITH MOVING INTERNAL AND EXTERNAL VISCOUS LIQUIDS**

01.02.04 – Solid Mechanics

ABSTRACT

**of dissertation of the doctor of philosophy (PhD) on physical and
mathematical sciences**

Samarkand – 2024

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registred at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2023.2.PhD/FM878.

The dissertation has been prepared the Samarkand state university after named Sharof Rashidov.

The absteract of the dissertation in posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.samdu.uz and an the website of "ZiyoNet" Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific adviser:

Khudoynazarov Khayrulla

Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Tulkin Mavlonov

Doctor of Technical Sciences, Professor

Abdusattarov Abdusamat

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Leading organization:

Namangan Engineering Construction Institute

The defense will take place «___» _____ 2024 at ___ at the meeting of scientific council DSc03/30.12.2019.FM/T.02.09 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 _____). (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40.)

Abstract of dissertation sent out on «___» _____ 2024 y.
(mailing report №___ on «___» _____ 2024 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. The purpose of the research presented in the dissertation is to develop a methodology for deriving general and refined equations of unsteady vibrations of cylindrical viscoelastic shells and rods interacting with internal and external flows of viscous compressible liquids under the influence of dynamic external loads; study of vibrations of cylindrical layers and shells based on the equations obtained taking into account interacting liquids; study of the influence of liquid on physico-mechanical parameters of the hydro-viscoelastic system under consideration

Compliance of research with the priorities of the development of science and technology of the republic. This research work is the IV part of the republican development of science and technology. He completed his degree in Mathematics, Mechanics and Computer Science.

The level of knowledge of the problem. At the present stage of development, a class of problems of hydromechanics, taking into account various physical and mechanical properties of materials, the influence of interacting media, in particular the influence of various liquids (ideal, visco-compressible and incompressible), materials and issues of their improvement and the development of models of unsteady deformation of structures based on them, have not yet found their solution.

The connection of the dissertation research with the scientific plans of the university where the dissertation was performed. The dissertation research corresponds to the plans of scientific research of the Sharof Rashidov Samarkand State University on the topic "Study of the priority and oscillations of discrete-continuous systems interacting with a deformable medium" (2010-2025 yy.).

As an object of research round cylindrical viscoelastik shells and rods were taken, which are widely used in various fields of modern technology and construction.

The subject of the study The aim is to study the unsteady oscillations of a cylindrical viscoelastik shell and boom interacting with internal and external flows of a visco-compressible liquid under the influence of various external dynamic loads.

Research methods. In the course of the research, methods of integral Fouret and Laplace substitution, methods of using harmonic waves, finite differences, accurate solution of a three-dimensional problem of elastikity theory, as well as other effective methods of mathematical physics research were used. as the main research methods.

Scientific novelty of the research it consists in the following:

A new mathematical model has been developed for the dynamic calculation of unsteady torsional vibrations of a circular cylindrical layer, shell and struts interacting with internal and external flows of a viscous compressible liquid under the action of dynamic stresses;

taking into account the influence of flows of internal and external viscous compressible fluid flowing at constant velocities, an algorithm for determining the

stress-strain state of a circular cylindrical layer, shell and struts under nonstationary torsional vibrations at points of its arbitrary cross section has been created;

for practical problems of nonstationary torsional vibrations of a circular cylindrical layer, shells and racks interacting with internal and external flows of viscous compressible liquids, taking into account the influence of external dynamic and kinematic stresses, a method has been developed;

solving the problem of nonstationary, torsional vibrations of an elastic rod in a viscous fluid flow with a constant velocity under the action of stresses created as a result of the combined action of kinematic action from the free end and distributed forces acting on it, methods for determining the deformed state of the surface and hardened sections have been developed;

the influence of viscoelastic characteristics on the spatial coordinate-time patterns of the stress tensor components and the components of the displacement vector at the points of a hydro-viscoelastic system is investigated using the example of circular cylindrical shells.

The reliability of the research results. The results obtained in the dissertation work were obtained using rigorous methods of mathematical physics and numerical algorithms for solving problems posed on the basis of current requirements of modern technologies and construction.

Publication of the research results. A total of 13 scientific papers have been published on the research topic, including 8 scientific articles in scientific publications recommended for publication of the main scientific results of the dissertations of the Doctor of Philosophy (PhD) The Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, including 5 in national, 3 in foreign publications (2 in journals in the international database SCOPUS).

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion and a list of references. The volume of the dissertation is 117 pages.

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

I bo'lim (I часть; part I)

1. Dilorom Khudoynazarova, Burxon Yalgashev., Gadayev A. Torsional vibrations of a three-layer circular cylindrical elastik shell // Cite as: AIP Conference Proceedings, international conference 2022, 2637, 030025; <https://doi.org/10.1063/5.0121494>. (№ 3 Scopus)
2. Gadayev A., Ismoilov E. Silindrik qobiqning qovushoq suyuqlik oqimi bilan o'q bo'ylab o'zaro ta'siri // Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal) 2023, №1, 2-qism, bb 183-188.(05.00.00 № 14)
3. Khayrulla Khudoynazarov., Gadayev A., Kh Akhatov. Torsional vibrations of a rotating viskoelastik rod // E3S Web of Conferences, international jurnal 2023, 365, 02016 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336502016>. (№ 3 Scopus)
4. X.Xudoynazarov., A. Gadayev. Qovushoq suyuqlik oqimidagi doiraviy elastik sterjenning buralma tebranishlarida ko'chishlar hisobi // Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal) 2024, №1 (1-qism) bb. 369-372 (05.00.00 № 14)
5. X.Xudoynazarov., A. Gadayev. Dinamik va kinematik zarbalar ostidagi doiraviy sterjen bilan qovushoq suyuqlikning o'zaro ta'sirlashuvi // Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal) 2024, №1 (1-qism) bb. 372-376. (05.00.00 № 14)
6. Kh. Khudoynazarov., A. Gadayev. (2024) Displacements in the torsional vibrations of a round elastic rod in a viscous fluid flow // Сборник материалов международной конференции: механика сейсмостойкость машиностроение. -Ташкент. 27-29 май, 2024. С. 465-470. (№ 3 Scopus)

II bo'lim (II часть; part II)

7. T. Ostonov, A. Gadayev. Расчет ветвей трубопроводов при учете нелинейности упругого основания // Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал) 2020, №1 (2-кисм)
8. E. Ismoilov., A. Gadayev. (2021) Ichida qovushoq siqiluvchan suyuqlik saqlovchi silindirlik qatlamning nostatsionar tebranishlari // Glabollashuv daveida matematika va amaliy matematikaning dolzarb masalalari Respublika ilmiy anjumani 1-2 iyun 2021 yil materiallari to'plami II B. 214-219
9. Gadayev A.B., Hundayberdiyeva Sh.M., Rahmatullayeva N.S. (2021) Frequency analysis of longitudinal-radial vibrations of a conical shell // SOI: 1.1/TAS DOI: 10.15863/TAS International Scientific Journal Theoretical & Applied Science p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online) Year: 2021 Issue: 06, Vol. 98 pp. 59-67
10. Гадаев А. Уравнения крутильных колебаний цилиндрического слоя, взаимодействующего с внутренним и внешним потоками вязких жидкостей

- // "Chronos": мультидисциплинарные науки. Текст научной статьи по специальности «Физика» 2022, Том 6. 9(71), С.21-29.
11. Gadayev A., Hamdamov A M., Achilov Sh S. Longitudinal-radial vibrations of a cylindrical shell // SOI: 1.1/TAS DOI: 10.15863/TAS International Scientific Journal Theoretical & Applied Science p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online) 2022, Issue: 05 Vol. 109 pp. 259-267
 12. Gadayev A.B., Axatov.X. N. (2022) Qovushoq siqiluvchan suyuqlik oqimini va aylanish ta'sirini hisobga olganda silindrik qatlamning o'qqa nisbatan simmetrik tebranishlari // "Nazariya va amaliyot" nomli № 07-sonli ilmiy, masofaviy, onlayn konferensiyasi <https://doi.org/10.5281/zenodo.5714668> 47-53 bet
 13. Gadayev A.B., Sh. N. Umarov., O.M. Usmonov. (2023) Ichki va tashqi suyuqlik oqimlarini silindrik qatlam va qobiqlarning buralma tebranishlariga ta'siri// Материалы молодёжной конференции "Роль молодежи в развитии науки и образования нового Узбекистана" 2023 год 23 октября, С.193-195

Aftoreferat Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining
“SamDU ilmiy tadqiqotlar axborotnomasi” jurnali tahririyatida
tahrirdan o‘tkazildi (__. __.2024 yil).

2024 yil _____ bosishga ruxsat etildi:
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60×84_{1/16}.
“Times” garniturasini. Ofset bosma usuli.
Hisob-nashiriyot t.: 2,8. Shartli b.t. 2,1.
Adadi ___ nusxa. Buyurtma № _____.

_____ nashr-matbaa markazida chop etildi.
Manzil: Samarqand sh, _____.

