

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**TOSHKENT TO'QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT INSTITUTI**

**M.T.HOJIYEV, B.M.MARDONOV, F.N.SIROJIDDINOV**

**“PAXTA SANOATI TEXNOLOGIYASI  
JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH”  
FANIDAN**

**O'QUV QO'LLANMA**

*5A321201-Paxtani dastlabki ishlash va urug' tayyorlash texnologiyasi”  
mutahassisligiga tavsiya etilgan*

**TOSHKENT-2018**

UDK 677.21 (075.8)  
KBK 37.231 (O'zb)

**M.T.Hojiyev, B.M.Mardonov, F.N.Sirojiddinov.** Paxta sanoati texnologiyasi jarayonlarini modellashtirish. T., “Adabiyot uchqunlari”, 2018, 333 bet.

#### ANNOTATSIYA

Ushbu o'quv qo'llanmada jarayonlarni nazariy o'rganish va matematik modellashtirish asoslari, texnologik jarayonlarni modellashtirishda matematik statistikaning qo'llash asoslari, oddiy elementli va ko'p parametrlil texnikaviy ob'ektlarning matematik modellarini tuzish kabi bo'limlarni o'z ichiga olgan.

Ushbu o'quv qo'llanma PST fakulteti 5A321201-“Paxtani dastlabki ishlash va urug' tayyorlash texnologiyasi” mutaxassisligi bo'yicha tahsil oladigan magistrlar uchun mo'ljallangan.

Tuzuvchilar: «Tabiiy tolalarni dastlabki ishlash texnologiyasi» kafedrası professor, t.f.d. M.T.Hojiev

«Tabiiy tolalarni dastlabki ishlash texnologiyasi» kafedrası professor, f.m.f.d. B.M.Mardonov

«Tabiiy tolalarni dastlabki ishlash texnologiyasi» kafedrası ass., F.N.Sirojiddinov

Taqrizchilar:

Toshkent kimyo-texnologiya institute professori,  
fizika matematika fanlari doktori I.I.Safarov

Tabiiy tolalarni dastlabki ishlash texnologiyasi kafedrası professori, texnika fanlari doktori A.Z.Mamatov

H98  
ISBN 9789943525887

© “Adabiyot uchqunlari” nashriyoti, 2018 y.

## SO'Z BOSHI

O'zbekiston Respublikasining "Ta'lim to'g'risida"gi qonuni hamda Kadrlar tayyorlash milliy dasturida belgilangan vazifalar barcha ta'lim muassasalarini oldiga katta mas'uliyat qo'ydi. Shunga asosan, ushbu vazifalardan biri-jahon andozalari darajasida, fan va texnikaning eng oxirgi yutuqlaridan xabardor bo'lgan, raqobatbardosh, bugungi kunda bozor iqtisodiyoti talablariga javob beradigan, o'z sohasini mukammal egallagan, yuksak ma'naviyatli mutaxassislar tayyorlashdir.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2014 yil 4 fevraldagi PQ- 2120-sonli qarorlarida ishlab chiqarish tarmoqlari, paxta tozalash korxonalarida paxta tolasini sifatini oshishiga va tola chiqishini 33,2% va undan yuqori bo'lishiga hamda o'zbek paxta tolasini raqobatbardoshligini ta'minlash vazifalari qo'yilgan. Yuqorida ko'rsatib o'tilgan masalalar "O'zpaxtasanoat" uyushmasi tasarrufidagi paxta tozalash korxonalari oldiga juda katta vazifalarning, ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarni tabiiy sifat ko'rsatkichlarini saqlagan holda jahon bozorida raqobatbardosh paxta tolasini ishlab chiqarish va to'qimachilik sanoatiga yetkazib berishday ulkan ishlarni bajarishga yangi texnika va texnologiyalarni qo'llash bilan bir qatorda kadrlarning malakasiga bog'liqdir. Albatta, texnologik jarayonni muqobil yo'llarini qo'llash hamda unda eng ratsional usullarni ishlab chiqarishga joriy etish muhim rol o'ynaydi. Bunda texnologik jarayonni matematik modelini bilishlik va oldindan aniqlash zarurdir. Yuqorida aytib o'tilgan masalalarni yyechimini topishda "Paxta sanoati texnologiyasi jarayonlarini modellashtirish" o'quv qo'llanmasi muhim rol o'ynaydi. Ushbu qo'llanmada texnologik jarayonlarni nazariy o'rganish va matematik modellashtirish asoslari, texnologik jarayonlarni modellashtirishda matematik statistikani qo'llash asoslari, oddiy elementli va ko'p parametrlil texnikaviy ob'ektlarning matematik modellarini tuzish kabi bo'limlarini o'z ichiga olgan. Mazkur qo'llanma 5A321201-"Paxtani dastlabki ishlash va urug' tayyorlash texnologiyasi" mutaxassisligi bo'yicha tahsil olayotgan magistrlar uchun foydalanishga tavsiya etiladi. Ushbu o'quv qo'llanmasi "Paxta sanoati texnologiyasi jarayonlarini modellashtirish" fanining dasturi asosida yozilgan.

## **1-BOB**

### **JARAYONLARNI NAZARIY O'RGANISH VA MATEMATIK MODELLASHTIRISH ASOSLARI**

#### **1.1. Texnologik jarayonlarning nazariy asoslari tushunchasi.**

##### **Nazariyani qo'llash usullari**

Ko'pgina texnologik jarayonlarda, jumladan, paxtani dastlabki ishlash va urug'li chigitni tayyorlash texnologiyasini (PDIUCHT) yaratish va uni bajarishda hisob ishlarini katta ahamiyat kasb etadi. Bu texnologiya murakkab texnologiyalar hisoblanib, undagi jarayonlar o'z navbatida murakkab tizimlar qatoridan o'rin oladi.

Texnologiya bir necha bosqichdan iborat va bu bosqichlar o'zaro dinamik ta'sirda bo'lib, jarayonning yaxlitligini ta'minlashi lozim. Murakkab tizimdagi jarayonlarni o'rganishda turli ma'lumotlar vujudga keladi, ular faqat tizimdagi alohida jarayonlar va ularning xossalriga aloqador bo'lmasdan, balki jarayonlarning yaxlit va yagona xususiyati muammo bo'lib qoladi. Masalan paxtani g'aramlash va saqlash bosqichidagi jarayonlar uni tozalash jinlash bosqichlariga bevosita ta'sir qilib va pirovarida tola sifatini yaxshilashda o'z ta'sirini baholash asosiy masala bo'lib qoladi. Sistemaning murakkabligi oshgan sari, ularda "umum tizim" muammolari ham ko'payib boradi va ularning ahamiyati yuqori bo'ladi. Yuqori masshtabdagi ob'ektlar uchun asosiy rolni ularning strukturasi egallaydi, unda ob'ektlarning tashkil etilishi va tashqi omillar ta'sirini o'rganish asosiy maqsad bo'lib qoladi. Bunday holda tizimdagi umumiy jarayonlar asosiy o'rinni egallamaydi u tizim esa yangicha ma'lumotga ega bo'lib, uni "tizim texnikasi" deb ataladi. Paxtani dastlabki ishlash va urug'li chigit tayyorlash texnologiyasi murakkab tizim tushunchasi bilan bog'liq bo'lib, ayrim ob'ektlar (jarayonlar) majmuasini tashkil etadi. Bu yerda ob'ektlar orasida uzviy bog'lanishlar mavjud bo'lib, ular texnologiyaning yaxlitligini ta'minlashi lozim. Tizimning har qaysi bo'lagi o'z navbatida avtonom tizimni tashkil etib, o'zining texnologik ko'rsatkichlari bilan ajralib turishi mumkin. Shu sababli PDIUCHT texnologiyasini bir necha avtonom bo'laklardan iborat deb qabul qilamiz. Dalada tayyorlangan mahsulot ma'lum maydonlarda saqlanadi, ya'ni g'aramlanib, keyingi texnologik bosqichga uzatiladi. Shuning uchun g'aramlash va saqlash

jarayoni PDIUCHT texnologiyasi bo'lib o'zining texnologik ko'rsatkichlari bilan ifodalanadi. Bu ko'rsatkichlar bilan bu tizim keyingi texnologik jarayonga o'tishi mumkin. G'aramda paxta sifatini ta'minlashda undagi bo'ladigan o'zgarishlarni o'rganish, tashqi omillar (saqlash usuli, g'aram shakli, g'aramni saqlash muddati va h.k.) ta'sirini baholash uchun tajribaviy va nazariy izlanishlar olib borishi zarur bo'ladi. Eng muhim ko'rsatkichlar bo'lib bu yerda paxta namligi va bosimi uning sifat ko'rsatkichdagi ta'siri, saqlanish paytida g'aramda ro'y beradigan fizik mexanik jarayonlarni o'rganish katta ahamiyatga egadir. Tajriba o'tkazishdan tashqari bu bosqichda paxta g'aramining balandligi bo'ylab bosimni aniqlash, uni saqlash muddati davomida o'zgarishini nazariy o'rganish va tavsiyalar berish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bundan tashqari paxta g'arami ichida namlikning taqsimlanishi va vaqt bo'yicha o'zgarishini nazariy o'rganish asosiy vazifalardan biri bo'ladi. Shunday qilib paxta g'aramida bosim namlikni o'zgarishini aniqlash nazariyaning asosiy mavzusi bo'lib qoladi. Paxta massasi trubalar va separatorlar yordamida jo'natish PDIUCHT texnologiyasining asosiy bosqichlaridan biri bo'lib, unda paxta massasi bo'laklarini uzatish, ulardan havoni ajratib olish, massa harakatini bajarish, undan tashqari paxta bo'laklarini uzatish ishchi elementlari bilan o'zaro ta'siri muammolari bu texnologik jarayonning asosiy muammolari bo'lib, ularning hal qilish bilan uzatish texnologiyasi ko'rsatkichlari aniqlanib olinadi. Bu bosqichda aerodinamika qonunlariga asoslanib, paxta xom ashyosini havo oqimi ta'siridagi harakatini nazorat o'rganish zarur bo'lib qoladi. Nazorat izlanishlar paxta xom ashyosini uzatishda havo oqimining tezligi, paxta bo'laklarining ishchi organlar yuzasida hosil bo'ladigan zarba kuchlarining xom ashyo sifatiga ta'sirini hisoblar yordamida aniqlansa maqsadga muvofiq yo'naltirilgan bo'ladi.

PDIUCHT texnologiyasida eng murakkab va ahamiyatli texnologiya bosqichi - bu paxta xom ashyosini quritish jarayoni hisoblanadi. Bu yerda hisob ishlarida ko'proq emperik hamda massa saqlanish va issiqlik almashish formulalardan foydalangan holda nazariy tadqiqotlar olib boriladi. Quritish kinetikasida ikki issiqlik almashuv sodir bo'ladi. Bulardan biri konvktiv va issiqlik almashuv bo'lib, paxta bo'lakchalari bilan tashqi muhit orasidagi issiqlik almashuv, ikkinchi tipi konduktiv

almashuv bo'lib, bu jarayonda paxta masssida bo'lakchalar orasidagi o'zaro issiqlik almashuv bo'lib, paxta xom ashyosi ikki komponentli (tola+chigit) deb qabul qilinadi. Bu qonuniyatlar asosida paxta massasida ro'y beradigan issiqlik tarqalish qonuniyatlari nazariy tahlil qilinadi va ularning natijalari yordamida paxta xom ashyosining belgilangan namlikni olinishi uchun issiqlik zonasida muddati aniqlanadi. Paxta xom ashyosi quritish texnologiyasidan keyingi bosqich uni iflosliklardan tozalash texnologiyasi bo'lib, bu yerda o'ziga xos nazorat izlanishlar asosida amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi. Xom ashyo tarkibidan iflosliklarni ajratib olish murakkab jarayon bo'lib, buni nazorat o'rganish ancha qiyinchiliklar tug'diradi. Gap shundaki paxta massasi tarkibidagi mayda iflosliklar har xil geometrik uzunlikka ega bo'lib, mayda (uzunliklari 0.1 mm dan kichik) va katta zarrachalar, (uzunliklari 5 mm dan katta)ga bo'linadi. Ularning tolalarga birikish kuchlarining aniq qiymatlari aniq emas. Shuning uchun bu iflosliklarni massa tarkibidan ajratib olish maxsus texnologiyani yaratishni talab qiladi. Amalda iflosliklarni massa ichida harakat keltirish zarra bilan tola orasida bog'lanish kuchini engish uchun zarba kuchidan foydalaniladi. Bundan tashqari iflosliklarni ajratish usuli massani notekis sirt ustida harakati tufayli hosil bo'ladigan tebranish xususiyatidan ham foydalanish mumkin. Bu holda paxta bo'lakchalarining amplitudasi tebranma harakat davomida mayda zarrachalar nisbiy harakat qilib massa tarkibidan ajralishi mumkin. Bunday jarayonlar sof mexanik harakatlar bo'lganligi sababli nazariya asoslari zarba ta'sir kuchi va nisbiy harakat qonuniyatlarni o'rganib matematik statistik usullarini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Paxtani dastlabki ishlash va urug'li chigit tayyorlash texnologiyasining eng mas'uliyatli va texnologiyaning yaxlit samaradorligini aniqlab beradigan bosqich jinlash jarayoni hisoblanadi. Bu jarayon texnologiyalarning etakchisi bo'lib, ajratilgan tola miqdori va sifati jinlash jarayonini tashkil etish va amalga oshirish usullari ko'pdan ko'p bog'liq bo'ladi. Nazariy jihatdan jinlash texnologiyasi yetarli darajada o'rganilmagan. Tajriba va amaliyotda sinovlar katta xajmda o'tkazilgan bo'lib, ularning kattaliklari statik tahlili yetarli emas. Undan tashqari, jinlash jarayoni tola ajratish qisqa muddat ichida sodir bo'lganligi sababli, tola bilan arra tishlari

orasidagi hosil bo'ladigan kuchning tabiati, uning qisqa vaqt ichida o'zgarib boruvchi hamda uzish kuchi qiymatiga etib olish xususiyatlar o'rganilgan. Shu sababli tola va arra tishlari orasida o'zaro ta'sir kuchlari emperik usulida aniqlanadi yoki ayrim farazlar asosida nazariy yo'l bilan topiladi. Bundan tashqari jinlash jarayonida ishchi kamerada hosil bo'ladigan xom ashyo valigini geometrik shakli va uning aylanma harakati amalda eng sodda ko'rinishlarida, ya'ni valik aylanma jism bo'lib, o'z o'qi atrofida o'zgarmas burchak tezlikka ega deb qabul qilinadi. Bunda albatta hisob jarayoni soddalashtiriladi, xom ashyo valigi va arra tishlari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari topish katta muammo tug'dirmaydi. Ajratilgan tola miqdori (jinning ish unumdorligi) va sifati ko'p jihatidan ishchi kamera shakliga, xom ashyo valigi tarkibi va shakliga, arra tishlari soniga, tolani ajratib olish usuliga, hamda arrali barabanning aylanish tezligiga bog'liq bo'ladi. Bu ko'rsatkichlarni birgalikda e'tiborga olib ish unumdorligi hisoblash, sifat darajasini aniqlab beradigan yagona nazariya hali amalda berilmagan. Shuning uchun jinlashda eng muhim o'rin tutadigan ayrim jarayonlarga ko'proq e'tibor beriladi va ularning jinlashdagi roli nazariy o'rganilib, ayrim fikrlar beriladi. Masalan, chigit kamerasi shaklini asoslash, tishlar sonini aniqlash, havo so'rg'ichlar parametrlarini belgilash va boshqa ko'rsatkichlari nazariy jihatidan asoslanib olingan. Jindan ajratilgan tolaning yana bir marta iflosliklaridan tozalab uni sifat ko'rsatkichlari talabiga keltirish texnologiyada tola tozalash bosqichida amalga oshiriladi. Bu bosqichda asosiy e'tibor iflosliklarini mumkin qadar ko'proq ajratish, tolaning tabiiy xususiyatlarini saqlagan holda, ularni shikastlanishiga yo'l qo'ymaslik, ham tolalarni chetga ketib qolmasligini ta'minlashga qaratilgan nazariy yo'l, tolada iflosliklar harakati, qurilmaning (kondensorning) tozalash samaradorligi, qurilmaga qo'yiladigan talablar, so'riladigan havo bosimini o'rganib, amaliy tavsiyalar berilishi mumkin. Bosqichining samaradorligi kondensordagi so'rg'ich teshiklar soni, shakli havo bosimiga ko'proq bog'liq bo'ladi. Tola sifat ko'rsatkichlari esa, tolaning qurilmaga zarba kuchiga ham tozalash effektiga bog'liq bo'ladi. Paxtani dastlabki ishlash va urug'li chigitni tayyorlash texnologiyasining so'ngi bosqichi paxta tolasini zichlash (presslash) texnologiyasi bo'lib, bu yerda paxta kiplari tayyorlanib, ularni tola xom ashyosi ko'rinishida ishlab chiqarishga uzatiladi. Oldingi

bosqichlarda bajarilgan ishlar turlari, ularning o'zaro ta'sirlari, jarayonlar, rejimlar, texnologik ko'rsatkichlari o'rni va boshqa ko'p muammolarining qay darajada hal qilinishi shu bosqichda namoyon bo'ladi. Zichlash jarayonida paxta tolasi massasining yuqlanish va yuksizlanishdagi zichlanish qonunlari asosida mashinalari parametrlari, zichlashning muddati, maksimal zichlash kuchlari aniqlanib olinadi. Nazariy izlanishlarda hozirgi paytda zichlash jarayoni va toylarini tayyorlashda boshqarishni avtomatizatsiyalashtirish muammosi hal qilinishi taqozo etiladi. Tayyorlangan tola toyi talab qilingan ko'rsatkichlar (zichlash, namlik, toy o'lchovlar)ga javob berish kerak. Bu bosqich texnologiyasi ko'p jihatdan standart ishlab chiqilgan talablar bo'yicha amalga oshirilishi mumkin, shuning uchun yangi tavsiya etilayotgan qurilmalar (presslar va x.k.) mexanizatsiyalashgan va boshqaruvchi avtomatlashtirilgan xususiyatlarga ega bo'ladi. Yuqorida bayon etilgan bosqichlardan tashqari jinlashdan so'ng ajratilgan chigitlarda qisman tola saqlanib qoladi, undan momiq (lint) xom ashyosi va urug'li chigit tayyorlanadi. Shuning uchun jindan ajratilgan tukli chigitlar qayta ishlanib (linterlanib) undan qo'shimcha mahsulotlar lint va urug'li chigit olinadi. Linterlash mashinalari jinlash mashinalaridan farqlanib texnologik jarayonlar bu yerda alohida o'rganiladi. Nazariy tarafdin linterlash jarayoni yetarli darajada hali o'rganilmagan, chunki tukli chigitdan momiqni ajratish murakkab jarayon bo'lib bu yerda ko'pgina texnologik talablar xususan, chigit shikastlanmasligi, momiqni yyetarli darajada ajratib olish, iflosliklar miqdorini talab darajasida saqlash talablari qo'yiladi. Shuning uchun nazariy izlanishlarda bu bosqichda yangi muammolar kelib chiqadi, shu jumladan tukli chigit bilan arra tishlari orasidagi dinamik kuchlar topish asosiy masala bo'lib qoladi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Texnologik jarayonlar nazariy o'rganish zarurligi va maqsadi.
2. Nazariy izlanish natijalarini baholash usullari va ularni qo'llash.
3. Jarayonlarini nazariy o'rganishda zarur bo'ladigan boshlang'ich bilimlar
4. PDIUCHTNA fanining boshqa umumtexnika fanlari bilan uzviy bog'lanishi.
5. Fizika va mexanika qonunlari haqida ma'lumot va ularning amaliy ahamiyati.
6. PDIUCHTNA fanida tadbqiq qilinadigan mexanika asosiy qonunlari va ularning qisqacha tahlili.
7. PDIUCHTNA fanida tadbqiq qilinadigan teplofizikaning asosiy qonunlari va ularning qisqacha tahlili.
8. Texnologik jarayonlarni o'rganishda sistemali yondashuv tushunchasi va mohiyati.
9. Jarayonlarga ta'sir qiladigan omillarni baholash usullari. Misollar.
10. Paxtani dastlabki ishlash va urug'lik chigit tayyorlash texnologiyasining asosiy vazifasi.

### **1.2. Fizikaviy va matematik modellashtirish (MM) tushunchalari.**

#### **MM bosqichlari va ularning tahlili.**

Modellashtirish har xil sohalarda uchraydigan jarayon va hodisalarni o'rganish va ularni tahlil qilish uchun keng tarqalgan qulay usuli bo'lib qolmoqda. Matematik modellashtirish asoslari A.A.Samarskiy, V.P.Tarasyuk, V.S.Zarubin, N.P.Buslenko va boshqalar tomonidan yaratilgan bo'lib, hozirgi paytda ilmiy izlanishlarda va injenerlik amaliyotida modellashtirishning juda ko'p usullari mavjud. Ilmiy texnika taraqqiyotida yangi texnika va texnologik jihozlarni yaratishda va ularni ish jarayonlarini boshqarishni mukammallashtirishda mexanizatsiya, avtomatika va kompyuter texnologiyasidan foydalanishni taqozo etadi. Har daqiqada yangi energetik, gidrotexnik komplekslar va boshqa ob'ektlar ishga tushirilmoqda. Bunday ob'ektlarni loyihalashda o'zlarining yechimini talab qilayotgan ko'pdan ko'p har turli masalalar kun tartibida turibdi. Yangi texnikani yaratishda mutaxassislar uchun hisoblash tizimlari va tajriba usullari mavjud bo'lib, yaqin kunlarga ular uchun yuqori darajadagi aniqlik talab qilinmas edi. Buning o'rniga ko'p hollarda tabiatdagi

sinovlar soni ko'paytirilib, ularning namunalarini ishlab chiqish maqsadga muvofiq edi. Lekin xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan katta masshtabdagi komplekslarni yaratish jarayoni hisoblash va tajribalar orasidagi nisbatni o'zgartirib yubordi. Tabiatda (tabiatan) o'tkaziladigan tajribalar endilikda katta miqdordagi sarf harajatni va vaqtni talab qilishi ma'lum bo'ldi. Bundan tashqari tashkiliy va texnikaviy qiyinchiliklar vujudga kelmoqda. Bunday sharoitda injenerlik hisoblarda nafaqat yuqori aniqlik, shuning bilan birga, hisoblash usuli roli oshib ularning yordamida hal qilinadigan muammolar soni ko'paymoqda. Bu hol o'z navbatida hisoblash usullarini takomillashtirish va uning imkoniyatlaridan samarali foydalanishni taqozo etadi. Hozirgi vaziyatda murakkab ko'rinishdagi komplekslarni yaratishda ularni avtonom qismlarga bo'lish, ulardagi texnikaviy vositalarni alohida tahlil qilish va ularning funksional imkoniyatlirini to'g'ri baholash zarur bo'lib qolmoqda. Bunday holda soha uchun samarador avtonom hisoblash usullarini yaratish va ularning amalga joriy qilish asosiy maqsad va g'oya bo'lib qolmoqda. Umumtizimdagi muammolarni tez hal qilish va zarur natijalarni yuqori aniqlikda olishda zamon hisoblash mashinalari va shaxsiy kompyuterlar vositalarida foydalanish qo'l kelmoqda. Bunday vositalar yordamida murakkab jarayonlarni modellashtirish asosida o'rganish borasida imitatsiya usullari keng qo'llanib kelmoqda.

Odatda fizikaviy va matematik modellar amalda qo'llanilib ular bir biridan farq qiladi. Fizikaviy modellashtirishda (FM) fizikaviy jarayon model yordamida o'rganilib uning fizikaviy tabiati (xususiyati) saqlanadi.

Bu ko'rinishdagi modellashtirish, masalan, uchish apparatlari aerodinamikasini, havo oqimlarini trubalardagi harakatini, ayrim texnologik jarayonlarni qurilmalar yordamida o'rganishda, inshootlarning mustahkamligini aniqlashda va boshqa ko'p injenerlik muammolarini hal qilishda ular uchun maxsus tuzilgan maketlar va jihozlardan foydalanish zarur bo'ladi. Ko'p hollarda maketlar o'z navbatida ishlab chiqarishga joriy qilishga tayyor bo'lgan jihozlar bo'lib, ular texnologik jarayonlarga ta'sir qiladigan omillarni har tomonlama tahlil qilish maqsadida foydalaniladi. Bunday hollarda biz tabiatdagi jarayonni to'g'ridan -to'g'ri o'rgangan bo'lamiz. Fizik model, esa, original modeldan farqlanib, unda jarayonning

eng muhim tomonlari sodda va ixcham asbob va qurilmalar yordamida o'rganilib chiqiladi. Bu hol sarf-harajatlarni va vaqtni tejash imkoniyatini yaratadi, shuning bilan birga bunday model yordamida olingan natijalar amalda foydalanish uchun ma'lum shartlar bajarilishi lozim. Bulardan eng muhimi original (haqiqiy) - jarayon bilan model-jarayon orasida bir qator o'xshashlik kriteriy (omil)lari bajarilishi lozim. Bunday kriteriylar geometrik va fizikaviy (mexanik) kriteriylarga bo'linadi. Ikkala model uchun bu kriteriylarning son qiymatlari bir xil qiymatga ega bo'lgandagina model-jarayondagi olingan ma'lumotlar va ilmiy xulosalar amalda ahamiyat kasb etadi. Bunday shartlarni bajarilishi zarurligi ma'lum darajada fizikaviy modellashtirish usulini amalga oshirishda ma'lum qiyinchiliklarni tug'diradi va uning natijalarining amaliy qiymatini pasaytirib, modellashtirishi imkoniyatini chegaralab qo'yadi.

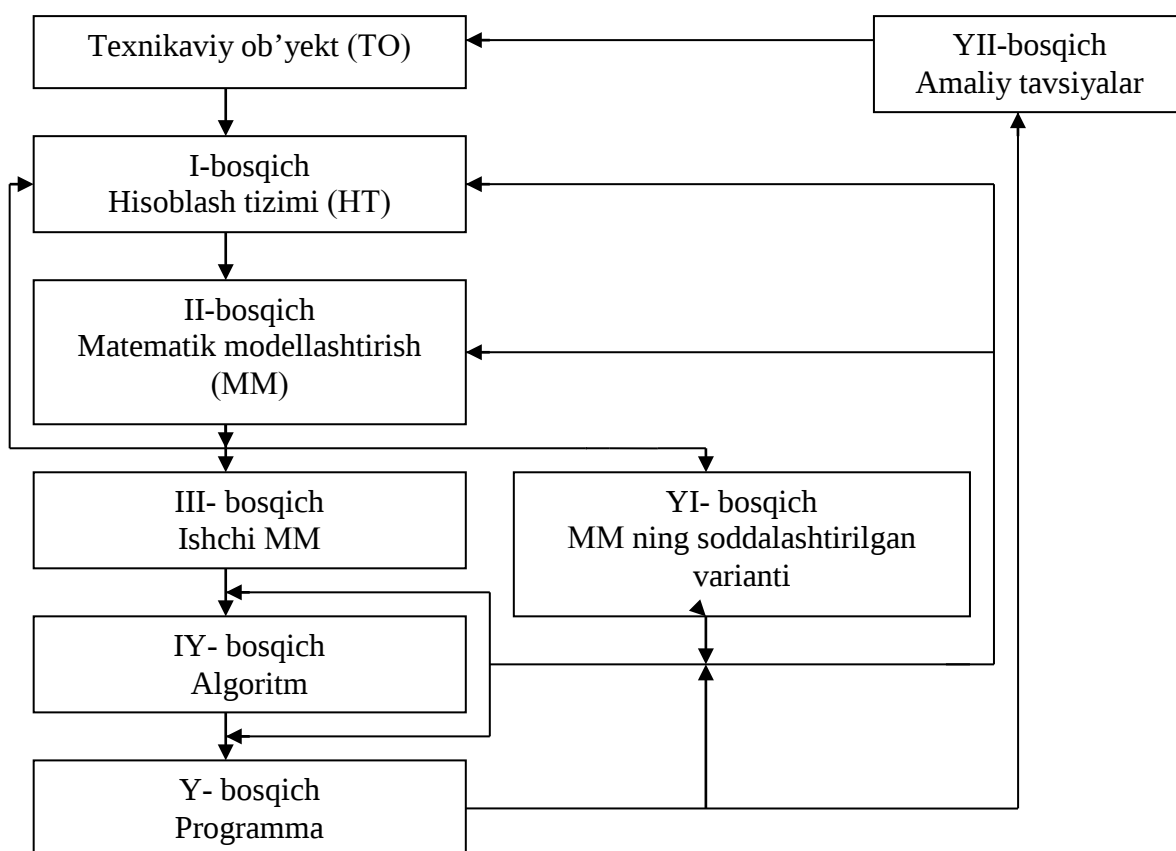
Shuning uchun ko'p hollarda bunday usulda modellashtirish o'rniga matematik modellashtirish amalda keng qo'llanilib kelinmoqda. Matematik modellashtirish deganda biz fizikaviy mazmunga ega bo'lgan har xil jarayon va hodisalarni bir xil matematik vositalar yordamida o'rganish usullarini tushunamiz. Ko'p hollarda o'zaro solishtirish maqsadida mexanikaviy, elektrik va issiqlik tarqalish jarayonlari matematik modellashtirish asosida tahlil qilinadi, chunki bu jarayonlarni bir xil ko'rinishdagi matematik tenglamalar yordamida yozib chiqish va ularni tahlil qilish mumkin.

Hozirgi paytda matematik modellashtirish EHM qo'llash bilan birgalikda hisoblash jarayoniga (tajribasiga) yondoshgan holda, hozirgi zamon informatsion texnologiyasiga asoslanadi. Hisoblash jarayonini amalga oshirish uchun texnikaviy ob'ekt (TO) tanlab olinadi. Ob'ekt sifatida shartli ravishda konkret texnikaviy jihoz, agregat yoki zveno, qurilma, qurilma tizimi, jarayon, jarayon tizimi, hodisa, yoki tizimda, qurilmada ro'y berishi mumkin bo'lgan vaziyatlar qabul qilinadi. Bundan keyin biz bu iboradan keng foydalanamiz, konkret hollarda, qanday ob'ekt ustida so'z borayotganiga izoh beriladi.

Matematik modellashtirishning asosiy muammolarini tahlil etish uchun shartli ravishda V.S.Zarubin tomonidan tavsiya etilgan 1.2.1-rasmdan foydalanamiz.

Bosqichning boshlanishida texnikaviy ob’ekt (TO) tanlab olinadi.(1.2.1- rasm).

1.2.1-rasmda jarayon 7 bosqichdan iborat qilib tanlangan.



1.2.1-rasm. Matematik modellashtirishning bosqichlari

*Birinchi bosqichning hisoblash tizimi (HT) hisoblanadi.* Bu bosqich MM ning eng muhim bosqichlaridan biri bo’lib, hisobiy tajriba maqsadiga qarab, TO ning ishlash sharoiti, xususiyatlari bilan birga TO ning parametrlari majmuasini tashkil etadi. Bundan tashqari TO ni tanlashda qabul qilinadigan soddalashtirishlar asoslanadi va asosiy aktsent TO ning eng muhim tomonlariga qo’yiladi. Ba’zi hollarda HT mazmuniy va kontseptual iboralar yordamida o’z ifodasini topadi. Yangi TO tuzishda bu bosqichning muvaffaqiyati va samaradorligi qo’yilgan masalaning maqsadiga qarab TO xossalarini to’liqroq va to’g’ri e’tiborga olinishiga injenerning professional bilimiga va qobiliyatiga bog’liq bo’ladi. Agar TO o’ta ideallashtirilib olinsa, u holda HT amaliy qiymati past bo’ladi

*Ikkinchi bosqichning mazmuni HT ini matematik ifodasini tuzishdan iborat bo’lib,* tanlab olingan HT uchun matematik bog’lanish va ifodalar yordamida HT harakterlaydigan parametrlar orasidagi bog’lanishlarni amalga oshiradi. Bu bosqich

odatda matematik model tanlash bosqichi deb aytiladi. Shuni ta'kidlash lozimki, ba'zi hollarda HT uchun yaratilgan maxsus matematik modellar banki ham mavjud, bu hol modelni tanlashda ancha qulaylik tug'diradi. Umuman olganda ko'pincha TO o'rganishda yangi matematik modellar tuzish zarur bo'lib qoladi. Bunday hollarda mutaxassisdan matematikani ancha chuqur bilishi va matematikani amaliy qo'llashda tajribaga ega bo'lishini talab qiladi. Shuni e'tiborga olgan holda, tanlangan matematik modelning soddalashtirilgan va amalda qo'llanib kelingan varianti tanlab olinadi. Bu jarayon TO ning uchinchi bosqichida amalga oshiriladi.

*Uchinchi bosqichning asosini ierarxiya tashkil etib*, TO dagi jarayon tadqiq qilinishida bir necha variantlar ko'rinishida qo'llanilib, ularning natijalari yetarli darajada tahlil qilingandan so'ng, bir-biridan murakkabligi bilan farq qiladigan bir nechta matematik modellar ketma ketligi tuziladi. Bu bosqich ikki bo'limdan iborat bo'lib, birinchi bo'limda ishchi MM tuziladi, ikkinchi bo'limda esa TO ning fizika-mexanikaviy xossalarini aniqlash usullari berilib, ular yordamida hisob ishlari bajariladi. Bu bosqichda ayrim nuqsonlar va kamchiliklar aniqlanadi, bunday hollarda HT qaytadan tahlil qilinadi va zarur hollarda unga o'zgartirishlarni kirgizish tavsiya etiladi. Miqdoriy tahlil ta'siri ham bo'lgan omillarni e'tiboga olgan holda, modelning yanada soddalashtirish imkoniyatini yaratadi. Buning natijasida tanlangan MM ning variantida ma'lum bo'lgan yechimlardan foydalanish mumkin bo'lib qoladi. Bu bosqichda MMning ierarxiyasi tuzililib, bu jarayon o'rganilayotgan ob'ektning xossalarini detallashtirish har xil variantlarda olingan natijalarni solishtirish, hamda bajarilgan hisobiy tajriba natijalarining to'g'riligi aniqlanib olinadi. Bu bosqichning xulosasi TO ning yetarli darajada asoslangan matematik modelini tanlab olish olish va keyinchalik miqdoriy tahlil qilishdan iboratdir. Bu bosqichning samaradorligi MMda o'zaro bog'langan qismlar xossalarining chuqur o'rganish darajasiga va hisoblash jarayonini tashkil etishga ko'proq bog'liq bo'ladi.

Ikkinchi va uchinchi bosqich matematik modellashtirishning asosiy bosqichlari bo'lib, uning mohiyatini, tadqiqod natijalarining nazariy va amaliy ahamiyatini belgilashda asosiy o'rin tutadi.

Tanlab olingan matematik *modelning miqdoriy tahlili modellashtirishning to'rtinchi bosqichida* amalga oshiriladi. Bu bosqich odatda modellashtirishning ishchi (matematik) modeli deb aytiladi va uning vazifasi sonli tajribalarni (eksperimentlarni) tashkil etish, olingan miqdoriy natijalar bilan tanlangan modelni asoslashdan iborat bo'ladi.

Sonli tahlil o'z navbatida *hisoblash jarayonini tashkil etish uchun ajratilgan beshinchi bosqichda algoritm tuzish* bilan amalga oshiriladi. Bu bosqichda hisoblash tizimlari va ularni realizatsiya etish uchun hisoblash texnikasidan, kompyuterlardan foydalanish usullari ishlab chiqiladi. Shuning uchun bu bosqich mutaxassisdan hisoblash tizimlarini bilishligi va kompyuterlardan foydalanish zarurligini taqozo etadi.

Har turli variantlarda tanlab olingan matematik modellar asosida olingan natijalarning tahlili, test variantlari bilan solishtirish va shundan so'ng *uzil kesil modelni tanlab olish oltinchi bosqichda* bajariladi. Bu bosqichda olingan natijalar injenerlik interpretatsiya, jadval va grafiklar yordamida har tomonlama tahlil etiladi. Uchlik "model-algoritm-tizim" da barcha kamchilik va nuqsonlar bartaraf etilgandan so'ng *ettinchi etapda amaliy tavsiyalar* ishlab chiqiladi. Bu bosqich odatda "texnologik sikl (davr)"ning oxirgi bosqichi bo'lib, unda tanlangan matematik modelning ahamiyati va mohiyati amaliy tavsiyalar majmuasini tashkil etuvchi shu bosqichda namoyon bo'ladi. Yuqorida zikr etilgan bosqichlar universal va umumiy harakterga ega bo'lib, ayrim hollarda ularni o'zgartirish ham mumkin. Masalan, ba'zi hollarda MM ning oldindan tayyorlangan variantlari (tipovoy) ma'lum bo'lsa, u holda ayrim bosqichlarni amalga oshirishga hojat qolmaydi, hamda hisobiy tajribalarni avtomatlashtirish imkoniyati tug'iladi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar:**

- 1.Fizikaviy va matematik modellar tushunchasi. Ularning o'xshashligi va farqi.
- 2.Kriteriyalar tushunchasi va ularning modellashtirish jarayonidagi o'rinlari.
- 3.Matematik modelda imitatsiya tushunchasi va undan foydalanish.
- 4.Hisobiy tajriba, uning mohiyati va amaliy ahamiyati.
- 5.Matematik modellashtirishning asosiy bosqichlari. Texnik ob'ekt (TO) tushunchasi, amalda foydalanish. Misollar. Hisobiy tizimning mazmun va mohiyati.
- 6.Matematik modellashtirish jarayonini tashkil etishda asosiy yondashuvlar.
- 7.Matematik modeldan unumli foydalanish va soddalashtirish shartlari.
- 8.Algoritm tuzish tizimi va uni shakllari.
- 9.Hisoblash dasturlarni tuzish bosqichlari, ularning modellashtirish jarayonidagi o'ri.
- 10.Matematik modellashtirish jarayonini amaliy ahamiyatini baholash.

### **1.3.Matematik model strukturasi va xossasi.**

#### **Strukturali va funksionol modellar tushunchasi.**

MMning strukturasi tashqi, ichki va chiqish parametrlari bilan izohlanadi. TO ning fizikaviy, mexanik va informatsion parametrlari ham ichki tashqi va chiquvchi parametrlar rolini o'ynashi mumkin. Masalan quritish barabanida tashqi havo harorati, barabanning aylanish tezligi, geometriyasi, tashqi parametrlar, issiqlik agenti, ko'rakchalarning qizish jarayoni, chigitli paxtaning teplofizik xususiyatlari, ichki parametrlar, quritilgan paxta harorati, namligi, sifati barabandan chiqayotgan havo harorati va namligi chiquvchi parametrlar sifatida qabul qilinishi mumkin.

Agar chigitli paxtani ob'ekt deb qabul qilinsa, u holda uning boshlang'ich namligi, harorati, tashqi issiq havo harakati tashqi parametr bo'lib, paxtaning teplofizik xossalari ichki parametrlar, issiqlik ta'siridan so'ng olingan namlik, harorat va paxta sifati chiquvchi parametrlar deb qabul qilinsa bo'ladi.

Tolar yaratilganda odatda, chiquvchi parametrlarning o'zgarish diapazonlari texnik hujjatlarda ko'rsatiladi, shuning bilan birga tashqi parametrlar (omillar)ning

o'zgarish sohalari ularning jarayondagi o'rni va boshqa shart sharoitlar hosil bo'ladi. Agar modelda tashqi parametrlar asosida chiquvchi va ichki parametrlar masalasi topish masalasi tursa, bunday masalaga to'g'ridan-to'g'ri masala deyiladi. Agar aksincha, olingan ichki va chiquvchi parametrlar asosida tashqi parametrlarni topish masalasi qo'yilsa, bunday masala teskari masala deyiladi. Injenerlik faoliyatida teskari masalaga odatda loyihalash hisoblarida uchraydi, chunki loyiha asosida ichki parametrlar tanlab olinadi va ular ma'lum kriteriy (shartlar)ga asoslanib optimallashtiriladi.

Ko'p hollarda ichki parametrlar haqida ma'lumot bo'lmaydi, yoki bunday TOning qurilmasi juda murakkab bo'lib, MM tuzish imkoniyati yetarli darajada yoki umuman bo'lmay qoladi. Bunday hollarda TOning matematik modeli "qora yashik" prinsipida - tashqi va chiquvchi parametrlar orasidagi bog'lanishni topish bilan chegaralanadi.

MMning amalda qo'llashning samaradorligini oshirishda uning xossalari bir nechta talablarni qanoatlantirishi lozim. Shu talablarga to'xtalamiz:

1.MMning to'liqligi. Bu talab TOning biz qiziqtirgan hamma xossalarini to'la aks ettirgan holda hisoblash tajribasini olib borishni ta'minlaydi. Masalan model ob'ektdagi hamma parametrlarni aks ettirishi mumkin, lekin uning o'lchamlarini va sarf harajatlari ko'rsatkichlarini bermasligi mumkin. Masalan, chigitli paxta sig'imi  $C$  harorat  $T$  va namlik  $W$  ning funksiyalari, ya'ni  $C = f(T, W)$  ko'rinishida berilgan bo'lsin lekin bu bog'lanish, tadqiqot qilinayotgan paxta massasi, issiqlik tarqalish jarayonining manbasi haqida hech qanday ma'lumot bermaydi. Shuning uchun bu bog'lanish paxtaning quritish jarayoni modeli uchun to'liqlik shartini bajarmaydi. Bundan tashqari bu bog'lanish quritish jarayonini vaqt bo'yicha davom etishiga aks ettira olmaydi. Agar Nyuton qonunidan foydalanib paxta massasining ixtiyoriy vaqtda harorati  $T = T(t)$  topish uchun tenglama olamiz.

$$C \frac{dT}{dt} = \alpha(T_M - T) \quad (1.3.1)$$

(1.3.1) tenglamaning boshlang'ich  $T(0) = T_0$  shartdagi bilan yechimi quyidagicha bo'ladi.

$$\alpha t = \int_{T_0}^T \frac{C(T,W)}{T_M - T} dT \text{ bu yerda } \alpha - \text{ issiqlik almashish koeffitsienti,}$$

$T_M$  - tashqi muhit harorati.

Olingan bog'lanishni ifodasi  $C(T,W)$  funksiyaning ko'rinishiga bog'liq bo'ladi. Xususiyl holda agar bu funksiya chiziqli  $C = AT + BW$  bo'lsa, u holda

$$\alpha t = (AT_M + BW) \ln \frac{T_M - T_0}{T_M - T} - A(T - T_0) \quad (1.3.2)$$

Agar 1.3.2 da  $A$  va  $B$  koeffitsientlar tajriba asosida aniqlangan bo'lsa bu ifoda paxta massasini vaqt bo'yicha haroratini o'zgarishini aniqlab beradi. Demak bu modelni  $C = AT + BW$  bog'lanish bo'lgan holda amalda paxta massasida issiqlik tarqalishini o'rganish uchun foydalanish mumkin. Agar o'z navbatida namlik ham vaqt bo'yicha o'zgarishi ma'lum bo'lsa modelda to'liqlik sharti bajarilmaydi. Chunki qo'shimcha yana namlikning o'zgarish qonuni berilishi kerak. Masalan A.V.Likovning quritish tezligini hisoblash uchun taklif etgan formulasidan foydalansak:

$$-\frac{dW}{dt} = K(W_0 - W_p) \exp(-Kt)$$

Namlikning vaqt bo'yicha o'zgarishining quyidagi qonunini olamiz

$$W = W_p + (W_0 - W_p) \exp(-Kt)$$

bu yerda  $W_p$  - muvozanat holdagi namlik,  $W_0$  - boshlang'ich namlik,  $K$  - quritish koeffitsienti.  $C = AT + BW$ , bog'lanishni o'rinli deb qabul qilamiz va (1.3.1) tenglamani quyidagi ko'rinishga olib kelimiz.

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{T_M - T}{AT + B[W_p + (W_0 - W_p) \exp(-Kt)]} \quad (1.3.3)$$

(3.1.2) tenglamaning (3.1.3)ning xususiyl holi bo'lib, uning  $K = 0$  holiga mos keladi.  $K \neq 0$  bo'lsa tenglamani yechimini sonli usulida olinadi.

1MM aniqligi : TO chiquvchi parametrlarining real qiymatlari bilan model vositasida olingan parametrlar orasida farq belgilangan chegarada joylashgan bo'lishi

kerak. Faraz qilaylik TO chiqish parametrlari komponentlari  $y_1, y_2, y_3 \dots y_n$  bo'lgan vektorni tashkil qilsin, ya'ni  $y = [y_1, y_2, y_3 \dots y_n]$ .

Ularni MM yordamida aniqlangan qiymatlarini  $Y_i^m$  va tajriba asosida topilgan real qiymatlarini esa  $Y_i^p$  i bo'lsa, u holda nisbiy xatolik quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_i = \frac{Y_i^m - Y_i^p}{Y_i^p}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

U holda  $E_1, E_2, E_3 \dots E_n$  lar uchun skalyar baho sifatida quyidagi ifodalarni

(normani) qabul qilish mumkin;  $E = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_i^2}$  yoki  $E = \max |E_i|$

Masalan paxta quritish jarayonida model yordamida chiqishda uning namligi 8% harorati 110 °C bo'lsin, o'lchamlar natijasida mos ravishda 10% , 100°C qiymatlar olingan bo'lsin, u holda  $n = 2$ ,  $Y_1^m = 8$ ,  $Y_1^p = 10$ ,  $Y_2^m = 110$ ,  $Y_2^p = 100$ , deb qabul qilamiz va aniqlaymiz.

$$E_1 = \frac{Y_1^m - Y_1^p}{Y_1^p} = 0.2, \quad E_2 = \frac{Y_2^m - Y_2^p}{Y_2^p} = 0.1, \quad E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 0.22$$

Shunday qilib model yordamida olingan natijalarni aniqligi 0,22 (yoki 22%) bilan harakterlash mumkin.

MM yordamida aniqlangan chiqish parametrlar ichki va tashqi omillarga bog'liq bo'lganligi sabali MM ning miqdoriy harakteristikasi  $E$  uz navbatida bu omillarga bog'liq bo'lib chiqadi.

1.MM adekvatligi: Modelning TO da chiqish parametrlarning aniqligi oldindan tayinlangan xatolik qiymati  $\delta$  dan oshmasligini taminlaydigan xususiyatiga (qobiliyatiga) aytiladi. Faraz qilaylik kutilayotgan tashqi parametrlarning nominal qiymatlari  $x_{nom}$  da opimillashtirish masalasi hal qilinib, unda xatolikni  $E$  ni minimumini ta'minlaydigan ichki parametrlar  $g_{nom}$  lar aniqlangan bo'lsin. Agar tashqi parametrlarining boshqa qiymatlarida  $\delta \geq E_{min}$  sharti bajarilsa, ularning qiymatlari modelning adekvatlik sohasi deb aytiladi. Modelning adekvatligi keng

ma'noda konkret hol uchun TO eng muhim ahamiyat kasb bo'lgan harakteristikalarini sifat va miqdoriy tavsiflashdan iborat bo'ladi. Shunday bo'lishi ham mumkinki, qabul qilingan model TO tanlangan ba'zi harakteristikalar uchun adekvat, boshqa harakteristikalar uchun noadekvat bo'lishi ham mumkin. Ko'pgina amaliy sohalarda, matematikani miqdoriy usullarini qo'llash hali to'la holga keltirilmagan bo'ladi, u holda MM eng muhimi sifat harakteriga ega bo'lish bilan chegaralanadi. Miqdoriy tahlil imkonyati bo'lmagan holda (masalan biologik va ijtimoiy jarayonlarda) ko'pincha sifat ko'rsatgichli modellar qo'llanilib, jiddiy matematik formallashtirish amalda qo'llanilmaydi. Bunday hollarda MM adekvatligi deganda, TO ning sifat ko'rsatkichlarini to'g'ri tavsiflashni tushunish lozim bo'ladi.

2.MM tejamkorligi: MM da bajariladigan hisoblashga sarflanadigan hisob resursi (hisoblash mashinalar vaqti va xotirasi) bilan baholanadi va aniqlaniladi. Bu sarflar bajariladigan arifmetik amallar xajmiga, modelning murakkablik darajasiga, fazoviy o'zgaruvchilarning soniga, foydalaniladigan PKlarning tiplariga va boshqa ko'pgina omillarga bog'liq bo'ladi. Ba'zi hollarda hisoblash vaqtini tejash maqsadida model soddalashtiriladi, u holda model uchun adekvantlik talabi yetarli darajada bajarilmay qolishi mumkin. Bunday paytlarda adekvatlik sohasi kichrayishi mumkin va amalda hisobga sarflanadigan vaqt bilan adekvatlik talabi o'zaro kompromiss holda saqlanishi kerak. Tejamkorlik xossasini ko'p hollarda MM ning soddaligi bilan bog'lanadi. Bunday paytda hisob ishlari EHMsiz bajarilishi, biroq olingan natijalarining qiymati yuqori bo'lmasligi mumkin.

3.MM ning ustuvorligi: Bunday talab MM ning kiruvchi parametrlarning xatoligiga nisbatan ustuvorligini ya'ni ularni hisoblash tajribasi natijalarga katta ta'sir qilmasligini ta'minlashdan iboratdir. Model yordamida olingan natijalarda bunday xatoliklar bo'lganda katta o'zgarishlar bo'lmaydi. Bunday hollarda ko'proq olingan modelni kichik songa bo'lish yoki vaqt orasida tez o'suvchi funksiyalarni qo'llash va boshqa hollardagi vaziyatlarda kuzatish mumkin. Amalda MM ning to'liqligini kengaytirish maqsadida modelda qo'shimcha parametrlar yoki koeffitsientlar kirgizilsa uning barqarorligi pasayib ketishi mumkin. Ayniqsa mexanikada ko'p uchraydigan maxsus funksiyalar Dirak funksiyasi shunday holga keltirishi mumkin.

4.MM unumdorligi: Bu xossa foydalaniladagan boshlang'ich parametrlarning ishonchlilik darajasining yuqoriligi bilan belgilanadi. Agar bu parametrlar asboblarda yordamida o'lchangan bo'lsa, ularning o'lchash aniqligi MM da olingan parametrlar aniqligidan yuqori bo'lmog'i lozim. Aks holda MM unumsiz bo'lib, TO tahlil qilishga qo'llash o'z ma'nosini yo'qotadi.

5.MMnig yaqqolligi (ravshanligi): bu talab zaruriy xossa bo'lmay, bundan kerak bo'lgan paytda foydalanish mumkin. Ba'zi hollarda MM ning tarkibi (masalan tenglamalarning ayrim xadlari) kengroq talqin qilinsa, modelning modifikatsiya qilish osonlashadi. Bunday sharoitda hisoblash tajribasida olinadigan miqdoriy qiymatlardan oldindan ko'ra bilish va ularga baho berish imkoniyati paydo bo'ladi shuning bilan birga ularni kuzatish oson bo'ladi.

MMlar asosida ularni tiplarga ajratish (klassifikatsiyalash) prinsipi yotadi. Bu prinsip TO ning xususiyatlariga va ularni detallashtirish darajasiga bog'liq bo'ladi.

Agar model TO va uning tarkibida elementlarning o'zaro bog'liqligini ifodalasa, bunday MM strukturali matematik model deyiladi. Agar model TO tarkibidagi fizik, mexanik, kimyoviy jarayonlarni ifodalasa, bu funksional matematik model deyiladi. Ba'zan ikki holni ham ifodalash mumkin. U holda struktura-funksional matematik model qabul qilinadi.

Strukturali matematik modellar topologik va geometrik tiplarga bo'linib, MMning ikki bosqichli ierarxiyasini tashkil etadilar. Texnologik tip TOning tarkibi va ular orasida o'zaro bog'lanishni belgilaydi. Texnologik MM uning murakkab strukturasini o'rganish uchun tuziladi. Ularni tuzishda grafiklar, jadvallar, matritsalaridan foydalanish mumkin.

Geometrik MM topologik MMni grafigini qo'shimcha ma'lumotlar bilan ta'minlaydi. Bu yerda elementlarni o'lchovlari aniqlanib, ularning o'zaro joylashishi belgilanadi. Geometrik MM odatda tenglamalar, egri chiziqlar, fazoviy sirtlar majmuasi bo'lib ularning o'zaro kesishish sohasini aniqlab beradi. Sohalarning chegarasi kinematik usulida ham berilishi mumkin, masalan harakatdagi nuqta traektoriyasi, shaklini vaqt mobaynida o'zgartiruvchi sirtlar va h.k.

Ba'zi hollarda sohani shakli va o'lchami har xil bo'lgan fragmentlar bilan ko'rsatish mumkin. Bunday usul odatda hisoblashda chekli elementlar deb qabul qilinadi.

Geometrik MM TO ning loyihalashda, texnikaviy dokumentlar tayyorlashda qo'llaniladi.

Funksional MM fazoviy o'zgaruvchilar, ya'ni ichki, tashqi va chiqaruvchi parametrlar orasida bog'lanishni ifodalaydi.

Funksional MM (FMM) larning ko'pincha parametrlarni aniq bog'lanishlar orqali ifodalab bo'lmaydi. Bu yerda faqat TO tashqi parametrlar ko'rsatgan "javobi"ni (reaktsiyani) o'rganish mumkin. Bunday tipdagi FMM yuqorida ko'rsatilgandek "qora yashik" bo'lib ularni imitatsion matematik (IMM) model deb ataladi. Bunday model TO tashqi ta'sirga ko'rsatadigan reaksiyani imitatsiya ko'rinishda ifodalab amalda undagi jarayonlarni ochib bera olmaydi. Imitatsiya matematik modellar kibernetika sohasida, hamda boshqarish tizimida ko'proq qo'llaniladi. IMM ko'p jihatdan o'zining mohiyati bilan algoritmik matematik modelga (ALMM) o'xshab ketadi, chunki ikkala modelda ham TO tashqi ta'sirga reaksiyasi ifodalanadi. ALMM da bunday reaksiya algoritm ko'rinishida (shaklda) tasvirlanadi. Bunday algoritmlar odatda EHMda reja yordamida amalga oshiriladi. Agar TO parametrlar orasidagi bog'lanishlar analitik usulida ifodalansa, u holda modellarga analitik matematik model (ANMM) deb yurgiziladi. Bunday model murakkab TO uchun MM ierarxiya ko'rinishida keltirilganda o'sish elementlarini analitik ko'rinishda tasvirlashda ko'proq ishlatiladi. Konkret TO larning MM lari odatda ham analitik va algoritmik modellar yig'masidan iborat deb qabul qilish mumkin. Miqdoriy izlanishlar bosqichida murakkab analitik bog'lanishlar uchun "hisoblash tajribasi" o'tkaziladigan vaziyat bo'lsa, u holda algoritmlar tuzilib EHM hisoblash ishlari amalga oshiriladi. Boshqacha qilib aytganda matematik modellashtirish jarayonida analitik matematik model deb algoritmik matematik modelga aytiladi. Algoritm modellarni amaliy tadbqiq qilish uchun asosiy instrument bo'lib xizmat qiladi. Hisob tajribasi aslida algoritmni amaliy ko'rinishi bo'lib hisoblanadi. Bunday modellar amalda ko'p qo'llanilib kelinadi. Keyingi ma'ruzalarda shunday modellar tuzishda misollar keltiriladi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

- 1.MM strukturasi haqida tushuncha. Uning xossalari haqida ma'lumot.
- 2.MMning to'liqligi xossasidagi talablar va ularning tahlili. Misollar.
- 3.MMning aniqlik xossasidagi talablar va ularning tahlili. Misollar.
- 4.MMning adekvatligi va tejamkorligi xossalaridagi talablar va ularning tahlili.
- 5.MMning ustivorligi, unumdorligi va yaqollik xossalaridagi talablar va ularning tahlili.
- 6.Strukturali va funksional matematik modellar ularing ta'rifi, amalda qo'llanilishi.
- 7.Topologik va geometrik modellar tushunchasi. Model tuzishda ularning o'rni.
- 8.TOga tashqi parametrlar ta'sirini o'rganish yo'llari. «Qora yashik» tushunchasi, uning tavsifi.
- 9.Imitatsiya tushunchasi, imitatsion model, uning amalda qo'llanilishi. Misollar.
- 10.Analitik matematik model uni «Hisobiy tajribadagi» ahamiyati va o'rni.

### **1.4. O'lchovli va o'lchovsiz fizik kattaliklar.**

#### **SI tizimi, birlamchi va ikkilamchi o'lchov birliklari.**

Jarayon va hodisalarni o'rganishda eng ko'p tarqalgan usullaridan biri bu modellashtirish usuli bo'lib hisoblanadi. Murakkab tizimni hosil qiluvchi katta masshtabdagi jarayonlarni o'rganishda namuna bilan hisoblash usuli orasida bog'lanish yangicha ma'noga ega bo'lib, bunday jarayonlarni tajriba va amaliy yo'li bilan tahlil qilish qiyinlashadi. Sababi uni amalga oshirish uchun ko'p vaqt va katta mablag' talab etiladi, ayrim hollarda ularni o'tkazish tashkiliy va texnikaviy nuqtaiy nazarda imkoniyat bo'lmay qoladi. Bunday hollarda asosiy e'tibor hisoblash usuliga yo'naltirilib, uni aniqlik darajasi, hamda imkoniyat doirasini kengaytirish zarur bo'lib qoladi. Bunday vaziyat murakkab texnologik jarayonlar ayrim avtonom bo'laklar ajratilib, ular aloxida o'rganiladi va texnologiyaning yaxlitligini hisobga olib, ular orasida bog'lanishlar o'rganib chiqiladi. Shunday nazariyadan chiqadigan bo'lsak, har bir avtonom bo'lak o'z navbatida tajriba va amaliy kuzatish asosida tahlil

qilinadi. Nazariy jihatdan ular modelni tuzish va o'rganish imkoniyati tug'iladi. Shunday qilib amalga model tushunchasiga qilamiz, uning amaliy ahamiyati haqida fikr yuritamiz. Amalda modellar ikki turga bo'linadi. Birinchi tur modellashtirish fizikaviy modellashtirish deb aytiladi. Fizikaviy modellashtirish o'rganilayotgan jarayon biror qurilma yordamida amalga oshirilib, unda jarayonning fizikaviy namunalari saqlanib qolinishi kerak. Masalan jinlash o'rganish uchun bu jarayonni maxsus qurilmasi (maketi) yoki tabiatda hosil qilinadi, va unda jarayon o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lgan parametrlarning o'zgarish diapazonida o'rganiladi. Fizik modellashtirishning ahamiyati shundan iboratki, unda jarayonni tabiatda o'rganish qiyinlashsa qurilmada (maketda) uni har tomonlama o'rganish imkoniyatlari hosil bo'ladi jarayon original ixtiyoriy tanlab olinmaydi. Ular orasida o'xshashlik shartlaridan kelib chiqadigan ma'lum nisbatlar saqlanib qolinishi kerak. Bunday nisbatlar odatda kriteriylar deb aytiladi. Ularning son qiymatlari jarayon originalda bir xil bo'lib, bundan tashqari geometrik o'xshashlik ham saqlanib qolishi kerak. Fizikaviy modellashtirishni o'zining ko'pgina foydali tomonlari bo'lishiga qaramasdan uning imkoniyatlari chegaralangan bo'ladi. Chunki originalni to'la to'kis aks ettiradigan qurilmalarni hamma vaqt tayyorlab bo'lmaydi. Bunday hollarda amalda matematik modellashtirish usulidan foydalaniladi. Matematik modellashtirish deb har xil fizik ma'noga ega bo'lgan jarayonlarni bir xil tenglamalar va bog'lanishlar natijasida o'rganishga aytiladi. Masalan, mexanik, elektik va tengsizlik koeffitsientlari orasida amalda o'rnatilgan tenglamalar yordamida o'rganilsa bo'ladi. Masalan jismning garmonik tebranishlarini ko'rib chiqamiz. Agar massaning tebranish chastotasini  $\omega$  deb qabul qilsak ( $\omega = \sqrt{c/m}$ ,  $c$ -prujina bikirlik koeffitsienti,  $m$ -jism massasi) va  $x/n$  uning ko'chishi deb qabul qilsak jismning harakati quyidagi tenglama yordamida yoziladi.

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad (1.4.1)$$

Endi elektr konturida erkin tebranishlarni ko'rib chiqaylik. Buning uchun  $C_0$  - deb kondensator sig'imi,  $L$  - deb katushka induktivligi deb olamiz. Elektr dinamika kursidan ma'lumki konturda harakat qilayotgan zaryad uchun quyidagi tenglama qanoatlantiradi.

$$L\ddot{q} + \frac{q}{C_0} = 0 \quad (1.4.2)$$

Agar  $\omega^2 = \frac{1}{LC_0}$  deb qabul qilinsa, u holda yuqoridagi (1.4.1) tenglamani hosil

qilamiz. Shunday qilib (1.2) ko'rinishida ikkala holda ham bir ko'rinishdagi tenglamalar olindi. Yana bir misol ko'ramiz. Paxta massasini jism deb qabul qilamiz va unda haroratni  $T$  deb qabul qilamiz. Tashqi muhit harorati  $T_0 < T$  issiqlik sig'imi  $C_1$ , tashqi muhit bilan issiqlik almashuv ko'ffisienti  $\alpha$  bo'lgan. U holda paxtada harorat o'zgarish kamayish Nyuton qonuni asosida quyidagicha yoziladi:

$$C_1 \frac{dT}{dt} + \alpha(T - T_0) = 0 \quad (1.4.3)$$

Endi muhitda diffuziya masalasini ko'raylik (masalan bo'yoqning suvda, namlikni paxta massasi tarkibida tarqalishi)  $U_0$  boshlang'ich kontsentratsiya  $\lambda$ -muhit parchalanish (ko'payish) ko'ffitsient  $U$ -( $U > U_0$ ) diffuziyalanadigan muhit (bo'yoq, namlik) kontsentratsiya deb qabul qilsak, u holda muhitda diffuziya holati vaqt bo'yicha o'zgarishi quyidagi tenglama yordamida yoziladi.

$$\frac{dU}{dt} \pm \lambda(U - U_0) = 0 \quad (1.4.4)$$

Bu yerda plyus ishora diffuziyalanadigan muhit (bo'yoq, namlik) ning parchalanish ko'ffitsient deb aytiladi. Agar yuqoridagi (1.4.3) tenglamada  $\lambda = \alpha / C_1$  deb qabul qilsak, u holda bu tenglama (1.4.4) tenglama ko'rinishiga (plyus ishora bilan) keltirilib, diffuziyalanadigan muhit parchalanish tenglamasi bilan bir xil bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan ikki misolda shunday xulosa qilish mumkinki jarayonlarni matematik modellashirishda eng birinchi uning matematik modelini tuzish keltirilgan misollarda fizik qonunlar asosida tenglamalar tuzilib, ularda ko'ffitsientlar orasida bog'lanishlar (tebranma harakat bilan elektr konturi tebranishda  $\sqrt{C/m}$  va  $1/\sqrt{LC_0}$  ko'ffitsientlar, harorat o'zgarishi va diffuziya masalasida  $\lambda$  va  $\alpha / C_1$  ko'ffitsientlar bir xil bo'lishi talab qilinadi. Bundan tashqari original jarayon bilan model jarayonda bir xil natijalar olish uchun ularda ko'ffitsientlar ma'lum

kriteriyalar orqali bir xil bo'lishi lozim. Bunday hollarda o'xshashlik nazariyasidan foydalanish kerak.

O'xshashliklar nazariyasi o'z navbatida fizik kattaliklarning o'lchov birliklari orqali ifodalanadi. Ularning har xil kombinatsiyalarida o'lchamsiz bo'lgan kattaliklar hosil qilish mumkin. Bunday kattaliklar odatda kriteriyalar deb ham aytiladi va ularni shu kriteriyalarni kiritishini taklif qilgan olimlar nomi bilan aytiladi. Masalan, agar havoda harakat qilayotgan jismning tezligini  $v$  deb, havoda tovush tezligini  $a$  (m/s) deb olsak, u holda ushbu nisbat  $M = v/a$  o'lchamsiz kattalik bo'lib, uni adabiyotda birinchi marta *max* kriteriyasi yoki *max* soni deb aytiladi. Bunday kattaliklarni hosil qilish hamda jarayonlarni nazariy o'rganib, uning natijasidan xulosalar qilish uchun eng avval fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari bilan tanishib chiqamiz. O'lchov birliklar haqidagi ma'lumotlar D.Kamke adabiyotida va miniensiklopediada to'liq keltirilgan.

Hozirgi paytda fizik kattaliklarni miqdoriy baholash uchun o'lcham birliklaridan foydalaniladi. Ikkinchi tomondan har bir o'lcham birlikka biror fizik kattalik to'g'ri keladi. O'lcham fizik kattaliklarning ta'rifini bizdan 200-250 avval A.Eyler o'zining "Algebra" deb atalgan asarida ta'rifini bergan. Uning ta'rifi bo'yicha kattalik deb o'sish va kamayish qobiliyatiga ega bo'lgan narsaga aytiladi. Shu nuqtai nazardan uning fikricha, fizika bu kattaliklar xaqida fan deb qabul qilinsa bo'ladi. Shuning bilan birga birorta kattalikni o'lchash uchun boshqa bir shu tipdagi kattalik mavjud bo'lishi kerak. Masalan jismning og'irligini o'lchash uchun *kg*, *tonna* - o'lcham birliklari mavjud bo'lishi kerak. Shuning uchun biror kattalikka miqdoriy son berish uchun bizning ixtiromiz bilan biror o'lcham birligi tanlab olinishi lozim.

Shu munosabat bilan o'lcham muammolarini biror tizimga keltirish uchun bazisli kattalik qabul qilingan. Bazis kattaliklar soni bo'lib minimal bo'lgan o'lcham birliklarga qabul qilinadi (1.4.1-jadval). Agar bazis kattaliklar ma'lum bo'lsa, u holda ixtiyoriy kattaliklarni o'lchov birliklari shu bazisli kattaliklarning kombinatsiyasi orqali ifodalanadi (1.4.2-jadval). Agar A,B,C kattaliklar har xil o'lchov birliklariga ega bo'lsa ular uchun quyidagicha aksiomalar o'rinli bo'ladi.

1. A va B birliklar yordamida yangi birlik  $C=A \cdot B$  tuziladi (mo'ltiplikativ bog'lanish).

2. O'lcham birligi ko'rsatilmagan kattaliklar bor, ular  $(1)=A_0$  bilan ifodalanadi.  $A \cdot (1)=A$  tenglik o'rinli bo'lib, A-birlik element deyiladi.

3. Har qanday o'lcham birlikka teskari bo'lgan o'lcham birlik mavjud, agar kattalik A berilgan birliqa ega bo'lsa,  $A^{-1}$  unga teskari o'lcham birligi bo'lib,  $A \cdot A^{-1}=(1)$  tenglik bajariladi.

4. Har xil o'lchamli kattalik uchun ular o'lchamlari assotsiativ  $A \cdot (B \cdot C)=(A \cdot B) \cdot C$  va komo'tativ  $A \cdot B=B \cdot A$  qonunlariga bo'ysinadi

5. Chekli sondagi o'lcham birliklar mavjudki  $C_1, C_2 \dots C_N$ , ular orqali kattalik X ning o'lchami topiladi

$$X = C_1^{\alpha_1} C_2^{\alpha_2} \dots C_N^{\alpha_N}$$

Bu yerda:  $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_N$  - butun sonlar.

1.4.1-jadval.

SI tizimidagi bazis (birlamchi) birliklar

| № | Kattalik turi         | Birlikning nomi | Qisqacha belgilar |
|---|-----------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Uzunlik               | Metr            | m                 |
| 2 | Massa                 | kilogramm       | kg                |
| 3 | Vaqt                  | Sekund          | s                 |
| 4 | Elektr tokining kuchi | Amper           | A                 |
| 5 | Harorat               | Kel'vin         | K                 |
| 6 | Yorug'lik kuchi       | Kandela         | Kd                |
| 7 | Massa miqdori         | Mol'            | mol'              |
| 8 | To'kis burchak        | Radian          | Rad               |
| 9 | Fazoli burchak        | Steradien       | Sr                |

## SI tizimidagi ikkilamchi (kogerent) birliklar

| №  | Kattalik turi                    | Birlikning nomi | Qisqacha belgilash | Bittasi birliklar bilan bog'lanish |
|----|----------------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------------|
| 1  | Kuch                             | Nyuton          | N                  | $1N=1kg \cdot ms^{-2}$             |
| 2  | Bosim va mexanik kuchlanish      | Paskal          | Pa                 | $1Pa=1n \cdot m^{-2}$              |
| 3  | Energiya, ish                    | Djoul           | J                  | $1J=1n \cdot m$                    |
| 4  | Quvvat                           | Vatt            | W                  | $1W=1Dj/s$                         |
| 5  | Zaryad                           | Kullabon        | Kl                 | $1Kl=1A \cdot s$                   |
| 6  | Elektr kuchlanish                | Vol't           | V                  | $1V=1Vt \cdot A^{-1}$              |
| 7  | Elektr sig'imi                   | Farada          | F                  | $1F=1Kl \cdot V^{-1}$              |
| 8  | Elektr qarshiligi                | Om              | Om                 | $1om=1V \cdot A^{-1}$              |
| 9  | Elektr o'tqazgich                | Simens          | Sm                 | $1sm=1om^{-1}$                     |
| 10 | Magnit oqimi                     | Veber           | Vb                 | $1vb=1v \cdot s$                   |
| 11 | Magnit oqimining zichligi        | Tesla           | T                  | $1th1Vb \cdot m^{-1}$              |
| 12 | Induktivlik                      | Genri           | G                  | $1G=1vb \cdot A^{-1}$              |
| 13 | Yorug'lik oqimi                  | Lyumen          | Lm                 | $1lm=1kg \cdot cp$                 |
| 14 | Yorug'lik                        | Lyuks           | Lx                 | $1lx=1lim^{-1}$                    |
| 15 | Chastota                         | Gerts           | Hz                 | $1Hz=1s^{-1}$                      |
| 16 | Isitish kobilyati                |                 |                    | J/kg                               |
| 17 | Entalpiya                        |                 |                    | J                                  |
| 18 | Solishtirma ental'piya           |                 |                    | J/kg                               |
| 19 | Entropiya                        |                 |                    | J/K                                |
| 20 | Solishtirma entropiya            |                 |                    | J/Kkg                              |
| 21 | Issiqlik sig'imi                 |                 |                    | J/K                                |
| 22 | Solishtirma Issiqlik sig'imi     |                 |                    | J/Kkg                              |
| 23 | Issiqlik utkazuvchanlik          |                 |                    | Vt/mK                              |
| 24 | Issiqlik almashish koeffitsienti |                 |                    | Vt/m <sup>2</sup> K                |

Mexanikada (texnologiyada) quyidagi kattaliklar mavjud:  $m$ -massa,  $l$ -uzunligi,  $t$ -vaqt. Geometriya o'lchami  $l$ - berilishi yetarli, tezlik va tezlanish o'lchamlari uchun  $l$  va  $t$  - berilishi, dinamika masalalaridagi kattaliklar o'lchami uchun  $m, l$  va  $t$  kattaliklar zarur bo'ladi, yuza, massa va vaqt bazis birliklar o'rnini

bosmaydi. Lekin implus  $P$ , energiya  $W$  va ta'sir  $S$  birgalikda bazis birlikni berish mumkin.

$$P = lmt^{-1}, \quad W = l^2mt^{-2}; \quad S = t^2ml^{-1}$$

Bu tenglikda  $l, m, t$  larni topish mumkin

$$l = p^{-1}S, \quad m = p^2W^{-1}, \quad t = W^{-1}S^2$$

Texnika va texnologiyalarning rivojlanish jarayonida birlik o'lcham birliklarini tanlab olish zaruriyati kelib chiqadi. Bu o'lcham birliklar universal bo'lib, uzoq muddatga saqlanib qolinish talabani bajarishi kerak. Shu munosabat bilan 1960 yilda o'lchamlar va og'irliklar XI xalqaro konferentsiyasida davlatlar kelishib xalqaro birlik tizimining qabul qiladi. Bu bazis birliklar jadvalda keltirilgan. Ko'rsatilgan 7-birlik birlamchi bo'lib qolgan fizik kattalik o'lcham birliklari birlamchi birliklar yordamida ifodalanib ularga ikkilamchi (kogerent) birliklar deb aytiladi (1.1.jadval). O'lcham birliklari kogerent bo'lgan fizik kattaliklarning ro'yxati 1.2-jadvalda keltirilgan. Ba'zi ikkilamchi birliklar amalda mustaqil nomga ega bo'lib kelmoqda. Olimlar nomi ataladigan hamma birliklar katta harf bilan belgilanadi. Bu yerda harflarni tartib bilan ezilishiga e'tibor berish zarur. Masalan, 1Nm- 1 Nyuton metrni anglatrsa, 1mN- 1 milliNyuton (Nyutonning mingdan biri) yoki 1sN- 1 santinyuton (Nyutonning yuzdan biri), 1kN-1 kiloNyuton( 1000 Nyuton), mN-megaNyuton (10<sup>3</sup> kN=10<sup>6</sup> N), kPa-kilopaskal'(10<sup>3</sup> Pa), mPa-megapaskal (10<sup>3</sup> kPa=10<sup>6</sup>Pa) 5sN=0.05N, 5mN=0.005N tengliklar o'rinli bo'ladi. Misol. Po'lat uchun Yung moduli  $E = 2 \cdot 10^6 kG / sm^2$  ekanligi ma'lum. Uni SI tizimidagi qiymatini toping. Echish. kG (kilogramm kuch) va sm larni SI tizimidagi qiymatlarini qo'yib chiqamiz, ya'ni  $kG = 10N$ ,  $1sm^2 = 10^{-4}m^2$  tengliklarni e'tiborga olamiz. U holda

$$2 \cdot 10^6 kG / sm^2 = 2 \cdot 10^6 \cdot 10N / 10^{-4}m^2 = 2 \cdot 10^{11}N / m^2 = 2 \cdot 10^{11}Pa = 2 \cdot 10^8 kPa = 2 \cdot 10^5 mPa$$

Eslab qolish oson bo'lish uchun, moduldagi  $10^n$  ( $n$  musbat butun son)  $MPa$  da  $10^{n-1}$  ga teng deb olish kerak.

Xulosa qilib shuni aytish kerakki, agar qabul qilingan biror birlik G fizik kattalik tarkibida qanchaligi ma'lum bo'lsa, u holda bu kattalik shu tizimda o'lchangan deb qabul qilinadi.

Mustaqil nomga ega bo'lgan birliklar belgilashlar orqali beriladi. Masalan  $1\text{nm}=1\text{nyuton-metr}=10\text{n}$  lekin  $1\text{mn}=1\text{milinyuton}$ ;  $1\text{sn}=1\text{santinyuton}$   $1\text{mn}=10^{-3}\text{ n}$ ;  $1\text{sn}=10^{-2}\text{ n}$ ;  $1\text{kn}=10^3\text{ n}$ ;  $1\text{mPa}=10^6\text{ Pa}$

Foydalanishdan chiqarib yuborilgan birliklar, ularning mavjud birliklar bilan bog'lanishi va miqdoriy qiymatlari:

$$1 \text{ dengiz mili (n mi)} = 1852 \text{ m}$$

$$1 \text{ mili (mi)} = 1609 \text{ m}$$

$$1 \text{ farlongi (fur)} = 201.17\text{m}$$

$$1 \text{ cheynlar (ch)} = 20.108\text{m}$$

$$1 \text{ yard(yd)} = 0.914\text{m}$$

$$1 \text{ futlar (ft)} = 0.305 \text{ m}$$

$$1 \text{ d'yum (in)} = 0.0254\text{m}$$

$$1 \text{ mkm(mikron)} = 10^{-3}\text{mm}=10^{-6}\text{m}$$

$$1 \text{ nano} = 10\text{A}=10^{-9}\text{m}$$

$$1 \text{ A (angstrem)} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ gallon (UK gal,Britaniya)} = 0.005\text{m}^3$$

$$1 \text{ bar} = 10^5\text{Pa},$$

$$1 \text{ atm (atmosfera)} = 101325\text{Pa}$$

$$1 \text{ erg} = 10^{-7}\text{Dj}$$

$$1 \text{ m.suv ustuni} = 0.1\text{atm}=9806,65 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm.simob ustuni} = 1 \text{ torr}=101325/760=133,32\text{Pa}$$

$$1 \text{ gal} = 0.01\text{m/s}^2$$

$$1 \text{ ot kuchi} = 735.49875 \text{ Vt}$$

$$1 \text{ dina} = 10^{-5} \text{ N}$$

$$1 \text{ barel'} = 160\text{kg}$$

$$1 \text{ kgs=kG} = 9.81\text{N}$$

$$1 \text{ suyuqlik gallon (USA gal)} = 3.785\text{litr}$$

1 suyuqlik gallon (UK gal) = 4.546 litr  
 1 untsiya(oz) = 0.02835 kg  
 1 funt(lar)(lb) = 0.454 kg  
 1 qarat = 0.2 gr  
 60 tomchi = 1 choy qoshig'i = 0.005 l  
 1 osh qoshig'i = 0.015 l  
 1 teks (tekstilning pogon massasi) =  $10^{-6}$  kg/m = 1 mg/m  
 1 Kel'vin (K) =  $273 + ^\circ\text{C}$   
 1 Farengeyt ( $^\circ\text{F}$ ) =  $32 + ^\circ\text{C}$   
 1 P (puaz) = 0.1 Pa.s  
 1 St (stoks) =  $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$   
 1 kkal = 4.1868 kJ  
 1 kkal/soat = 1.163 Wt

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Fizik kattaliklar tushunchasi, ularga Eyler bergan ta'rif tahlili.
2. O'lchov birligi tushunchasi, uning ta'rifi. Bazisli kattaliklar. Ikki xil o'lchov birliklariga ega bo'lgan kattaliklar uchun aksiomalar.
3. Texnologik jarayonlarda foydalaniladigan o'lcham birliklardan ma'lumotlar.
4. SI tizimi. Unda qabul qilingan birlamchi o'lchov birliklari.. Ikkilamchi (kogerent) o'lchov birliklar, ularni aniqlashda fizik qonunlardan foydalanish. Misollar.
6. Mustaqil nomga ega bo'lgan birliklarni belgilash. Ularning birlamchi birliklar orqali ifodalash. Misollar.
7. Foydalanishdan chiqarib yuborilgan birliklar, ularning birlamchi birliklar bilan bog'lanishi. Misollar.
8. TO modelini tuzishda aniqlovchi va aniqlanadigan parametrlar xaqida tushuncha.
9. Fizik kattaliklar o'lchamini darajali bir xad bilan ifodalash formulasi.
10. Fizikaviy jarayonlarni birlamchi birliklardagi ifodasini topish. Misollar.

### **1.5.TO ning aniqlovchi va aniqlanadigan parametrlari.**

#### **Nazariy va empirik modellarda aniqlanadigan parametrlar**

#### **$\pi$ -teorema, texnologik jarayonlarni boshqarishda ularning o'rni.**

Matematik model tuzish tanlangan usuliga qarab nazariy va empirik tiplarga bo'linadi. Nazariy modellar TO xossalarini va undagi jarayonlar har tomonlama o'rganib chiqish natijasida yuzaga keladi. Ikkinchi tip esa TO xossalarini va undagi jarayonlarni tashqi kuzatuv natijalarini tahlil qilish natijasida yuzaga keladi. Empirik modellarni tuzishda ko'pincha tajribalar yordamida TO da izlanishlar o'tqazilib unda-fazoviy o'zgarishlar qiymatlari o'lchanadi, o'lchangan natijalar umumlashtiriladi va algoritmlar tiliga ko'chiriladi, ba'zi hollarda esa sonli tilga ko'chiriladi, sonli qiymatlar asosida ularning analitik ifodalari olinadi. Shuning uchun empirik modellar ikkala algoritimli va analitik ko'rsatkichlarni o'z ichiga oladi. Shunday qilib V.S.Zarubin va A.N.Tixonovlar g'oyasi bo'yicha empirik matematik modelni tuzish identifiqatsiya masalasini echishga olib keladi. Bu o'z navbatida MM amalda qo'llashda yangi imkoniyatlarini yaratadi<sup>55</sup>.

TO ni o'rganish uchun yetarli bo'lgan va soni minimum ega bo'lgan o'lchovli va o'lchamsiz parametrlarga o'lchamlar nazariyasida aniqlovchi parametrlar deb aytiladi. Bu parametrlarga odatda TO ning geometrik va fizik harakteristikalari, o'zgaruvchilar, jumladan, fazoviy koordinatalar va vaqt kirishi mumkin. Aniqlovchi parametrlarga bog'liq bo'lgan parametrlarga aniqlanadigan parametrlar deb aytiladi. Aniqlovchi va aniqlanadigan parametrlar yig'indisiga (majmuasi) TO ning asosiy parametrlari deb aytiladi.

Faraz qilaylik, TO  $n$  ta asosiy parametrlar  $x_j > 0$  ( $j = 1...n$ ) orqali harakterlanadigan bo'lsin. Ularning o'lchamlari darajali bir xad bilan ifodalangan bo'lsin, ya'ni:

$$[x_j] = \sum_{i=1}^k [L_i]^{\alpha_{ij}} \quad (1.5.1)$$

Bu yerda  $[L_i]$  asosiy o'lcham birliklar qilib tanlangan  $k$  kattaliklarning o'lchamlari,  $\alpha_{ij}$ - daraja ko'rsatkichlari. Quyida ko'riladigan misollarda  $m$ - massa

---

<sup>55</sup> Zarubin V.S. Matematicheskoe modelirovanie v texnike. Moskva Izd.MVTU. 2003.

(kg),  $l$  -uzunlik(m),  $t$  -vaqt(s),  $P$  -kuch (N)  $g = 9.81 m/s^2$  - erkin tushish tezlanishi deb belgilangan.

Misol 1. Mayatnik tebranish davri

$$T = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{l}{g}}$$

formula bilan ifodalanadi. Uning o'lchamini quyidagicha ezamiz

$$[T] = [l]^{1/2} [g]^{-1/2}$$

Agar o'lcham birliklari asosiy deb qabul qilinadigan kattaliklar tariqasida uzunlik  $l$  (o'lcham birligi  $m$ ) va vaqt  $t$  (o'lcham birligi  $sek$ ) qabul qilinsa va  $[g] = [l]^2/[c]^2$  tenglikni e'tiborga olinsa, u holda

$$[T] = \frac{[l]^{1/2} [t]}{[l]^{1/2}} = [l]^0 [t] = c$$

tenglik hosil qilamiz. Shunday qilib,  $j=1$   $i=1,2$   $x_1 = T$ ,  $L_1 = m$ ,  $L_2 = c$ ,  $\alpha_{11} = 0$ ,  $\alpha_{12} = 1$

Misol 2. Quvvatning formulasini ko'ramiz

$$Q = \frac{Pl}{t}$$

$$\text{O'lchami } [Q] = \frac{[P][l]}{[t]} = [m][l]^2[t]^{-3} = \frac{kgm^2}{s^3}$$

Bu yerda  $j=1$ ,  $i=1,2,3$ ,  $x_1 = Q$ ,  $L_1 = kg$ ,  $L_2 = m$ ,  $L_3 = s$ ,  $\alpha_{11} = 1$ ,  $\alpha_{12} = 2$ ,  $\alpha_{13} = -3$ .

Misol 3. Elastik koeffitsienti  $c$  ( $N/m$ ) bo'lgan prujinadagi massasi  $m$  (kg) bo'lgan jism tebranish chastotasi formulasi

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

O'lcham birligi

$$[\omega] = [c]^{\frac{1}{2}} [m]^{-\frac{1}{2}} = [P]^{\frac{1}{2}} [l]^{-\frac{1}{2}} [m]^{-\frac{1}{2}} = [m]^{\frac{1}{2}} [l]^{\frac{1}{2}} [l]^{-\frac{1}{2}} [t]^{-1} [m]^{-\frac{1}{2}} = [m]^0 [l]^0 [t]^{-1} = c^{-1}$$

Nazariy matematik model tuzishda eng avval ma'lum saqlanish qonunlarini ifodalovchi keltirilgan fundamental bog'lanishlar asos qilib olinadi. Bular massa,

zaryad, energiya, harakat miqdori va uning momenti, saqlanish qonunlari, termodinamika qonunlaridan iborat bo'ladi. Bundan tashqari aniqlovchi bog'lanishlar (boshqacha aytganda holat tenglamalari) bo'lib, ular amalda har turli fenomenologik qonunlar orqali ifodalanadi. Masalan, termodinamikada oddiy gaz holati uchun Klapayron-Mendeleev tenglamasi, zanjirdagi tok kuchi va kuchlanishning pasayishi uchun Om qonuni, deformatsiya va kuchlanish orasidagi Guk qonuni, temperatura gradienti va issiqlik oqimi zichligi orasidagi bog'lanishning Fur'e qonuni, issiqlik almashishda Nyuton qonuni va x.k. Kuzatish natijalarini biror maqsad bilan nazariy tahlillar qilish va ularni umumlashtirish natijasida tarkibiy model, yarimempirik modellar tipini hosil qilish mumkin. Bunday matematik modellar tuzishda odatda o'lcham va o'xshashlik nazariyasi L.I.Sedov tomonidan taklif etilgan  $\pi$ -teoremasidan foydalaniladi.

TO nazariy tadqiq qilishda ko'pincha kuzatish va tajriba natijalarining tahlili muhim o'rin to'tadi. Nazariy farazlar bilan kuzatish natijalari TO ning yarim empirik xossalarini aks ettirib, uni amalga qo'llash uchun MM da o'lchamlar nazariyasi jalb etiladi, jumladan  $\pi$ -teoremaning natijalaridan foydalanamiz. Teoremaning mazmuni shundan iboratki, agar tadqiq qilinayotgan ob'ekt  $n$  ta parametrdan tashkil topgan bo'lib va ular orasida fizik ma'noga ega bo'lgan bog'lanish mavjud bo'lsa, u holda bu bog'lanishni  $\bar{n} = n - k$  o'lchovsiz kattalik orasidagi bog'lanish ko'rinishga keltirish mumkin. Bu yerda  $k$  bir-biriga bog'liq bo'lmagan o'lchov birliklari bo'lib, ular orqali ob'ekt tarkibidagi kattaliklarning o'lchamlar ifodalanadi. Masalan boshlang'ich tezligi  $v_0$  va koordinatsi  $s_0$  bo'lgan jism o'zgarmas tezlanish  $a$  bilan to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qilsa, uning harakat qonuni quyidagicha yoziladi:

$$x = at^2 / 2 + v_0 t + s_0 \quad (1.5.2)$$

Shunday ob'ekt sifatida jismning harakati deb qabul qilinsa, u holda uning parametrlari  $a$  – tezlanish- o'lcham birligi  $m/s^2$ , tezlik  $v_0$  -  $m/s$ , masofa -  $s_0$  (m), vaqt  $t$  (sek) orqali ifodalanadi.

Demak, ob'ektni (harakat qonunini) harakterlaydigan o'lcham  $n = 4$   $a(m/s^2)$ ,  $v_0(m/s)$ ,  $s_0(m)$ ,  $t(s)$  -ta parametr mavjud. Bu o'lchamli kattaliklar orasida

birliklari bir-biriga bog'liq bo'lmagan  $\kappa = 2$  ta o'lcham bor. Bularda metr (m) va sekund (sek) bo'lib hisoblanadi. U holda yuqorida bog'lanish  $\bar{n} = n - \kappa = 2$ -ta o'lchamsiz kattaliklar orqali ifodalansa bo'ladi. O'lchami bir biriga bog'liq bo'lmagan kattaliklar sifatida  $s_0$  va  $v_0$  larni qabul qilamiz. Ularnig yordamida quyidagi ikki o'lchamsiz kattalikni tuzamiz:

$$\tau = v_0 t / s_0, \quad j = a s_0 / v_0^2 \quad (1.5.3)$$

Ko'rinib turibdiki ularning o'lcham birliklari 1ga teng. Jismning harakat qonuni ham o'lchamsiz kattalik yordamida yoziladi, ya'ni:

$$s = s_0 (j \tau^2 / 2 + \tau + 1) \quad (1.5.4)$$

Oxirgi formula jismning o'zgarmas tezlanishidagi harakat qonunining o'lchamsiz parametrlar orqali berilgan ifodasi deb olinsa bo'ladi.

Shunday qilib ayirma  $n - k$  bir biriga bog'liq bo'lmagan o'lchovsiz parametrlar kombinatsiyasi sonini belgilaydi, ular adabiyotda o'xshashlik kriteriyalari (sonlari) deb aytiladi. Shunday parametrlari bir xil bo'lgan ob'ektlar o'xshash ob'ektlar deyiladi. Bunday tushuncha geometrik jismlar uchun mavjud. Masalan o'xshash uchburchaklar, to'rtburchaklar, konuslar va x.k. O'xshash kriteriyalarining qiymatlari bir xil bo'lgan ob'ektlar ham o'xshash ob'ektlar hisoblanadi. Masalan: ixtiyoriy uchburchak uchta tomoni  $a, b, c$  orqali to'liq aniqlanadi. Shunday qilib bu yerda  $n = 3$ ,  $k = 1$  (uchburchak tomonlarining uzunligi ( $l$ ) deb qabul kilinishi kerak va  $\pi$ - teoremaga ko'ra  $\bar{n} = n - \kappa = 2$  tenglik o'rinli bo'lib, uxshashlik kriteriysi  $\bar{n} = 2$  bo'lgan uchburchaklar tuplamini hosil qilamiz. Shunday kriteriylar (sonlar) qilib tomonlarning nisbati  $a/b$ ,  $c/a$  yoki ikki uxshash uchburchakda ikkita uzaro teng burchaklarni olsa bo'ladi, yoki bir burchak va unga yopishgan ikki tomonlarning nisbatini qabul qilsa bo'ladi. Ko'rsatilgan bu variantlarning hammasi ikki uchburchakning uxshashlik alomatlariga mos keladi.  $\pi$ - teoremadan TO modellarini tuzishda amalda samarali foydalanish uchun tadqiqot qilinayotgan ob'ektga aloqador bo'lgan hamma parametrlar yigindisiga ega bo'lmogi va bu parametrlarni tanlash asoslangan bo'lib, ularning har biri konkret holda TO xossalriga qay darajada ta'sir etishi yetarli darajada baholangan bo'lishi kerak. Tajriba va kuzatish natijalarini

amalda qo'llashda va ularni tahlil qilishda kriteriylarning ahamiyati juda kattadir. Shu munosabat bilan bir nechta misol ko'ramiz.

**Misol 1. Ideal' suyuqlik oqimi ta'sirida jismni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdorini aniqlash.**

Tashqi shakli  $l$  uzunlik bilan harakterlanib, harorati  $T_0$  ma'lum bo'lgan harakatsiz qattik jism suyuqlik oqimi ta'sirida bo'lsin. Jismda uzoq nuqtalarda oqimning tezligi  $v$  va harorati  $T_c > T_0$  o'zgarmas deb qabul qilinadi. Jismning oqim tezligi vektoriga nisbatan fikrlangan holatida unga beriladigan issiqlik miqdori  $Q$  va issiqlik oqimi deb yurgiziladigan  $q$  aniqlansin. Jism bilan suyuqlik oqimi orasidagi issiqlik almashish jarayoni jism sirti yakunida hosil bo'lib, bu jarayon faqat yuqorida keltirilgan parametrlargagina bog'liq bo'lmay balki yana havoning xajmiy issiqlik sig'imi  $c$  ga, issiqlik o'tqazuvchanlik koeffitsienti  $\lambda$  larga bog'liq bo'ladi. Chunki bu parametrlar suyuqlikning jismga issiqlik berish qobiliyatini harakterlaydilar. Undan tashqari jismga sarflanadigan issiqlik miqdori oqim tezligining jism sirti ustida taqsimlanishiga ham bog'liq bo'ladi. Ideal suyuqlik uchun taqsimlanish qonuni oqim tezligi vektoriga nisbatan aniq topiladi.

Ayirma  $\vartheta = T_c - T_0$  juda yuqori bo'lmasa, issiqlik oqimi shu ayirmaga bog'liq deb olinsa bo'ladi. U holda issiqlik oqimi miqdori  $n = 6$  ga teng fizik kattaliklarga bog'liq bo'ladi. Bular quyidagilardan iborat. Aniqlovchi parametrlar: jismning harakterli uzunligi  $l$  ( $[l] = m$ ). Oqim tezligi  $v$  ( $[v] = m/s$ ), suyuqlikning xajmiy

issiqlik sig'imi  $c$   $\left([c] = J/m^3 K = \frac{kg}{m \cdot s^2 \cdot K}\right)$ , issiqlik utkazuvchanlik koeffitsienti

$\lambda$  ( $[\lambda] = Wt/mK = \frac{kg \cdot m}{s^3 \cdot K}$ ), harorat ayirmasi  $\vartheta$  ( $[\vartheta] = K$ ). Aniqlanadigan parametr:

issiqlik miqdori  $Q$   $\left([Q] = J/s = \frac{kg \cdot m^2}{s^3}\right)$ . Bu kattaliklar orasida  $k = 4$  ta o'lcham

birliqi bir-biriga bog'liq bo'lmaganlari bor. Bular masalan uzunlik  $l(m)$ , massa ( $kg$ ), vaqt ( $s$ ) va harorat  $\vartheta(K)$   $\pi$ -teoremaga asosan bu parametrlardan  $\bar{n} = n - k = 2$

ta bir-biriga bog'liq bo'lmagan o'lchamsiz fizik kattaliklar tuzish mumkin. Shunday kattaliklar qilib masalan, quyidagi ikkita o'lchamsiz kattaliklarni qabul qilish mumkin:  $\bar{Q} = Q / l \lambda \vartheta$  va  $\bar{v} = v l c / \lambda$ . Bularning o'lcham birliklarini tekshirib ko'ramiz:

$$[\bar{Q}] = \frac{\frac{J}{s}}{\frac{Vt}{mK}} = \frac{Vt \cdot m}{mVt} = 1 \quad [v] = \frac{\frac{m}{s} m \frac{J}{m^3 K}}{\frac{Vt}{mK}} = \frac{J}{sVt} = \frac{Vt}{Vt} = 1$$

Shunday qilib tanlab olingan kattaliklarning o'lcham birliklari birga teng, ya'ni ular o'lchamsiz birliklar hisoblanadi. Teoremaning xulosasiga asosan, quyidagi funksional bog'lanishni tuzishimiz mumkin.

$$\bar{Q} = Q / l \lambda \vartheta = f(\bar{v}) = f(v l c / \lambda) \quad (1.5.5)$$

Bunday bog'lanish birinchi marta 1915 yil Dj.U.Strett (lord Reley) tomonidan taklif etilgan. Ushbu nisbat  $q = Q / S$  ( $S$  - suyuqlik oqimi ta'siridagi jism yuzasi), jismning yuzasi buylab urtacha aniqlangan issiqlik oqimining zichligi va uning o'lcham birligi  $Vt / m^2$  bilan ifodalanadi. Jismlarning geometrik uxshashligi  $C = l^2 / S = const$  o'lchamsiz nisbat (son) bilan belgilansa, u holda (1.5.1) ifodani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin

$$Ki = \frac{ql}{\lambda \vartheta} = Cf(Pe), \quad Pe = \frac{v l c}{\lambda} \quad (1.5.6)$$

Bu yerda  $Ki$  - Kirpichevning issiqlik kriteriysi (soni),  $Pe$  - Pekle kriteriysi (soni). Jism yuzasi bilan issiq havo oqimi urtasidagi issiqlik almashish jarayonini o'lcham birligi  $Vt / m^2 \cdot K$  bo'lgan issiqlik uzatish koeffitsienti  $\alpha = q / \vartheta$  orqali harakterlash mumkin. U holda (1.5.2) bog'lanish quyidagicha yoziladi

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} = Cf(Pe) \quad (1.5.7)$$

Bu yerda  $Nu$  - Nussel't soni (kriteriysi)

(1.5.5)-(1.5.7) funksional bog'lanishlardagi  $f$  - funksiyaning ko'rinishi umumiy holda tajriba asosida aniqlanadi. Ba'zi hollarda uning analitik ko'rinishini topish mumkin.

**Misol 2. Qovushqoq suyuqlik oqimi ta'sirida jismni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdorini aniqlash.**

Qovushqoq suyuqlik oqimi uchun qo'shimcha qovushqoqlik koeffitsienti  $\mu$  qatnashadi. Shuning uchun aniqlovchi kattaliklar soni endi 6 ta

$$(l ([l] = m), v ([v] = m/s), c ([c] = J/m^3 K = \frac{kg}{m \cdot s^2 \cdot K}),$$

$$\lambda ([\lambda] = Wt/mK = \frac{kg \cdot m}{s^3 \cdot K}), \vartheta ([\vartheta] = K), \text{ qovushqoqlik koeffitsienti}$$

$$\mu ([\mu] = Pa \cdot c = \frac{N \cdot c}{m^2} = \frac{kg \cdot m \cdot c}{c^2 \cdot m^2} = \frac{kg}{c \cdot m})). \text{ Issiq sarfi } Q \text{ bilan parametrlar umumiy}$$

soni  $n = 7$  ga teng bo'ladi. O'lcham birliklari bir biriga bog'liq bo'lmagan kattaliklar soni o'zgarmay qoladi, ya'ni  $k = 4$  teng bo'ladi. Shunday qilib endi qo'shimcha yana bitta ixtiyoriy o'lchamsiz kattalik tuzish mumkin bo'ladi. Adabiyotda (gidromexanikada) shunday kattalik sifatida Reynolds kriteiysi (soni) qabul qilingan:

$$Re = \frac{vl}{\eta}. \text{ Ikkinchi o'lchamsiz kattalik qilib Prandtl kriteiysi (soni) } Pr = \frac{c\eta}{\lambda}$$

tanlab olingan ( bu yerda  $\eta = \mu/\rho$  - kinematik qovushqoqlik koeffitsient,  $\rho$  -suyuqlik zichligi). Prandtl kriteriysi suyuqlik xossalarini aks ettirsa, Reynolds kriteriysi inertsion kuch va suyuqlikning qovushqoqligi natijasida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchlarining nisbatini harakterlaydi. Bu ikkala kattalik orqali Pekle sonini aniqlab olsa bo'ladi:  $Pe = Re \cdot Pr$ . Endi Nussel kriteriysi uchun quyidagi ifodalarni yozish mumkin

$$Nu = f_1(Pe, Re) \text{ yoki } Nu = f_2(Pe, Pr)$$

Shunday qilib qovushqoq suyuqlik uchun Nussel kriteriysi uchun ixtiyoriy ikkita o'lchamsiz kattaliklar bilan funksional bog'lanishini aniqlash mumkin. Yuqoridagi ifodalarga e'tibor berilsa, o'lchamsiz kattaliklar soni oshgan sari yarim empirik matematik modelning tuzish tobora murakkablashib boradi. Bunday paytlarda odatda aniqlanadigan kriteriylar (Yuqoridagi misollarda Kirpichev kriteriysi  $Ki$  va Nussel kriteriysi  $Nu$ ) ajratilib olinadi va qolgan kriteriylar (Yuqoridagi misollarda Reynolds  $Re$  va Prandtl kriteriysi  $Pr$  yoki ularning birining

o'rniga Pekle kriteriysi  $Pe$ ) aniqlovchi kriteriylar deb qabul qilinadi, matematik modelni tuzishda bir necha seriya tajribalar o'tqaziladi ularining natijalarini qayta ishlash bilan funksional bog'lanishdagi  $f_1$  (yoki  $f_2$ ) funksiyalarining empirik ko'rinishlari analitik yoki grafik usullarda keltiriladi. O'tqaziladigan tajribalarda o'lchash imkoniyatiga qarab kriteriylardagi birgina kattalikni o'zgartirish maqsadga muvofiq bo'ladi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Nazariy va empirik modellashtirish turlari, ular haqida tushunchalar.
2. Nazariy modellashtirish usullari, ularni amaldagi tadbiqlari. Saqlanish qonunlari va ulardan foydalanish. Misollar.
3. Empirik modellashtirish usullari. Ularni amaliy qo'llash imkoniyatlari.
4. Matematik modellashtirishda aniqlovchi va aniqlanadigan kattaliklar.
5. O'lchamli va o'lchamsiz birliklar, o'lchamlari o'zaro bog'lanmagan birliklar, ularni aniqlash. O'lchamsiz birliklarni tuzish usullari.
6.  $\pi$ - teorema, uning ta'rifi, mohiyati, amalga qo'llash usullari
7. Tenglamalarni o'lchamsiz birlikli kattaliklar yordamida yozish. Misollar.
8. Kriteriy (sonlar) haqida tushuncha, ularning mohiyati va amaliy ahamiyati
9. Kirpichev va Pekle kriteriylari, ularni keltirib chiqarish usullari.
10. Reynolds va Prandtl kriteriylari, mohiyati. Pekle soni bilan bog'lanish formulasi.

### **1.6. Funksional matematik modellar (FMM).**

#### **Stoxastik, determinantlashgan va evolyutsion modellar.**

#### **Matematik modellarning ierarxiyasi va ularni shakli, qo'llash usullari.**

Funksional modellarning eng muhim xususiyatlardan biri ularning tarkibida tasodif parametrlarining qatnashish bilan aniqlanadi. Bunday qiymatlar bo'lsa bu FMM stoxastik va ular qatnashmasa, determinatlashtirilgan model deb aytiladi. TO ning hamma parametrlarini ko'pincha to'la to'kis qiymatlar bilan izoxlab bo'lmaydi. Shuning uchun aslida bunday ob'ektlarning matematik modellashtirish stoxastik model deb aytish joyiz bo'lgan bo'lardi. Masalan TO ishlab chiqarilayotgan keng ommaviy maxsulot bo'lib, uning ilk parametrlarining qiymatlari (masalan oyoq

kiyimlarining o'lchamlari) tasodifli xossasiga ega bo'lib ularning qiymatlari ma'lum diapazonda o'zgarib turadi. Bunday paytda chiquvchi parametrlar ham tasodif qiymatlarni qabul qiladilar.

Tasodif qiymatlarni tashqi parametrlar ham qabul qilish mumkin masalan shamol harakati, turbulent oqim, pul'satsiya va x.k.

Stoxastik matematik modellashtirishlarni o'rganish uchun A.A.Samarskiy, Z.Brandt tomonidan taklif etilgan ehtimollar nazariyasi, tasodif jarayonlar va matematik stastistika usullaridan foydalanish kerak. Bu usullarni qo'llashda asosiy qiyinchilik bo'lib ularning harakteristikalari (arifmetik o'rta qiymat, dispersiya, taqsimlanish qonunlari) ko'pincha noma'lum bo'ladi. Bunday holda matematik modellashtirishga qo'yilgan shartlardan unumdorlik sharti bajarilmagan bo'ladi. Bunday paytda stoxastik modeldan voz kechib, kuzatish qo'pol bo'lsa yoki o'nglash natijasi tez namoyon bo'lib turadigan boshlang'ich qiymatlar bilan ish ko'rib, matematik modellashtirish uchun barqarorlik shartini bajarish bilan chegaralansa ham bo'ladi.

Misol. Faraz qilaylik jism bilan harorat o'zgarmas  $T_0$  bo'lgan tashqi muhit bilan issiqlik almashish jarayon kuzatiladi. Jism va muhit orasida hosil bo'ladigan issiqlik oqimi ular harorati ayirmasiga proportsional deb, jismning haroratini o'rganaylik. Tashqi muhit harorati  $T_c$  ma'lum deb qaraymiz. U holda Fur'e qonuniga ko'ra

$$q = \alpha(T_c - T)$$

Jismga berilgan umumiy issiqlik oqimi

$$Q = S \cdot q = \alpha \cdot S(T_c - T)$$

Bu oqim ta'sirida jismning ichki energiyasi o'zgaradi uning haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishiga olib keladi  $S$ - jismning issiqlik sig'im koeffitsienti).

$$C \frac{dT}{dt} = Q(t) = \alpha S(T_c - T) \quad (1.6.1)$$

(1.6.1) tenglama jismda issiqlik o'zgarishini ifodalaydigan matematik modelini beradi.  $\alpha$  va  $C$  o'zgarmas bo'lganda uning yechimi qo'yidagicha bo'ladi

$$T = T_c - (T_c - T_0)e^{-\frac{\alpha St}{C}} \quad (1.6.2)$$

$\alpha, C$  larning qiymatlari ma'lum bo'lsa (1.6.2) formula determinlashgan matematik modellash deb qabul qilinsa bo'ladi.

Amalda esa issiqlik almashish jarayoni murakkab bo'lib uning borish ko'p omillarga bog'liq bo'ladi. Ba'zi omillar tasodiflik xossasiga ega bo'lishi mumkin, masalan tashqi muhim parametrlarning o'zgarib turishi, turbo'lentli po'l'satsiya, jism sirtining notekisligi va x.k. umuman olgan issiqlik almashish koeffitsientini o'zgarmas deb qabul qilish bunday hollarda mumkin emas. Uni vaqtning va extimollik xossasini belgilovchi  $\omega$  parametrlarning funksiyasi deb qabul qilish kerak bo'ladi, ya'ni  $\alpha = f(t, \omega)$ . Agar bu parametr (1.6.1) tenglamaga qo'ysak u holda stoxastik matematik modellashtirish modelini hosil qilamiz. Bunday modeldan foydalanish uchun  $f(t, \omega)$  funksiya ma'lum bo'lish kerak.

Ba'zi hollarda  $f(t, \omega)$  funksiya o'zgarish intervali ma'lum bo'ladi, ya'ni  $\alpha_1 \leq f(t, \omega) \leq \alpha_2$  u holda determinatlangan matematik modellashtirish ikki marta qo'llab jismning issiqlik holati uchun ifodalar olamiz.

$$\begin{aligned} T_1 &= T_c - (T_c - T_0)e^{-\alpha_1 St / C} \\ T_2 &= T_c - (T_c - T_0)e^{-\alpha_2 St / C} \end{aligned} \quad (1.6.3)$$

Bu yerda  $T_c$  va  $T_0$  - tashqi muhit va jismning boshlang'ich haroratlari, Jismning issiqlik holati shu ikkala harorat  $T_1(t)$  va  $T_2(t)$  orasida o'zgaradi.

$$T_1(t) < T(t) < T_2(t)$$

$t \rightarrow \infty$  bo'lganda  $T_1(t) = T_2(t) = T_c$  sharti bajariladi ya'ni qanday model olinishdan qat'iy nazar katta vaqt oralig'ida harorat tashqi muhit haroratga yaqinlanshib boradi.

Matematik modellashtirishning bitta ko'rsatkichi, tenglamalar yordamida kuzatilayotgan jarayonlarni vaqt bo'yicha o'zgarishini aniqlaydi, bunday modellar nostatsionar (yoki evolyutsion) matematik modellar deb aytiladi. Agar TO da uning inertsiya xossalari e'tiborga olingan bo'lsa, bunday model dinamik matematik model deb aytiladi, aks holda bunday modellar statik model bo'lib qoladi. Jarayoni

yuqoridagi (1.6.3) formula yordamida berilsa matematik modellar nostatsionar model tipiga kiradi. Agar TO parametrlari vaqt bo'yicha o'zgarish yetarli darajada sekin bo'lsa, bunday modellga kvazistatsionar matematik deyiladi. Bunday hollarni inertsiya hadlar etiborga olinmaganda kuzatish mumkin.

Funksional matematik modellashtirishda TO ning chiqish parametrlari garmonik (davriy) funksiyalar orqali ifodalansa u holda jarayonlarning vaqt bo'yicha statsionar bo'lish va uning holatini chastota va amplituda qiymatlar orqali ifodalash mumkin. Bunday jarayonlarga teskari ularoq, jarayonlar ( $e^{\alpha t}$ ) qonunlar bilan ifodalanadigan bo'lsa, u holda harakteri so'nuvchi garmonik funksiyalar bilan  $e^{-\alpha t} \cos \omega t$  yoki  $e^{-\alpha t} \sin \omega t$  bilan ifodalansa garmonik so'nuvchi harakatlarni aniqlaydi.

Matematik modellashtirish modeli xossalari tahlil qilishda uning chiziqli funksiya bilan ifodalansa u holda chiziqli matematik model xaqida so'z yuritiladi. Bunday holda to parametrlar o'zaro chiziqli funksiya orqali bog'lansa bo'ladi. Kiruvchi yoki ichki parametrlarning o'zgarishi, chiquvchi parametrlarning chiziqli o'zgarishga olib keladi. Chiziqli matematik modellar superpozitsiya (qo'shish) qonuniyati o'rinli bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda quruvchi ikkita signaldan iborat bo'lsa, chiquvchi parametrlarni har bitta signalga alohida hisoblab, natijaning o'zaro qo'shib to holatini kiruvchi signalga holatini o'rganish mumkin.

Agar matematik modellashtirish shunday xossaga ega bo'lmasa u holda chiziqsiz (nochiziqli) uni model deb aytiladi. Chiziqli modellarni o'rganish uchun juda ko'p matematik usullar ishlab chiqilgan. Bularning ichida analitik usullar etakchi o'rnini egallaydi. Masalan matematik mayatnikning katta amplitudali tebranishlarni quyidagi tenglama bilan ifodalasa bo'ladi.

$$\ddot{\varphi} + \omega^2 \sin \varphi = 0 \quad (1.6.4)$$

Bu yerda  $\omega = \sqrt{g/l}$

Bu tenglama chiziqsiz bo'lib, superpozitsiya qonuniga bo'ysinmaydi.

$\varphi$  - burchakning kichik qiymatlarida  $\sin \varphi \approx \varphi$  deb qabul qilinsa (1.6.4) tenglama

$$\varphi + \omega^2 \varphi = 0$$

ko'rinishga keladi va uning yechimi

$$\varphi = A \sin \omega t + B \cos \omega t \quad (A, B - \text{o'zgarmas sonlar})$$

funksiya orqali ifodalanadi. Bu formuladan ko'rinib turibdiki matematik modellashtirish ikki yechimining  $A \sin \omega t, B \cos \omega t$  yig'indisidan (superpozitsiyasidan) iborat. (1.6.4) tenglamani echish uchun maxsus hisoblash sxemalari ishlab chiqilgan. Analitik usullarni qo'llash uchun yuqorida ko'rsatilganidek chiziqsiz tenglama (kichik burchak  $\varphi$  da) chiziqli holga keltiriladi, u holda bunday tenglamalar chiziqli holga keltirilgan tenglamalar deb aytiladi. keltirilgan chiziqli tenglamalar yechimiga ehtiyotlik bilan qarash kerak. chunki bunday tenglamalar ba'zi hollarda yechimda eng muhim xossalarini aks etira olmay qolishi mumkin, masalan TO ning bir harakat shaklini ikkinchi shaklga o'tishi tashqi parametr kichik o'zgarishda chiqish parametrlarining tezda o'zgarib, yangi holatnig vujudga kelishi, rezonansga yaqin chastotalarda tebranishlarni yana chuqurroq tahlil qilish uchun nochiziqli matematik modellashtirishdan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Jarayonning vaqt bo'yicha o'zgarishiga qarab, statsionar matematik modellar TO barqarorlashgan jarayonlar holatini aniqlab beradi. Bunday model qo'llanilganda, chiqish parametrlari vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'ladi. Bu holatlarni, xususan davriy o'zgarib turadigan jarayonlar misol bo'la oladi. Bunday jarayonlarda ayrim parametrlar o'zgarmay, ayrimlari esa tebranma harakat holatida bo'ladi. Masalan, yuqorida keltirilgan matematik mayatnik uchun matematik model uning davri va yarim tebranish amplitudasi uchun statsionar bo'ladi. Ba'zi hollarda maxsus almashtirishlar yordamida nostatsionar jarayonlarni statsionar holatga keltirish mumkin. Masalan harakatlanuvchi kuch ta'sirida o'zgarmas koordinatlar tizimida muhit nostatsionar holatida bo'lsa, kuch bilan birgalikda harakatda bo'lgan koordinat tizimida jarayon statsionar holatda bo'ladi.

TOning parametrlar biror oraliqda uzluksiz yoki diskret qiymatlarni qabul qilish mumkin yoki bir oraliqning o'zida ham uzluksiz ham diskret qiymatlarini qabul qilish mumkin. Bunday matematik modellashtirishlarni uzluksiz diskretli yoki aralash

uzluksiz diskret matematik modellar deb aytiladi. Agar ularning bir ko'rinishdan ikkinchi ko'rinishga o'tqazilsa, modelning adekvatligi saqlanishini nazorat qilib borish kerak.

Murakkab tizimdagi texnikaviy ob'ektlarni modellashtirish jarayoni ko'p hollarda birgina matematik model yordamida amalga oshirib bo'lmaydi. Xatto shunday model tuzilganda ham uning murakkabligi tufayli miqdoriy tahliliy o'tkazish ancha qiyin bo'ladi. Bunday hollarda TO ni modelini tuzishda dekompozitsiya prinsipi qo'llaniladi. Bu prinsip murakkab holdagi TO ni bir-biriga ta'sirini saqlagan holda ayrim oddiy elementlarga (bloklarga) bo'lib, ularni ayrim holda tahlil qilish imkoniyatini yaratishdan iboratdir. Dekompozitsiya prinsipini o'z navbatida har bir blok uchun tag'in qo'llash ham mumkin bo'ladi. Bunday prinsip yetarli miqdorda davom ettirilib, pirovardida o'ta oddiy elementlar hosil qilish mumkin. Bunday paytda bir-biri bilan uzviy bog'langan bloklar va elementlar tizimi hosil bo'ladi va bu tizim modelning ierarxiyasini tashkil etadi. Funktsional modellarda har bir ierarxiya bosqichi TO bloklarida va elementlarida jarayonni tavsif etish uchun ularni detallashtirish qay darajada o'tkazilganini anglatadi. Shu nuqtai nazardan ierarxiyaning uchta ko'rinishdagi darajasi belgilangan: mikrodaraja, makrodaraja va metadaraja. Mikrodarajadagi matematik modellar odatda parametrlari uzluksiz taqsimlangan tizimlarni (kontinual' tizimlar) tavsif etish uchun qo'llaniladi. Masalan, paxta g'aramidagi jarayonlar, sterjenlarning ixtiyoriy kesimlaridagi dinamik jarayonlar va x.k. Makrodarajadagi matematik modellar parametrlari to'plangan holda berilgan tizimlarni (diskret tizimlar) tahlil qilish uchun tuziladi. Birinchi holda TO ning parametrlari fazoviy koordinatalarga va vaqtga bog'liq bo'lsa, ikkinchi holda ular faqat vaqtga bog'liq bo'ladi. Agar matematik modellashtirishda fazoviy o'zgartiruvchilarning son qiymatlarining tartibi 104-105 ga teng bo'lsa, u holda model metadarajadagi tip ko'rinishida bo'lib, uni miqdoriy tahlil qilish murakkablashib, yuqori xotiradagi hisoblash mashinalarini jalb qilishni talab qiladi. Bunday hollarda murakkab TO ichki prametrlarini qamaytirish hisobida uning elementlari birlashtirilib, ular yiriklashtiriladi (yaxlitlanadi). Metadaraja, makrodaraja va mikrodarajalar mos ravishda matematik modelning eng yuqori, o'rta va quyi darajadagi ierarxiyasi deb ataladi.

Amalda eng ko'p tadbiquqa ega bo'lgan mikrodarajadagi modellar bular matematik fizikada ko'p uchraydigan xususiy hosilali differentsial tenglamalar bo'lib, ularning yordamida murakkab chegaraviy masalalarni echish mumkin. Chegaraviy shartlardan tashqari boshlang'ich shartlar ham qo'yiladi va unda echiladigan masala fazoviy va vaqt masalasi deb aytiladi. Bunday masalalar yechimini universal ko'rinishda olish uchun tenglamalarini va boshlang'ich va chegaraviy shartlarni o'lchamsiz kattaliklarga nisbatan keltirilsa maqsadga muvofiq bo'lardi, chunki bunday hollarda o'zgaruvchilar soni kamayib, tenglamalar tarkibida o'lchovli birliklar o'rniga o'lchamsiz parametrlar (kriteriy) qatnashgan bo'ladi. Fazoviy o'zgaruvchilarning soniga qarab mikrodarajadagi modellar bir, ikki yoki uch o'lchovli modellar deb aytiladi. Bir o'lchovli modellar vaqtga bog'liq bo'lmasa u holda model tavsiflash uchun oddiy differentsial tenglama va tenglamalardan foydalaniladi. Makrodarajadagi modelning asosiy ko'rinishi TO parametrlarini topish uchun vaqt bo'yicha tuzilgan oddiy differentsial tenglama (yoki tenglamalar tizimi) hisoblanib ularni echish uchun boshlang'ich shartlar quyiladi. TO da jarayonlarni faqat galdagi  $t$  vaqtinigina emas, balki o'tgan oldingi  $t - \tau$  vaqtni hisobga olinadigan bo'lsa, u holda matematik modeldagi oddiy differentsial tenglama quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$\frac{du}{dt} = f(t, u, u(t - \tau), u'(t - \tau), t - \tau)$$

Bu yerda  $\tau$  - kechiktirilgan vaqt. Bu ko'rinishdagi tenglamalar adabiyotda differentsial-funksional tenglamalar yoki, argumenti surilgan differentsial tenglamalar turkumiga oid bo'lib ularni kechiktirilgan argumentli differentsial tenglamalar deb aytiladi. Ba'zi hollarda kechiktirish vaqti  $\tau$  bir nechta (diskret holda) yoki uzluksiz taqsimlangan bo'lishi mumkin. Oxirgi holda kechiktirish jarayoni integral ko'rinishini oladi, differentsial tenglama tarkibiga integral qatnashadi. Bunday ko'rinishdagi tenglamalarga integral-differentsial tenglamalar deb aytiladi va uning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{du}{dt} = f(t) + \int_{t_0}^t K(t, \tau) u(\tau) d\tau \quad t > t_0$$

Bu yerda  $K(t, \tau)$  - tenglamaning yadrosi deyiladi, bunday tenglama bilan tavsif etiladigan TO odatda xotirali ob'ekt deb qabul qilinadi.

Agar makrodarajadagi model vaqtga bog'liq bo'lmasa, u holda bu model statik matematik model deb aytiladi va undagi differentsial tenglamalar koorodinata bo'yicha oddiy hosilalar bilan ifodalangan bo'ladi. Agar TO holatini belgilaydigan parametrlar bilan qo'shimcha ahamiyatli xossalari (mustahkamlik, ishonchlik ko'rsatkichi, sarf harajat va x.k) orasida analitik bog'lanish o'rnatilsa, u holda TO uchun tuzish mumkin bo'lgan optimallashtirish funksiyasi xaqida so'z yurgizish mumkin bo'ladi. Bu funksiya adabiyotda maqsadli funksiya deyiladi. Bu funktsiyani tuzish TO parametrlarining chegaralangan qiymatlarida aniqlanadigan bo'lib, ko'p hollarda chiziqsiz rejalashtirish masalalariga olib keladi.

Metadarajadagi matematik modellar ham makrodarajadagi modellar xossalari ega bo'lib, bu modellardagi tenglamalar TO parametrlari yiriklashgan ob'ektlar holatini tavsif etadi. Keyinchalik ma'ruzalarda mikro va makrodarajadagi modellar haqida so'z boradi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1.Funksional modellar va ularning turlari. Stoxastik model tushunchasi.

2.Statsionar va nostatsionar modellar. Modellardagi davriy va sunish xossalari.

Misollar.

3.Chiziqli va chiziqsiz modellar. Ularnig xossalari. Misollar

4.TO barqarorlash jarayonlar ularning ta'rifi. Garmonik tebranishdagi davr va so'nish jarayonini aniqlash.

5.Modellarda ierarxiya tushunchasi. Undan foydalanish zaruriyati. TOning oddiy bloklarga va elementlarga ajratish imkoniyatlari. Misollar.

6.Ierarxiyaning tuzishdagi darajalar. Mikrodarajadagi modellar tushunchasi.

7.Makro va meta darajadagi modellar tushunchasi. Ularning asosiy ko'rsatkichlari.

8.Oddiy va xususiy hosilali tenglamalar va ularning amaliy tadbiqlari.

9.Integral-differentsial tenglamalar ularning mohiyati va amaliy tadbiqlari.

10.TO parametrlari uchun optimallashtirish masalalarini qo'yish. Maqsadli funksiya haqida tushuncha.

### **1.7. Matematik modellarni tuzishda mexanika va fizika qonunlaridan foydalanish. Jarayonlarda saqlanish (balans) qonunlari va ularni modellar tuzishda qo'llash.**

Texnologik jarayonlarni TO parametrlarining ma'lum vaqt oralig'ida o'zgarishini kuzatish va tahlil qilish yo'li bilan kuzatish mumkin. Bunday parametrlarning o'zgarishiga olib keladigan asosiy omillar tashqi ta'sirlar bo'lib, ular o'z navbatida ichki parametrlarning o'zgarishiga ham olib kelish mumkin. Eng sodda hollarda tashqi ta'sirlar natijasida TO ni harakterlaydigan va uni boshqaradigan fizik kattaliklar o'zgarimas bo'lib, ular chiquvchi parametr uchun universal kattalik bo'lib qoladi. Masalan jismning issiqlik ta'sirida haroratini o'zgarishning matematik modelida issiqlik o'tkazuvchanligi koeffitsienti ma'lum bo'lsa, chiqishda haroratni aniqlash qiyin bo'lmaydi. TO dagi jarayonlarni o'rganishda eng birinchi bo'lib undagi qonunyatlar asos bo'ladi. Shuning uchun bu qonunlar amalda har qanday jarayonni boshqarish uchun keng qo'llanilib, ulardan samarador foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Shu munosabat bu qonunlarni tahlil qilib, amaliy mohiyatni ochamiz.

#### *Massaning saqlanish tenglamasi.*

Bu qonun adabiyotda M.V.Lomonosov tomonidan ta'riflangan: "Modda bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan bor bo'lmaydi". Ilmiy adabiyotlarda massaning saqlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi. Ixtiyoriy  $t$  momentda muhitning  $\Delta V_x$  xajmidan ajratilgan  $\Delta M$  massa agar ichki manbalar bo'lmasa, vaqtning keyingi momentlarida uz qiymatini saqlaydi.  $\Delta t$  vaqt oraligida ixtiyoriy kesim yuzasidan urtacha zichligi  $\rho$  va urtacha tezligi  $V$  bo'lgan  $\Delta M = \rho \Delta V_x = \rho S V \Delta t$  massa o'tadi. Bu massaning bir birlik vaqt oraligida qiymati  $\Delta M / \Delta t = \rho S v$  teng bo'ladi

#### *1. Statsionar jarayonlarda moddaning saqlanishi qonuni [1,2]*

Statsionar rejimda ixtiyoriy kesim yuzasidan har bir birlik vaqt oralig'ida bir xil qiymatdagi massa o'tadi, ya'ni  $\Delta M / \Delta t = \rho S v = const$  shart bajarilishi kerak.

Faraz qilaylik biror idishda zichligi  $\rho(x)$  bo'lgan massa harakat qilib oqim tezligi  $V$  uning faqat kesim yuzasiga bog'liq bo'lsin. Bunday hollarda massaning

idishdagi harakati statsionar oqim bilan ifodalanadi. Idish sirtini aylanma sirt deb qabul qilamiz va koordinata boshini idishning boshlang'ich kesim yuzasida joylashtirib,  $Ox$  o'qini yuqoridan pastga,  $Oy$  o'qini esa unga perpendikulyar yo'naltiramiz. Ixtiyoriy kesimda uning yuzasini  $S(x)$  bilan belgilaymiz. Idishning  $x = 0$  kesimidan massaning oqim tezligi o'zgarmas  $V_0$  ga teng bo'lsin.

1. Agar moddaning zichligi o'zgarmas, ya'ni  $\rho = \rho_0 = const$  bo'lsa, idishning ixtiyoriy kesim yuzasida massa tezligi topilsin. Massaning  $S_0 = S(0)$  kesim yuzasidan vaqt birligi oraligida o'tish miqdori  $Q_0 = \rho_0 S_0 V_0$  ( $[Q_0] = \frac{kg \cdot m^2 \cdot m}{m^3 s} = \frac{kg}{s}$ ) ga teng bo'ladi. Ixtiyoriy kesim yuzasidan o'tadigan massa oqimining miqdori (vaqt birligida)  $Q = \rho_0 V S(x)$  formula bilan hisoblanadi va bu massa yuqorida ta'riflangan massaning saqlanish qonuniga asosan  $Q_0$  ga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$\rho_0 V S(x) = \rho_0 V_0 S_0 \quad (1.7.1)$$

(1.7.1) formuladan foydalanib, ixtiyoriy kesimda massa oqimining tezligini topamiz

$$V = V_0 \frac{S_0}{S(x)} \quad (1.7.2)$$

Shunday qilib, agar  $S(x) > S_0$  bo'lsa  $V < V_0$  (konfuzor), agar  $S(x) < S_0$  bo'lsa  $V > V_0$  (diffuzor) bo'ladi.

(1.7.2) formulalarni keltirishda yuqorida jism bilan harakatlanuvchi muhit orasida ishqalanishni kuchi e'tiborga olingan edi. Bunday hollarda tezlik va boshqa parametrlarni aniqlash uchun birgina balans tenglamasi yetarli bo'lmaydi. (1.7.1)

formulada qo'paytma  $V_0 S_0$  o'lcham birligi  $\left[ V_0 S_0 = \frac{m}{s} m^2 = \frac{m^3}{s} \right]$  bo'lib bu ifoda

$S_0$ -kesimda bir sekundda hosil bo'ladigan xajmni ifodalaydi. Shuning bu formulani zichlik o'zgarmaganda xajmiy sarflanish qonunining tenglamasi deb aytilsa ham bo'ladi.

Agar muhitning zichligi o'zgaruvchan bo'lsa u holda moddaning saqlanish qonuni (1.7.1) o'rinli bo'lib, ixtiyoriy kesimda o'zgaruvchi zichlikni e'tiborga olgan holda quyidagicha yoziladi:

$$\rho VS(x) = \rho_0 V_0 S_0 \quad (1.7.3)$$

Bu tenglamada ikkita noma'lum  $V(x)$  va  $\rho(x)$  qatnashayabdi. Ularni topish uchun muhitning holat tenglamasi va hamda uning muvozanat yoki harakat tenglamalarini e'tiborga olish kerak bo'ladi.

## 2. Muhitning holat tenglamasi

Adabiyotlar tahliliga asosan, muhitning holat tenglamasi umumiy holda zichlik, bosim va haroratla orasidagi bog'lanish bilan ifodalanadi. Agar haroratning ta'siri e'tiborga olinmasa jarayon adiabatik deb aytiladi, bunday muhit barotropik muhit deyiladi. Chigitli paxta uchun barotropik sharti past haroratlarda bajariladi, shuning uchun muhit holat tenglamasini

$$\rho = f(p) \text{ yoki } p = f_2(\rho) \quad (1.7.4)$$

ko'rinishda olinsa bo'ladi. Paxtani g'aramlash va zichlash jarayonida olingan ma'lumotlarga ko'ra G.I. Miroshnichenko quyidagi quyidagi bog'lanishlarni keltiradi.

Umumiy holda

$$\rho = Ap^n \quad (1.7.5)$$

Bu yerda  $A$  va  $n$  - lar namlikka bog'liq bo'lib, tajriba asosida aniqlanadi.

Xususiy hollarda

Sanoat navlari ( $Y$  va  $YI$  navlardan tashqari) namlik 6.2 % , bosim

$$120 \leq p \leq 2000 H / sm^2 \text{ bo'lganda } \rho = 83.8 p^{\frac{1}{3}} \quad (1.7.6)$$

$$\text{Namlik } w = 6 \div 12\% \text{ bo'lganda } \rho = \frac{3160}{44 - w} p^{\frac{1}{3}} \quad (1.7.7)$$

Namlik  $w = 75\%$  va bosim  $120 H / sm^2$  gacha bo'lganda

$$\rho = 25 + 18.5p \text{ agar } p < 10 H / sm^2$$

$$p = 0.47(288 - 0.64\sqrt{p})p^{\frac{1}{3}} - 55 \text{ agar } 10 < p < 120 H / sm^2 \quad (1.7.8)$$

### 3. Individual va konvektiv hosilalar. Fizik kattaliklarning ko'chish qonunlari.

Yuqorida aytib o'tilgandek, mikrodarajadagi modellar asosan tutash muhitlar harakatini o'rganishda qo'llaniladi. Tutash muhitlar makrodarajadagi modellarda qo'shimcha xususiyatlarga ega bo'ladi. Shulardan eng muhimi fizik kattaliklarning kuchlanish qonuni bo'lib, bu qonun kattaliklar qiymatlarining vaqt va koordinataga nisbatan o'zgarishlarini aniqlab beradi. Uning mohiyati shundan iboratki, tutash muhit tarkibida o'rganilayotgan kattalik nafaqat vaqtning u fazoviy koordinatalarning ham funksiyasi hisoblanadi. Odatda kattalikni fazoviy koordinataga bog'liqligini aniqlash uchun muhit egalallagan sohada kontrol yuza ajratilib undan o'tadigan muhit oqimining tezligi, undagi zichlik, harorat va boshqa parametrlarning vaqti bo'yicha o'zgarishi o'rganiladi. Kontrol yuzaning o'rni o'zgartirilib, parametrning fazoviy koordinatalarga nisbatan o'zgarishini baholash mumkin bo'ladi. Shu o'rinda ta'kidlash lozimki, tutash muhit oqim tushuncha katta ahamiyatga ega, uning yordamida kontrol yuzada o'tadigan modda va boshqa parametrlar miqdorini aniqlash mumkin. Buning natijasida fizik kattalikdan vaqt bo'yicha olingan to'liq hosila ikki qismdan tashkil topadi. Birinchi qismi kattalikdan vaqt bo'yicha ( $\frac{\partial}{\partial t}$ ) olingan xususiy hosila bo'lib, uni individual hosila deb aytiladi, bu hosila fiksirlangan kontrol yuzada parametrning vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatadi. Ikkinchi qismi esa konvektiv hosilalar deb aytiladi, bu hosilalar yordamida fiksirlangan vaqtda, kontrol yuzaning o'rni o'zgarganda parametrlarning o'zgarishini baholaydi.

Agar oqim ikki yunalish  $0x$  va  $0y$  uklari buylab haraktda bo'lsa kontrol yuzadan o'tadigan oqim vektori  $\vec{W} = (\vec{i}v_x + \vec{j}v_y)(v_x \frac{\partial}{\partial x} + v_y \frac{\partial}{\partial y})$  ( $v_x, v_y$  - muhit zarrachalari tezliklarining o'qlardagi proektsiyalari). Bu ifodadan foydalanib kattalik tezligining vaqt bo'yicha to'liq hosilasini proektsiyalarini aniqlaymiz

$$\begin{aligned}\frac{dv_x}{dt} &= \frac{\partial v_x}{\partial t} + W_x = \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y}, \\ \frac{dv_y}{dt} &= \frac{\partial v_y}{\partial t} + W_y = \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y}\end{aligned}\quad (1.7.9)$$

Jarayon statsionar holda kechayotgan bo'lsa, vaqt bo'yicha individual hosilalar nolga teng bo'ladi, ya'ni  $\frac{\partial v_x}{\partial t} = \frac{\partial v_y}{\partial t} = 0$

Shunday qilib statsionar jarayon uchun tezliklar hosilasi quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\frac{dv_x}{dt} = W_x = v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y},$$

Bir o'lchovli harakat uchun  $v_x = V$ ,  $v_y = 0$  deb olsak

$$\frac{dV}{dt} = V \frac{\partial V}{\partial x} \quad (7.11)$$

#### 4. Nyutonning ikkinchi harakat qonunidan foydalanish

Yuqorida kurilgan masalaga qaytaylik. Idish devorlaridagi ishqalanish kuchi e'tiborga olinsa u holda yana bir parametr zichlikdan tashqari muhitning silindrik qatlamida bosim hosil bo'lib, bu bosim idish devorlariga ta'sir qilib ishqalanish kuchini hosil qiladi. Bu ishqalanish kuchga esa muhit harakatiga qarshilik kursatadi.

Harakat tenglamasini hosil qilishi uchun endi Nyutonning ikkinchi qonunida foydalanamiz. Buning uchun idish ichidagi muhitda  $dx$  elementni ajratib uning harakat tenglamasini tuzamiz. Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra kuchlanish kuchlari  $0x$  o'qiga proektsiyalaymiz. Bu kuchlar muhitdagi bosim natijasida, idish sirtida hosil bo'ladigan ishqalanish va og'irlik kuchlari hisoblanadi.

$$\rho S dx \frac{dV}{dt} = -[Sp + d(pS)] + pS - p_i k L dx + \rho g S dx - p_b L dx \quad (1.7.12)$$

Bu yerda  $Sp$  elementning yuqori chegarasida  $S\rho + d(S\rho)$  esa quyi chegarasida hosil bo'ladigan kuchlarni ifodalaydi  $S$  - o'rtacha kesim yuzasi  $\rho S dx$  - elementning massasi.  $\rho_i$  va  $\rho_b$  idish devorida ta'sir qilayotgan ishqalanish va bosim kuchlari.  $k$  - yon devor bosim ko'effitsienti, uning hisoblash uchun quyidagi formula tavsiya etiladi  $k = \frac{\nu}{1 - \nu}$  ( $\nu$  - muhit uchun Puasson ko'effitsienti),  $L$  - silindrik jismning kesim yuzasi perimetri.  $\rho_u$  va  $\rho_o$  bosimlar quyidagi formula orqali ifodalanadi.

$$\rho_i = f \rho \cos \alpha, \quad \rho_o = f \rho \sin \alpha$$

Bu yerda  $\alpha$  meridional egri chiziq  $y = f(x)$  o'tkazilgan o'rinma bilan  $O_x$  orasidagi burchak, ya'ni  $\alpha = \arctg f'(x)$ . Idishning kesim yuzasi uchun quyidagi formulani yozish mumkin:  $S = S_0 + \pi f'^2(x)$

Konus va aylanma silindrlar uchun  $\alpha$  burchagining qiymatlarda mos ravish  $\alpha = \alpha_0 = \text{const}$  va  $\alpha = 0$  teng bo'ladi. (1.7.12) tenglamani statsionar harakat holi uchun (7.10) ifodadan foydalanib, oddiy differentsial tenglama ko'rinishiga keltiramiz.

$$\rho S V \frac{dV}{dx} = - \frac{d(pS)}{dx} - p(fk \cos \alpha + \sin \alpha)L + \rho g S \quad (1.7.13)$$

Xususiyl holda aylanma silindr uchun  $S = S_0$  ( $\alpha = 0$ ):

$$\rho V \frac{dV}{dx} = - \frac{dp}{dx} - \frac{pLfk}{S_0} + \rho g \quad (1.7.14)$$

Kesim yuzasi qamayuvchi aylanma konus uchun  $\alpha = \alpha_0$ ,  $S = S_0 - \pi x^2 \text{tg}^2 \alpha_0$  u holda

$$\rho_0 V_0 \frac{dV}{dx} = - \frac{dp}{dx} - \frac{p[L(fk \cos \alpha_0 + \sin \alpha_0) - 2\pi x \text{tg}^2 \alpha_0]}{S} + \rho g \quad (1.7.15)$$

(1.7.13)–(1.7.15) tenglamalar tarkibida uchta noma'lum  $\rho, V, p$  qatnashadi. Tenglamalarga qushimcha qilib massaning saqlanish qonuni (1.7.3) va bosim bilan zichlik orasidagi bog'lanish (1.7.4) dagi ikinchi ifoda) qonunlarini ezish kerak, u holda tenglamalar soni uchta bo'lib yuqoridagi noma'lumlarni topish uchun ular yetarli bo'ladi. (1.7.13) –(1.7.15) oddiy differentsial tenglama bo'lib, uni echish uchun boshlang'ich shart berilishi kerak. Idish kesim yuzasi  $x = 0$  da muhitning tezligi  $V_0$  va zichligi  $\rho_0$  berilgan bo'lsin.

Misol tariqasida silindr idishni qaraymiz va (1.7.14). Ixtiyoriy tezlik  $V$  (7.3) tenglikka asosan bosim orqali ifodalanadi

$$V = V_0 \frac{\rho_0}{\rho} = V_0 \frac{\rho_0}{f_2(p)} \quad (1.7.16)$$

(1.7.15) tenglamani (1.7.3) va (1.7.16) bog'lanishlardan foydalanib bosim  $p$  ga nisbatan yozamiz

$$\left(1 - \frac{V_0^2 \rho_0^2 f'}{f^2(p)}\right) \frac{dp}{dx} = -\frac{pLfk}{S_0} + f_2(p)g$$

Oxirgi tenglama o'zgaruvchilari ajralgan oddiy differentsial tenglama turiga kiradi va uning yechimi quyidagicha bo'ladi.

$$x = \int_{p_0}^p \frac{[f_2^2(p) - V_0^2 \rho_0^2 f_2'^2(p)] S_0 dp}{f_2^2(p) [S_0 f_2(p) - pLfk]}$$

Bu yerda  $p_0, \rho_0 = f(p_0)$  tenglikdan aniqlanadi.

#### 5. Fur'ening issiqlik tarqalish qonuni

Bu qonun issiqlik oqimining muhitda tarqalish jarayonini tavsiflaydi. Bu qonunga ko'ra issiqlik oqimi harorat gradientiga to'g'ri proporsional. Agar ikki o'lchovli fazoda  $\vec{q}$  - issiqlik oqiminng vektori,  $T = T(t, x, y)$  harorat bo'lsa, u holda Fur'e qonuni quyidagicha ifodalanadi

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad} T = -\lambda \left( \vec{i} \frac{\partial T}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (1.7.17)$$

Bu yerda  $\lambda$  ( $[\lambda] = \text{kcal} / \text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{grad}$ ) - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.

Harorat  $T = T(t, x, y)$  uz navbatida issiqlik tarqalish tenglamasini qanoatlantiradi.

$$c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right)$$

( $c$  ( $[c] = \text{kcal} / \text{kg} \cdot \text{soat}$ ) – muhitning solishtirma issiqlik sig'imi)

Eng sodda hollarda yuzasi  $S$  va qalinligi  $h$  bo'lgan sirtidan, o'tadigan issiqlik miqdori quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$Q = \frac{\lambda S}{h} (T_2 - T_1) \quad (1.7.18)$$

### 6.Nyutonning issiqlik almashish qonuni

Bu qonun qizdirilgan jismning tashqi muhit bilan issiqlik almashish jarayonini harakterlaydi. Unga ko'ra harorati  $T$  bo'lgan jismning  $S$  yuzasidan tashqi muhitga tarqaladigan issiqlik miqdori quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$Q_{\alpha} = \frac{dT}{dx} = \alpha S(T - T_0)$$

Bu yerda  $\alpha$  ( $[\alpha] = kkal / m^2 \cdot s \cdot grad$  - jismning harorati  $T_0$  bo'lgan tashqi muhit bilan issiqlik almashish koeffitsienti.

#### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

- 1.Jarayonlarni modellashtirishda fizika va mexanika qonunlaridan foydalanish zarurligi.
- 2.Moddaning saqlanish qonuni, uning ta'rifi statsionar jarayonda uning matematik ifodasi.
- 3.Muhitning holat tenglamasi. Unin aniqlash, Paxta massasi uchun holat tenglamalari va ularning tahlili.
- 4.Individual va konvektiv hosilalar va ularining mohiyati.
5. Muhit harakatidagi oqim tushunchasi va uning ifodasi
- 6.Nyutonning ikkinchi qonunining tadbiqu. Muhitning idishdagi statsionar harakati tenglamasini tuzish
7. Muhitning aylanma silindr ichidagi harakat tenglamasini chiqarish. Holat tenglamasidan foydalanish
8. Muhitning aylanma konus ichidagi harakat tenglamasini chiqarish. Holat tenglamasidan foydalanish
9. Fur'ening issiqlik tarqalish qonuni va uning tenglamasi
- 10.Nyutonning tashqi muhit bilan issiqlik almashish qonunni, uni jarayonni modelashtirishda foydalanish.

## **1.8. Oddiy tipdagi elementlardan tashkil topgan va vaqt bo'yicha o'zgaruvchi murakkab tizimdagi matematik modellarni tuzish va ularni tahlil qilish.**

### **Misollar.**

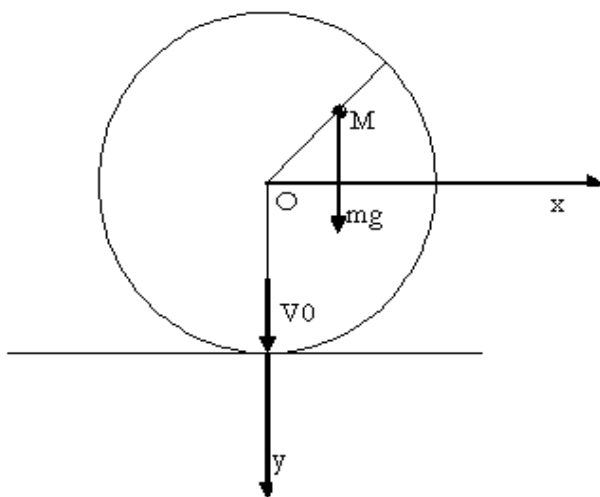
Oddiy elementlardan tashkil topgan murakkab tizimdagi matematik modellar tuzish, modellashtirishning asosiy maqsadi bo'lib, uning vositasida ko'pgina texnikaviy va texnologik jarayonlarni o'rganib, amaliy xulosalar qilish mumkin. Jarayonlarni nazariy va tajribaviy tadqiqot etishda murakkab tizimdagi modellarning o'rni beqiyosdir. Bunday modellar bir tomondan uncha murakkab bo'lmasa ham, ikkinchi tomondan TO ning eng muhim xususiyatlarini aks ettirish mumkin. TO ning muvaffaqiyatli o'rganish qanday modellarning tanlashga ko'pdan-ko'p bog'liq bo'ladi. Bunday modellar yuqorida belgilaganimizdek modellashtirish 7 shartini bajarish bilan birgalikda, ular qo'shimcha tadqiq qilinayotgan muammoga ko'proq aloqador bo'lmog'i kerak. Masalan oldingi ma'ruzada ko'rilgan masalada jism, moddiy nuqtaga ta'sir qilayotgan kuchning ishqalanish kuchiga nisbatiga qarab moddiy nuqta deb qabul qilingan, unga ta'sir qilayotgan tashqi kuchning ishqalanish kuchiga nisbatiga qarab harakat qonunlari har turli bo'lishi mumkinligini ko'rsatib berilgan edi. Yechimdan olingan amaliy xulosaning ahamiyati ishqalanish kuchini harakat xususiyatiga qay darajada ta'sir qilishini ko'rsatishdan iborat bo'ldi. Shuning uchun bunday modelning amaliy qo'llanish chegaralangan bo'ladi. Endi bu model asosida amalga yaqinroq bo'lgan boshqa masalani ko'rib chiqaylik. Faraz qilaylik moddiy nuqta harakat qonuni ma'lum bo'lgan boshqa jism tarkibida harakat qilsin. Shunday masala qo'yaylik: moddiy nuqtani jism tarkibidan chiqindidan tozalash texnologiyasiga bevosita aloqador bo'ladi. Faraz qilaylik jism (paxta bo'lakchasi) vertikal yunalishda  $V_0$  tezlik bilan harakat qilib  $t = 0$  momentda to'kislikka kelib urilsin va o'z tezligini yo'qotsin. Bo'lakchani uzunligi cheklangan silindr deb qabul qilamiz, va tekislikka uqiga pependikulyar holda uriladi. Kesim yuzasidagi zarrachalar (chiqindilar) bir xil harakat qiladi deb qabul qilamiz, ular joylashgan sohasini doira shaklida olib, ularning harakatini ko'rib chiqaylik. Eng avval oddiy holni ko'rib chiqaylik. Zarrachalarning massasi  $m$  bo'lib ular doira ichida qarshiliksiz erkin harakat qilsin. Koordinata boshini doira markazida olib, boshlang'ich

momentida har xil burchak ostidagi yunaltilgan nurlarda joylashgan zarralar harakatini o'rganib, ularni doiradan chiqib ketish shartlarini ko'rib chiqaylik.

Aniqlik uchun doiraning o'ng bo'lagi  $-\pi/2 < \alpha < \pi/2$  ni ko'rish kifoya (1.8.1-rasm).

Boshlang'ich momentda zarrachalar koordinatalari  $x_i = r_i \cos \alpha_i$ ,  $y_i = -r_i \sin \alpha_i$  ( $0 < \alpha_i < \pi/2$ ) bo'ladi, tezliklari esa  $\dot{x}_i = 0$ ,  $\dot{y}_i = V_0$  ga teng bo'ladi. Har bir zarracha uchun harakat tenglamasini tuzamiz.

$$m\ddot{x}_i = 0, m\ddot{y}_i = mg \quad (1.8.1)$$



1.8.1- Rasm. Zarrachaning paxta bo'lakchasi ichidagi harakat sxemasi.

Bu tenglamalarni yuqoridagi boshlang'ich shartlar asosida integrallab, topamiz

$$x_i = r_i \cos \alpha_i, y_i = gt^2 / 2 + V_0 t - r_i \sin \alpha_i \quad (1.8.2)$$

Shunday qilib har bir zarracha  $oy$  o'qiga parallel harakat qilib,  $M_i$  nuqtada doirada chiqib ketadi. Chiqib ketish vaqtini ushbu tenglamadan topamiz (bo'lakcha ichidagi zarracha koordinatlari  $x^2 + y^2 \leq R$  doirada joylashgan bo'lishi kerak,  $R$  - bo'lakcha (tsilidr) radiusi)

$$r_i^2 \cos^2 \alpha_i + (gt^2 / 2 + V_0 t - r_i \sin \alpha_i)^2 = R^2 \quad (1.8.3)$$

(1.8.2) tenglamasidan  $t_i$  - vaqtni topamiz.

$$t_i = \frac{V_0}{g} \left[ \sqrt{1 + \frac{2g(\sqrt{R^2 - r_i^2 \sin^2 \alpha_i} + r_i \cos \alpha_i)}{V_0^2}} - 1 \right]$$

Endi bu masalani echishda boshqa omillarni e'tiborga olamiz. Faraz qilaylik zarracha tola bo'ylab ma'lum yo'nalishda harakat qilsin tola bilan zarracha orasidagi ishqalanish kuchini  $F_0$  deb olamiz. Kurilayotgan modelda chiqindining bo'lakcha ichidan chiqib ketishi uchun  $0 < \alpha < \pi/2$  shart bajarilishi lozim.

Zarrachaning tola bo'ylab harakati  $u_i$  bilan belgilaymiz. U holda zarrachaning harakat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\ddot{u}_i = g(\cos \alpha_i - f \sin \alpha_i)$$

Bu tenglamaning  $u_i(0) = 0$ ,  $\dot{u}_i(0) = V_0 \sin \alpha_i$  shartlarni bajaradigan yechimi:

$$u_i = gt^2(\cos \alpha_i - f \sin \alpha_i)/2 + V_0 t \sin \alpha_i - r_i \sin \alpha_i$$

Formula bilan ifodalanadi.

Zarrachaning  $(x_0 y)$  tekisligidagi koordinatalari quyidagicha bo'ladi:

$$x_i = (r_i + u_i) \cos \alpha_i, \quad y_i = (r_i + u_i) \sin \alpha_i$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki agar  $\cos \alpha_i \geq f \sin \alpha_i$  bo'lsa zarracha harakatini davom ettiradi va  $t = t_i$  momentda bo'lakcha tarkibidan chiqib ketadi. Bu vaqt quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$t_i = \frac{V_0 \sin \alpha_i}{ga} \left[ \sqrt{1 + \frac{2ga[R - r_i + r \sin \alpha_i]}{V_0^2 \sin^2 \alpha_0}} - 1 \right].$$

Bu yerda  $a = \cos \alpha_i - f \sin \alpha_i > 0$

Agar  $\cos \alpha_i < f \sin \alpha_i$ , u holda chiqindining kuchishi quyidagicha bo'ladi

$$u_i = -gt^2 b_i / 2 + V_0 t \sin \alpha_i \quad \text{Bu yerda } b = -\cos \alpha_i + f \sin \alpha_i > 0$$

Chiqindining tezligi  $V = -gbt + V_0 \sin \alpha_i$  bo'lib,  $t = t_0 = V_0 \sin \alpha_i / gb$  momentda nolga aylanadi. Bu vaqt davomida zarracha bo'lakcha chegarasi tomon

$$u_{i0} = r_i \sin \alpha_i + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha_i}{2gb}$$

Bu ifodada  $\frac{2gb}{u_{i0}} = R$  shartini qo'yib tezlik  $V_0$ , zarracha koordinatalari (qutb koordinatasida  $r_i$ ,  $\alpha_i$ ) hamda ishqalanish koeffitsienti  $f$  orasidagi bog'lanishni topamiz

$$r_i \sin \alpha_i + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha_i}{2gb} = R$$

Bu ifodani  $V_0$  nisbatan echamiz

$$V_0 = \frac{\sqrt{2gb(R - r_i \sin \alpha_i)}}{\sin \alpha_i}$$

$\pi$  -teoremasidan foydalanib by ifodanin o'lchamsiz birliklarda yozamiz.

Formulada  $n = 6$  parametr, shulardan 4 tasi o'lchamli kattaliklar  $V_0, g, R, r_i$  va 2 tasi  $\alpha_i$  va  $f$  o'lchamsiz parametrlar. O'lcham birliklari o'zaro bog'lanmagan parametrlar soni  $k = 2$  ga teng. Shunday qilib yuqoridagi formulani  $\bar{n} = n - k = 4$  o'lchamsiz kattaliklar orasidagi bog'lanish sifatida yozish mumkin. Bunday kattaliklarning ikkitasi boshlang'ich o'lchamli kattaliklar kombinatsiyasi bo'lsa, qolgan ikkitasi burchak  $\alpha$  va ishqalanish koefitsienti  $f$  bo'ladi. Bunday kombinatsiyalar ifodalarini quyidagicha olamiz:

$$\bar{V}_0 = V_0 / \sqrt{gR}, \bar{r}_i = r_i / R$$

U holda yuqoridagi formula quyidagi ko'rinishga keltiriladi:

$$\bar{V}_0 = \frac{\sqrt{b(1 - \bar{r}_i \sin \alpha_i)}}{\sin \alpha_i} \quad (1.8.4)$$

Agar bo'lakchanning o'lchamsiz tezligi  $\bar{V}_0$  berilgan bo'lsa, (1.8.4) formulani  $\bar{r}_i$  ga nisbatan echamiz

$$\bar{r}_i = \frac{b - \bar{V}_0^2 \sin^2 \alpha_i}{b \sin \alpha_i}$$

$0 < \bar{r}_i < 1$  sharti e'tiborga olinsa, tezlikning qiymatiga qarab quyidagi xulosalar qilish mumkin.  $\bar{V}_0 > \frac{1}{\sin \alpha_i} \sqrt{b(1 - \sin \alpha_i)}$  chiqindining tezligi nolga aylanmasdan oldin zarrachalar bo'lakcha tarkibidan chiqib ketadi. Agar  $\bar{V}_0 < b / \sin \alpha_i$  zarracha bo'lakcha tarkibida saqlanib qoladi.

Ko'rilayotgan masalaning murakkabligi zarracha bilan tola orasidagi o'zaro hosil bo'lgan kuchlarning aniqlashdan iborat bo'ladi. Shuning uchun uning amaliy ahamiyati va modelning adekvatligi hisoblash tizimini tanlashga bog'liq ikkinchi masala teplofizika sohasida bo'lib tolali mahsulotni quritish jarayoniga ifoda etadi.

Endi to'kis ikki qatlamdan tashkil topgan muhitda issiqlik tarqalish jarayonini V.S.Zarubin taklif etgan ikki elementli model yordamida ko'rib chiqaylik. Bu masalada har bir qatlam tashqi muhit va umumiy chegarada issiqlik almashish xossasiga egadir. Faraz qilaylik yuqori qatlamga tashqi muhitdan  $T_c$  harorat bilan issiqlik oqimi ta'sir qilsin. Ikkinchi qatlamning quyi chegarasi o'zgarmas harorat  $T_0$  ta'sirida bo'lsin.

Har bir qatlamdagi haroratlarni  $T_1$  va  $T_2$  bilan belgilab, ular uchun muhitlarning o'zaro issiqlik almashish Nyuton va energiyaning saqlanish qonunlarini yozamiz.

$$C_1 \frac{dT_1}{dt} = S\alpha_{c1}(T_c - T_1) + S\alpha_{21}(T_2 - T_1) \quad (1.8.5)$$

$$C_2 \frac{dT_2}{dT} = S\alpha_{21}(T_1 - T_2) + S\alpha_{02}(T_0 - T_2) \quad (1.8.6)$$

Bu yerda  $C_1$  va  $C_2$  lar har bir qatlam uchun issiqlik sig'imi.

$\alpha_{c1}$ ,  $\alpha_{21}$ ,  $\alpha_{02}$  - mos ravishda birinchi qatlamning yuqori chegarasi bilan tashqi muhit orasidagi, ikki qatlam orasidagi va ikkinchi qatlam kuyi chegarasi bilan tashqi muhit orasidagi issiqlik almashinish koeffitsientlari. Tenglamalar sistemasi (1.8.5) va (1.8.6) aniqlovchi parametrlar: 2 tashqi parametrlar  $T_0, T_c$  va 5 ta ichki parametrlar  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $S\alpha_{c1}$ ,  $S\alpha_{21}$ ,  $S\alpha_{02}$ , o'zgaruvchi vaqt  $t$ , hamda 2 ta aniqlanadigan kattaliklar  $T_1$  va  $T_2$ - haroratlar. Shunday qilib tenglamalarda  $n=10$  ta o'lchovli bir biriga bog'l kattaliklar qatnashadi. Ularning ichidan  $k=3$  o'lcham birliklari uzaro bog'liq bo'lmagan kattalikdarni ajratish mumkin. Shunday o'lcham birliklari qilib ushbu kattaliklarning o'lcham birligi vaqt  $t$  (s), birinchi qatlamning solishtirma issiqlik sig'imi  $C_1$  (J/K), harorat  $T_0$  (K) larni olish mumkin. Shunday

qilib,  $\pi$ - teorema ko'ra tenglamalar sistemasini  $\bar{n} = n - k = 7$  ta o'lchamsiz kattaliklarga nisbatan o'lchamsiz vaqtga ezishimiz mumkin.

$$\tau = \frac{S\alpha_{21}}{C_1}, \beta = \frac{C_2}{C_1}, \bar{\alpha}_{c1} = \frac{\alpha_{c1}}{\alpha_{21}}, \bar{\alpha}_{02} = \frac{\alpha_{02}}{\alpha_{21}}, \bar{T}_1 = \frac{T_1}{T_0}, \bar{T}_2 = \frac{T_2}{T_0}, \bar{T}_c = \frac{T_c}{T_0}$$

$$\frac{d\bar{T}_1}{d\tau} = \bar{\alpha}_{c1}(\bar{T}_c - \bar{T}_1) + (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) \quad (1.8.7)$$

$$\beta \frac{d\bar{T}_2}{d\tau} = (\bar{T}_1 - \bar{T}_2) + \bar{\alpha}_{02}(1 - \bar{T}_2) \quad (1.8.8)$$

Haroratlar  $\bar{T}_1, \bar{T}_2$  uchun boshlang'ich shartlar

$\bar{T}_1(0) = T_{10}, \bar{T}_2(0) = T_{20}$ ni e'tiborga olib yangi funksiyalar  $X_1 = \bar{T}_1 - T_{10}, X_2 = \bar{T}_2 - T_{20}$  larga nisbatan (1.8.7) va (1.8.8) tenglamalar sistemasini olamiz

$$\frac{dX_1}{d\tau} + (\bar{\alpha}_{c1} + 1)X_1 - X_2 = 0 \quad (1.8.9)$$

$$\beta \frac{dX_2}{d\tau} - X_1 + (1 + \bar{\alpha}_{02})\bar{T}_2 = 0 \quad (1.8.10)$$

(1.8.9) va (1.8.10) tenglamalarni yechimini  $X_1(0) = X_2(0) = 0$  shartlar bo'yicha operatsion hisob yordamida topamiz. Shunga ko'ra  $X_1(\tau), X_2(\tau)$  va  $\bar{T}_c(\tau)$  funksiyalarga  $\tau$  o'zgaruvchi bo'yicha Laplasning bir tomonlama almashtirish amalini bajaramiz ( $p$ -Laplas parametri)

$$X_2(p) = \int_0^\infty X_1(\tau) \exp(-p\tau) d\tau, \quad X_2(p) = \int_0^\infty X_2(\tau) \exp(-p\tau) d\tau,$$

$$T_c(p) = \int_0^\infty \bar{T}_c(\tau) \exp(-p\tau) d\tau$$

Bu yerda  $X_1(p), X_2(p)$  tasvir,  $X_1(\tau), X_2(\tau)$  esa original funksiyalar deb ataladi. (9.15) va (9.16) tenglamalarga bu usulini, qo'llab  $X_1(p)$  va  $X_2(p)$  funksiyalarga nisbatan algebraik tenglamalar sistemasini olamiz.

$$(p + \bar{\alpha}_{c1} + 1)X_1 - X_2 = \bar{\alpha}_{c1}T_c(p) + \frac{T_{20} - (\bar{\alpha}_{c1} + 1)T_{10}}{p}$$

$$-X_1 + (\beta p + \bar{\alpha}_{02} + 1)X_2 = \frac{T_{10} - (\bar{\alpha}_{02} + 1)T_{20}}{p} + \frac{\bar{\alpha}_{02}}{p}$$

Bu sistemadan  $X_1(p)$  va  $X_2(p)$  larni topamiz

$$X_1 = \frac{\bar{\alpha}_{c1}T_c(p)}{\beta(p + p_1)(p + p_2)} + \frac{(p + \bar{\alpha}_{c1} + 1)[T_{10} - (\bar{\alpha}_{02} + 1)T_{20} + \bar{\alpha}_{02}] + T_{20} - (\bar{\alpha}_{c1} + 1)T_{10}}{\beta p(p + p_1)(p + p_2)}$$

$$X_2 = \frac{\bar{\alpha}_{c1}(\beta p + \bar{\alpha}_{02} + 1)T_c(p)}{\beta(p + p_1)(p + p_2)} + \frac{(\beta p + \bar{\alpha}_{02} + 1)[T_{20} - (\bar{\alpha}_{c1} + 1)T_{10}] + T_{10} - (\bar{\alpha}_{02} + 1)T_{20} + \bar{\alpha}_{02}}{\beta p(p + p_1)(p + p_2)}$$

Bu yerda

$$p_1 = \frac{(\bar{\alpha}_{c1}\beta + \bar{\alpha}_{02} + \beta + 1) + \sqrt{(\bar{\alpha}_{c1}\beta + \bar{\alpha}_{02} + \beta + 1)^2 - 4\beta(\bar{\alpha}_{c1}\bar{\alpha}_{02} + \bar{\alpha}_{c1} + \bar{\alpha}_{02})}}{2\beta}$$

$$p_2 = \frac{(\bar{\alpha}_{c1}\beta + \bar{\alpha}_{02} + \beta + 1) - \sqrt{(\bar{\alpha}_{c1}\beta + \bar{\alpha}_{02} + \beta + 1)^2 - 4\beta(\bar{\alpha}_{c1}\bar{\alpha}_{02} + \bar{\alpha}_{c1} + \bar{\alpha}_{02})}}{2\beta}$$

Original funksiyalarning ifodasi Laplas teoremasiga asoslanib, yoki originalni topish usuli bilan aniqlanadi. Originalni topish qoidasidan foydalanib, topamiz.

$$X_1 = \frac{\bar{\alpha}_{c1}}{\beta} \int_0^{\tau} \bar{T}_c(\tau - \xi) f(\xi) d\xi + \frac{T_{10} - (\bar{\alpha}_{02} + 1)T_{20} + \bar{\alpha}_{02}}{\beta} f(\tau) -$$

$$- \frac{\{(\bar{\alpha}_{c1} + 1)(\bar{\alpha}_{02} + 1) - 1\}T_{20} - \bar{\alpha}_{02}(\bar{\alpha}_{c1} + 1)}{\beta} \int_0^{\tau} f(\xi) d\xi$$

$$X_2 = \frac{\bar{\alpha}_{c1}}{\beta} \int_0^{\tau} \bar{T}_c(\tau - \xi) [\beta f_0(\xi) + (\bar{\alpha}_{02} + 1)f(\xi)] d\xi + [T_{20} - (\bar{\alpha}_{c1} + 1)T_{10}] f(\tau) -$$

$$- \frac{[(\bar{\alpha}_{c1} + 1)(\bar{\alpha}_{02} + 1) - 1]T_{10} - \bar{\alpha}_{02}}{\beta} \int_0^{\tau} f(\xi) d\xi$$

Bu yerda  $f(\tau) = \frac{1}{p_1 - p_2} [\exp(-p_2\tau) - \exp(-p_1\tau)]$ ,  $f_0(\tau) = f'(\tau)$

Olinadigan formulalar murakkab bo'lganligi sababli hisoblash jarayoni EHM yordamida olib borish lozim bo'ladi. Hisobiy natijalar ilovada keltiriladigan dastur yordamida olish mumkin.<sup>58</sup>

### **Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar**

1. Murakkab tizimdagi matematik model tushunchasi, uni tuzish usullari.
2. Amaliy masalalarga misollar keltirish. Texnologik jarayonlarga oid murakkab modellar tuzish bosqichlari, ularning tahlili.
3. Paxta bo'lakchasi tarkibidagi zarracha harakatini o'rganish modellari
4. Bo'lakcha tarkibida erkin harakalanayotgan chiqindi zarrachasi harakat qonuni, chiqindining bo'lakcha tarkibidan chiqib ketish vaqtini aniqlash
5. Paxta bo'lakchasi tarkibida chiqindining ishqalanish kuchini hisobga olganda harakatini o'rganish.
6. Chiqindining bo'lakcha tarkibidan chiqib ketish shartini aniqlash, izohi.
7. Tekis ikki qatlamli muhitda issiqlik tarqalish jarayonini modellashtirish. Asosiy tenglamalarni keltirib chiqarish.
8.  $\pi$ -teoremadan foydalanib, tenglamalarni o'lchamsiz kattaliklarga nisbatan yozish.
9. Tenglamalarni echish usuli. Operatsion usuli, uning mohiyati va qo'llash.
10. Qatlamdagi haroratlarni aniqlash formulalari. Ularni topish usullari.
11. Ikki qatlamli muhitdagi issiqlik tarqalish jarayonini tahlili. Xususiy hollar.

<sup>58</sup>Gordon G.A. A general purpose systems simulator, IBM system, J.N1, 1962

## 2-BOB

### TEXNOLOGIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRISHDA MATEMATIK STATISTIKANING QO'LLASH ASOSLARI

#### **2.1. Matematik statistika fani tushunchasi va uning amalda qo'llash zarurligi.**

##### **Variatsion qatorlar, grafiklarda tasvirlash, variatsiyaning ko'rsatkichlari**

Texnologik jarayonlarni tahlil qilishdan asosiy maqsad undagi amalda katta ahamiyatga ega bo'lgan qonuniyatlarni aniqlashdan iboratdir. Odatda bu qonuniyatlar juda ko'p omillar (faktorlar) bilan ta'sirida vujudga keladi, ularni ta'sirini baholash eng muhim o'rin egallaydi. Amalda uchraydigan omillar ko'p hollarda tasodifiy xususiyatlarga ega bo'lib ularni baholash uchun matematikaning maxsus bo'limlari - ehtimollar nazariyasi va matematik statistikadan foydalanish zaruriyati tug'iladi. Ehtimollar nazariyasi tasodifiy hodisalarning qonuniyatlarini o'rganadigan fan sifatida ta'riflanadi. Matematik statistika esa, N.Sh.Kramer va Ya.K.Koldelarning ta'rifiga ko'ra matematikaning maxsus bo'limi hisoblanib, statistik qonuniyatlarni aniqlash maqsadida kuzatish natijalarini yig'ish, qayta ishlash, tizimlash, interpretatsiyalashning matematik usullarini yaratish va ularni o'rganishdan iboratdir. Matematik statistika ehtimollar nazariyasiga tayanadi. Shuning bilan birga ehtimollar nazariyasi voqelikni abstrakt holda o'rganadigan bo'lsa, matematik statistika to'g'ridan to'g'ri kuzatilayotgan tasodif hodisalar (jarayonlar) majmuasidan ajratmalar natijalariga yondashgan bo'lib, ulardagi qonuniyatlarni o'rganadi.

Ommaviy xususiyatga ega bo'lgan tasodif hodisalarda ro'y beradigan statistik qonuniyatlarni aniqlash esa, o'z navbatida tasodif hodisa jarayoni davomida bizni qiziqtirgan kuzatish ko'rsatkichi qanday qiymatlarni qabul qilishi haqidagi ma'lumotlar statistikasini o'rganishdan iboratdir.

**2.1.1-Misol.** Faraz qilaylik yangi texnologik qurilmani joriy qilish natijasida ipning uzilish kuchi (eski qurilmaga nisbatan protsentda) 100 marta o'lchash natijasida qo'yidagi qiymatlarni qabul qiladi.

**80.3; 80; 80.8; 80.1; 82.5; 81.14 83; 84; 84.2; 84.5; 84.8; 91.2; 90; 84.1; 81.5; 89.2; 82; 90.5; 80.6; 92;....; 84.9; 86; 92.5; 95.**

(umumiy soni 100 ga teng)

Bu yerda ipning uzilish kuchi tasodifiy fizik kattalik  $X$  bo'lib, yuqorida keltirilgan sonlar ( raqamlar) uning qabul qiladigan qiymatlari hisoblanadi va ularni bundan keyin tasodif kattalikning variantlari (ajratmalari) deb aytiladi va ular  $x$  bilan belgilanadi. Ularning umumiy soni  $n$  bilan belgilanadi (bizning holda  $n=100$ ). Umumiy holda agar  $n$  oshib borsa variantlarni o'rganish va ularni anglash jarayoni qiyinlashadi. Shuning uchun birinchi  $x$  ning qiymatlarini oshib borish tartibida yozib chiqamiz. Faraz qilaylik uning eng kichik qiymati  $x_{\min}=80.1$ , eng katta qiymati  $x_{\max}=95$  bo'lsin. U holda ularni quyidagi ko'rinishda yozamiz

$$x_{\min}=80; 80.6; 86; 90; \dots 91.2; 92; 92.5; 95=x_{\max} \quad (2.1.1)$$

Bunday ko'rinishdagi raqamlarni joylashtirish amalda qiyinchilikni yuqotmaydi. Shuning uchun ularni guruhlariga bo'lamiz. Guruhlar orasidagi masofalar (intervallar) uncha katta va shuning bilan birga uncha kichik bo'lmasligi kerak. Intervallar sonini aniqlash uchun Sterdjies formulasidan foydalanish tavsiya etiladi  $m=1+1.447\ln n=1+3.322\lg n$ , interval oralig'i (kengligi) ushbu formula yordamida aniqlanadi

$$k=\frac{x_{\max}-x_{\min}}{m} \quad (2.1.2)$$

2.1.1-Misol uchun (2.1.1) ifoda va (2.1.2) formuladan foydalanib topamiz.

$$m=1+1.447\ln(100)=7.667$$

$$k=(95-80)/m=1.957\%$$

Interval oraliqlarining soni  $m=8$  va ularning oralig'ini  $k=2\%$  deb olamiz, hamda intervalning boshlanishini  $x_{bosh}=x_{\min}-k/2=80-1=79\%$  ga teng deb olamiz. Guruhlangan qatorni ushbu 2.1.1-jadval ko'rinishida yozamiz.

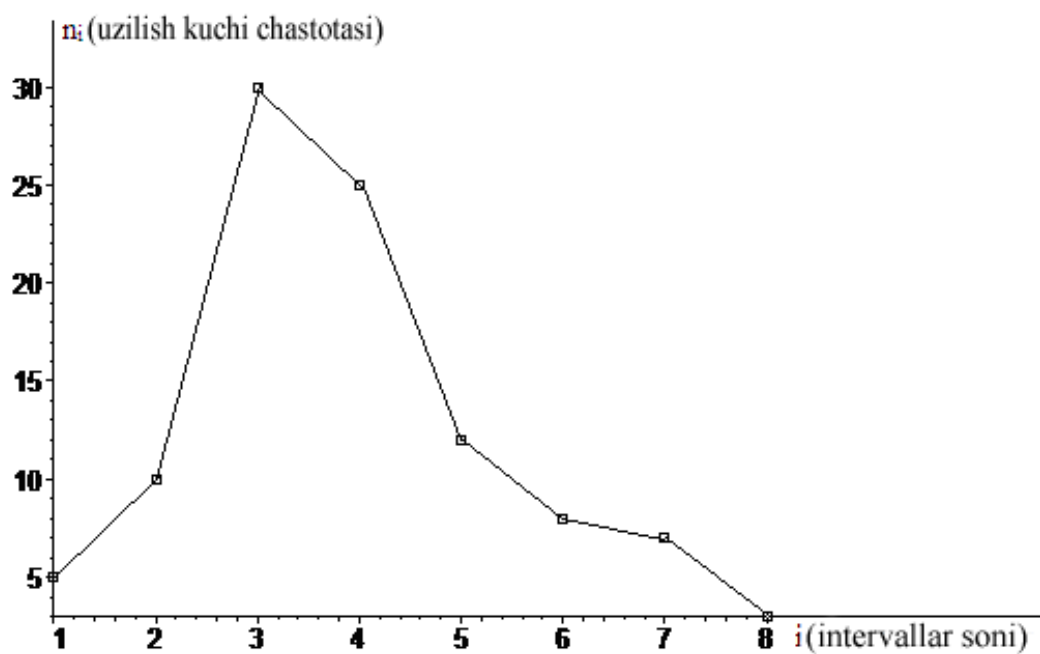
Olingan intervalda takrorlanadigan variantlarnig soni chastotalar va ularning umumiy kuzatish soni  $n$  ga nisbati  $w_i=\frac{n_i}{n}$  nisbiy takrorlanish deb aytiladi. Masalan,  $n_i^{(to'p)}=70$  bo'lsa, u holda 70 ta kuzatilgan (o'lchangan) tolaning uzilish kuchining dastlabki uzilish kuchiga nisbati 87% kam bo'ladi. Variatsion qatorlarni grafik usulda tasvirlash uchun poligon, gistogramma va kumulyativ chiziqlardan foydalaniladi.

2.1.1-jadval

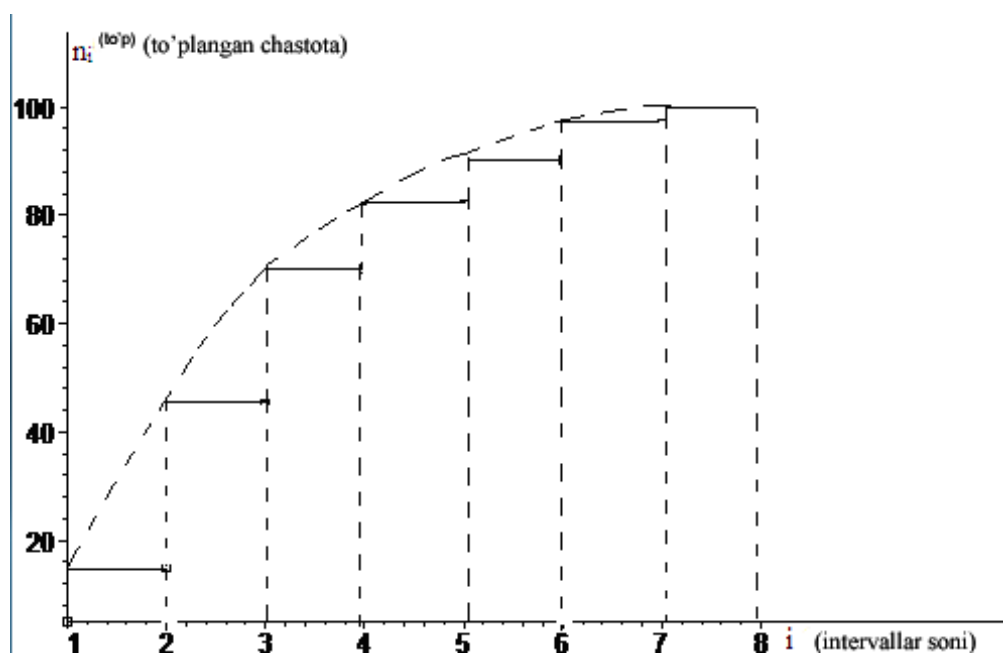
| № | Dastlabki va yangi jihozlardagi tola uzilish kuchlarining nisbati (% da) | Chastota (uzilish kuchlari qiymati) $n_i$ | Nisbiy takrorlanish (uzilish kuchlarining ulushi) $w_i = \frac{n_i}{n}$ | To'plangan chastota $n_i^{(to'p)}$ | Takrorlanish chastotasi $w_i = \frac{n_i^{(to'p)}}{n}$ |
|---|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 | 79-81                                                                    | 5                                         | 0.05                                                                    | 5                                  | 0.05                                                   |
| 2 | 81-83                                                                    | 10                                        | 0.1                                                                     | 15                                 | 0.15                                                   |
| 3 | 83-85                                                                    | 30                                        | 0.3                                                                     | 45                                 | 0.45                                                   |
| 4 | 85-87                                                                    | 25                                        | 0.25                                                                    | 70                                 | 0.7                                                    |
| 5 | 87-89                                                                    | 12                                        | 0.12                                                                    | 82                                 | 0.82                                                   |
| 6 | 89-91                                                                    | 8                                         | 0.08                                                                    | 90                                 | 0.9                                                    |
| 7 | 91-93                                                                    | 7                                         | 0.07                                                                    | 97                                 | 0.97                                                   |
| 8 | 93-95                                                                    | 3                                         | 0.03                                                                    | 100                                | 1.00                                                   |
|   | $\Sigma$                                                                 | 100                                       | 1.00                                                                    |                                    |                                                        |

Poligonda diskret variatsion qatori  $(x, n)$  tekisligida sinIQ chiziqlar yordamida tasvirlanadi, har bir chiziqning oxirgi koordinatasi  $(x_i, n_i)$  ( $i = 1...m$ ) ga teng bo'ladi. Yuqoridagi jadvalda keltirilgan tola uzilish kuchi nisbati chastotalari uchun 2.1-rasmda uning poligoni keltirilgan. 2.2-rasmda kumulyativ sinIQ chizig'i va 2.3-rasmda uning gistogrammasi keltirilgan. Kumulyativ chiziqning uzilish kuchlari nisbatiga bog'liqlik grafiki 2.4-rasmda keltirilgan.

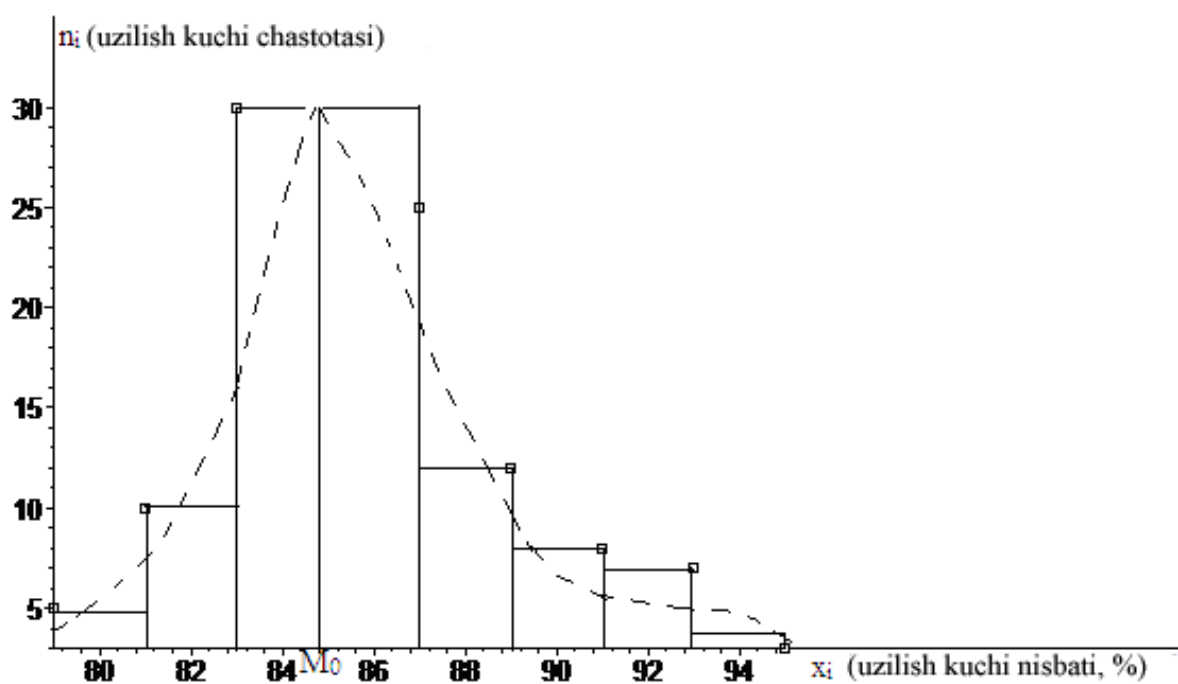
Variatsion qator tasodif kattalikning statistik analogi bo'lib, poligon uning taqsimlanish egri chizig'iga, kumulyativ chiziq esa uning taqsimlanish funksiyasiga mos keladi. Variatsion qator kuzatilayotgan jarayon ko'rsatkichi xaqida to'liq ma'lumot beradi, shuning bilan birga uning sonli qiymatlaridan foydalanish bir qator qiyinchiliklar hosil etadi. Shuning uchun variatsion qatorni o'rganish (tahlil qilish) uchun maxsus ko'rstkichlar qabul qilingan. Ular: o'rta qiymat (markaziy tendentsiya harakteristikasi), o'zgaruvchanlik (variatsiya), dispertsiya va x.k.



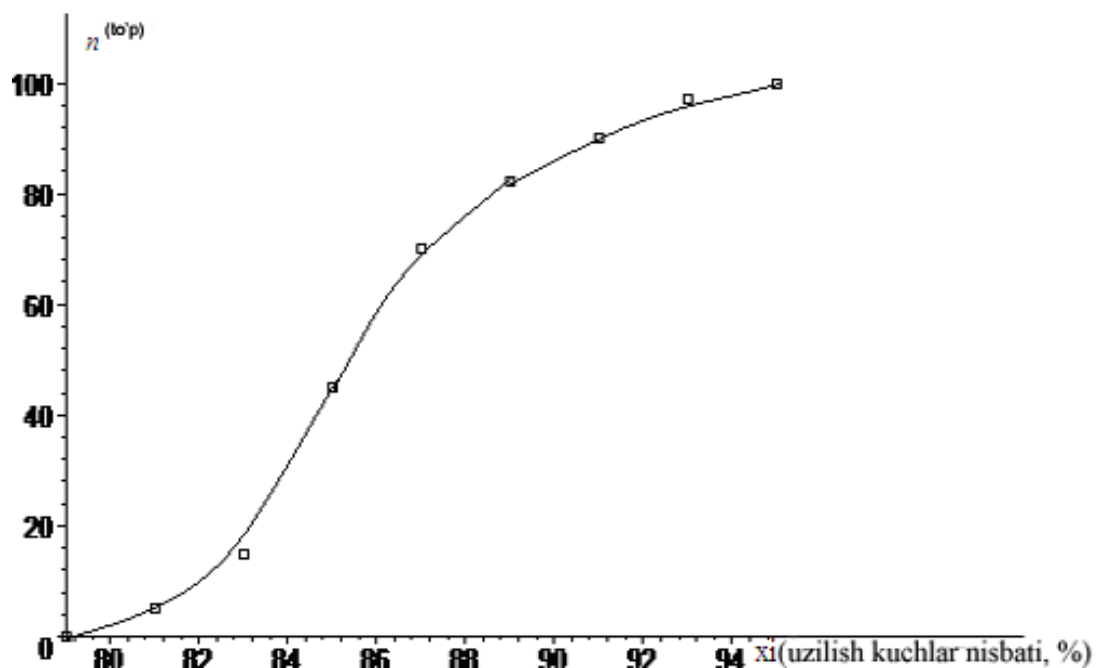
2.1-rasm. Tola uzilish kuch nisbatining poligoni



2.2-rasm. Tola uzilish kuchi nisbati uchun to'plangan chastotalarining siniq chizig'i.



2.3-rasm. Tola uzilish kuchi nisbati gistogrammasi



2.4-rasm. To'plangan chastotaning (kumulyatning) uzilish kuchlar nisbati bilan uzluksiz bog'lanish chizig'i.

T a ‘ r i f. Hamma variantlar qiymati bilan ularning chatotasi ko'paytmalari yig'indisining chastotalar yig'indisiga nisbati variatsion qatorning o'rta qiymati deb aytiladi. O'rta qiymatini  $\bar{x}$  bilan belgilaymiz. Shunday qilib, ta'rifga ko'ra

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} x_i n_i}{n}, \quad n = \sum_{i=1}^m n_i \quad (2.1.3)$$

Bu yerda,  $x_i = \frac{x_{i+1} + x_i}{2}$  - variatsion qator  $i$  va  $i+1$  interval qiymatlari orasidagi masofaning o'rtasi,  $m$  - takrorlanmaydigan variantlar soni.

**2.1.2-Misol.** 2.1.1 jadvalda keltirilgan variatsion qatorning o'rta qiymatini toping. Bu yerda  $m = 8$ ,  $n = 5 + 10 + 30 + 25 + 12 + 8 + 7 + 3 = 100$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i n_i}{n} = \frac{80 \cdot 5 + 82 \cdot 10 + 84 \cdot 30 + 86 \cdot 25 + 88 \cdot 12 + 90 \cdot 8 + 92 \cdot 7 + 94 \cdot 3}{100} = 85.92 \%$$

O'rta qiymat kuzatilayotgan jarayonning o'zgaruvchanligini (variatsiyasini) aniqlay olmaydi. Eng sodda hollarda uni variatsiya ko'lamligi (qulochi) orqali baholash mumkin

$$R_k = x_{\max} - x_{\min}$$

Yuqoridagi misolda  $R_k = 95 - 79 = 16$

T a ‘ r i f. Variatsion qator o'rta qiymati bilan uning varianti orasidagi ayirma kvadratining o'rta qiymatiga variatsion qatorning dispersiyasi deb aytiladi. Uni  $s^2$  bilan belgilaymiz, shunday qilib

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} (x_i - \bar{x})^2 n_i}{n} \quad (2.1.4)$$

Odatda dispersiya  $s^2$  tajriba asosida aniqlanganligi uchun uni empirik yoki tanlangan dispersiya deb aytiladi. Odatda (4) formula o'rniga quyidagi

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} x_i^2 n_i}{n} - \bar{x}^2 \quad (2.1.5)$$

formuladan foydalanish qulay bo'ladi.

O'rta kvadratik cheklanish (og'ish) formulasi amalda qo'llaniladi

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_i} (x - \bar{x})^2 n_i}{n}} \quad (2.1.6)$$

Ushbu formula o'rta kvadratik cheklanish (og'ish) bilan o'rta arifmetik qiymat nisbati bo'lib uning foizdagi kattaligiga variatsiya koeffitsienti deyiladi

$$\bar{v} = \frac{s}{\bar{x}} 100\% \quad (2.1.7)$$

**2.1.3-Misol.** 2.1.1-jadvalda keltirilgan variatsion qator dispersiyasi, o'rta kvadratik cheklanish va variatsiya koeffitsientlari topilsin . Misolda  $\bar{x} = 85.92$  bo'lganligi uchun (2.9.5) formuladan foydalanamiz

$$s^2 = \frac{80^2 \cdot 5 + 82^2 \cdot 10 + 84^2 \cdot 30 + 86^2 \cdot 25 + 88^2 \cdot 12 + 90^2 \cdot 8 + 92^2 \cdot 7 + 94^2 \cdot 3}{100} - (85.92)^2 = 10.794$$

Shunday qilib

$$s = 3.285\%, \quad \bar{v} = \frac{s}{\bar{x}} 100 = 3.824\%$$

O'rta arifmetik qiymat va o'rta kvadratik og'ishning ayrim xossalarini izoxsiz keltiramiz

1.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (kx_i) n_i = k\bar{x} ,$
2.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (x_i + c) n_i = \bar{x} + c ;$
3.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (x_i + y_i) n_i = \bar{x} + \bar{y} ;$
4.  $s_{\pm kx}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m ((\pm kx_i - \pm k\bar{x}c)^2 n_i = k^2 s^2 ;$
5.  $s_{x \pm c}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m [(x_i \pm c) - (\bar{x} \pm c)]^2 n_i = s^2 ;$
6.  $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m x_i^2 n_i - \bar{x}^2 .$

Agar variatsion qator bir necha guruh kuzatishlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda umumiy dispersiya guruxlar dispersiyasining o'rta arifmetik qiymati bilan

guruhlararo dispersiya yig'indisiga teng bo'ladi (adabiyotda bu xossani «dispersiyalarni qo'shish tartibi» deb aytiladi)

$$7. s^2 = s_*^2 + \delta^2$$

$$s_*^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l s_i^2 n_i, \delta^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l (\bar{x}_i - \bar{x})^2 n_i, s_i^2 = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x}_i)^2 n_j$$

$k, c$  - o'zgarmas son,  $l$  - guruxlar soni.

**2.1.4-Misol.** Ikki guruh (partiya) ip kalavalari ikkita yigirish mashinasida olingan bo'lib, ularning sonlari mos ravishda 40 va 60 taga teng (jadval 2.1.2). Agar har bir guruhdagi iplarning o'rtacha uzilish kuchi mos ravishda 100 sN, 80 sN, hamda dispersiyasi 10 va 15 bo'lsa, uzilish kuchining umumiy dispersiyasi va variatsiya koeffitsienti topilsin

2.1.2-jadval

| Kalavalar guruxi     | Kalavalar soni | Iplarning o'rtacha uzilish kuchi ( $cH$ ) | Uzilish kuchlarining dispersiyasi ( $cH$ ) <sup>2</sup> |
|----------------------|----------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1-yigirish mashinasi | 40             | 100                                       | 10                                                      |
| 2-yigirish mashinasi | 60             | 80                                        | 15                                                      |

Bu yerda  $l = 2$ ,  $\bar{x}_1 = 100$ ,  $\bar{x}_2 = 80$ ,  $s_1^2 = 10$ ,  $s_2^2 = 15$ .

Shuning uchun

$$\bar{x} = \frac{100 \cdot 40 + 80 \cdot 60}{100} = 88(cH), s_*^2 = \frac{10 \cdot 40 + 15 \cdot 60}{100} = 13(cH)^2,$$

$$\delta^2 = \frac{(100 - 88)^2 \cdot 40 + (80 - 88)^2 \cdot 60}{100} = 96(cH)^2,$$

$$s^2 = s_*^2 + \delta^2 = 109(cH)^2, s = 10.44(cH) \quad \bar{v} = s / \bar{x} = 11.86\%$$

### Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar

1. Extimollar nazariyasi va matematik statistika fani ta'riflari.
2. Extimollar nazariyasi va matematik statistika o'rganadigan ob'ektlar.
3. Variatsion qator tushunchasi, uning tanlash, guruhlariga ajratish zarurligi, chastota tushunchasi.
4. Guruhlar orasidagi masofani (intervallarni) aniqlash va ularni topishda Sterdjies formulasidan foydalanish.

5. Variatsion qatorlarni grafik usulda tasvirlash. Poligon tushunchasi va uni ko'rish usuli.
6. Gistogramma va kumulyativ egri chiziqni ko'rish usullari.
7. Variatsion qator o'rta arifmetik qiymatini aniqlash.
8. Variatsion qator dispersiyasi va uni aniqlash formulalari.
9. O'rta arifmetik qiymatning asosiy xossalari.
10. Dispersiyaning asosiy xossalari.

## **2.2. Statistik gipotezalar, ularning turlari, tekshirish usullari.**

### **Ularni amaliy masalalarni echishda qo'llash**

Amaliy masalarni echishda statistika parametrlari o'rta qiymat va dispersiya orqali ifodalanadi. Bu parametrlar general majmuadan tasodif tanlab olingan variatsion qatorlar uchun aniqlangan bo'lib ularning universalligiga umuman olganda kafolat berib bo'lmaydi. Boshqacha qilib aytganda tasodif tanlab olingan qator uchun aniqlangan parametrlar shu majmuadan (to'plamdan) boshqa holda tasodif tanlab olingan qator (ajratma) uchun o'z qiymatini saqlab qola oladimi yoki yo'qmi degan savolga javob berish kerak bo'ladi. Bu savol mohiyati odatda, adabiyotda statistikaning amaliy ishonchlik tamoyili (prinsipi) deb aytiladi. Bu tamoyil statistikaning xulosa va tavsiyalarini amaliy qo'llashga asos bo'lib xizmat qiladi. Bu tamoyil matematika yordamida isbotlanmaydi, balki insonning ko'p yillar davomida ortirgan amaliy tajribasi asosida isbotlanadi. Ishonchlilik tamoyiliga N.Sh.Kramer tomonidan shunday ta'rif beriladi. Agar  $A$  hodisaning sodir bo'lish ehtimolligi juda kichkina bo'lsa, u holda hodisa bir karrali tajribada sodir bulla olmaydi, va shunday qilib amaliy tajribada bu voqea umuman sodir bo'lmaydi deb qabul qilish mumkin. Amalda bu prinsip xayotda ko'p qo'llaniladi. Masalan samolyotda uchish paytida biz uni falokatga uchramaydi degan ishonchda bo'lamiz, holubuki u falokatga uchrashi extimolidan holi emas, faqat bu extimollik juda kichkina bo'ladi. Bu yerda odatda, layner uchun uning falokatsiz harakat holati zarur bo'lgan statistik ma'lumotlar bilan ta'minlashi kerak bo'ladi. Bunday hollarda zarur bo'lgan parametrlarni statistik baholash har xil statistik gipotezalarni tekshirish bilan bog'liq bo'ladi. *Taqsimlanish*

qonuni noma'lum bo'lgan hodisalar ko'rinishi va parametrlariga beriladigan farazga statistik gipoteza deb aytiladi. Tekshiriladigan gipoteza odatda nol gipoteza deb aytiladi va u  $H_0$  belgilanadi. Bu gipoteza qatorida uni inkor etadigan ikkinchi alternativ gipoteza  $H_1$  beriladi. Bu ikkala gipoteza statistik gipotezalarni tekshirish jarayonida namoyon bo'ladigan ikki imkoniyatni aniqlab beradi. Statistik gipotezani tekshirish ma'nosi quyidagidan iborat. Faraz qilaylik biror statistik parametr (masalan, o'rta arifmetik qiymat yoki dispersiya), uni qisqacha qilib statistika deb ataymiz va  $\theta_n(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , taqsimlanish qonuni  $P(\theta)$  aniq yoki taqribiy usul bilan olingan ajratma  $X_1, X_2, \dots, X_n$  tasodifiy kattaliklar uchun o'rinli bo'lsin. Shunday qabul qilingan taqsimlanish qonuni asosida parametr  $\theta_n$  hodisa ro'y berish ehtimoli ushbu shartni qanoatlantiradigan  $P(\theta_n > \theta_k) = \alpha$  ( $\alpha$ -kichkina son) kritik qiymati  $\theta_k$  mavjud bo'lsa  $H_0$  gipotezani tekshirish mumkin bo'ladi. Amaliy ishonchlik tamoyiliga ko'ra  $\alpha$  kichkina bo'lsa, ushbu shartni  $\theta_n > \theta_k$  qanoatlantiradigan hodisa amalda ro'y bermaydi (ma'lum tavakkalda). Shunga ko'ra amalda statistika uchun  $\theta_n > \theta_k$  tengsizligi bajarilsa, u holda  $H_0$  gipoteza inkor etiladi, ikkinchi tomondan  $\theta_n \geq \theta_k$  statistika uchun gipoteza o'rinli bo'lib, statistika uchun bu gipoteza qabul qilinadi. Gipoteza  $H_0$  o'rinli yoki inkorligini belgilab beradigan tartib statistik test yoki statistik kriteriy deb aytiladi. Shunday qilib statistika  $\theta_n$  ning qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlaridan hosil bo'lgan to'plam ikki to'plam ostiga bo'linadi: kritik soha (gipoteza inkor etiladigan soha)  $W$ , ruxsat berilgan soha (gipoteza qabul qilingan soha)  $\bar{W}$ . Agar statistika qiymati  $W$  (kritik) sohaga tegishli bo'lsa,  $H_0$  gipoteza inkor etiladi, aksincha u  $\bar{W}$  sohaga tegishli bo'lsa  $H_0$  gipoteza qabul etiladi.

*T a ' r i f.*  $H_0$  gipoteza o'rinli bo'lib,  $\alpha$  parametrning kichkina qiymatida u inkor etilsa, u holda taqsimlanish ehtimolidagi  $\alpha$  birinchi turdagi xatoga ega bo'lib, uni **statistikaning ahamiyatli darajasi** deb aytiladi.  $H_0$  gipoteza o'rinli bo'lmasdan, ehtimollik  $1 - \beta$  gipotezani inkor etilsa, u holda taqsimlanish ehtimolidagi  $1 - \beta$

ikkinchi turdagi xatolikka yo'l qo'ymaydi va uni **statistika kriteriyasini quvvati** deb aytiladi.

Masalan muqim ishlab turgan stanokning to'xtab qolish extimolligi  $\alpha$  ( $\alpha \ll 1$ ) bo'lsa, undagi statistik gipotezani teshirish quyidagi **2.2.1-jadval** yordamida izoxlash mumkin.

2.2.1-jadval

| Gipoteza $H_0$                  | Qabul etiladi              | Inkor etiladi               |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| O'rinli (stanok ishlab turibdi) | To'g'ri yechim             | 1- tur xatolik ( $\alpha$ ) |
| Noo'rinli (stanok ishlamaydi)   | 2- tur xatolik ( $\beta$ ) | To'g'ri yechim              |

Amaliy masalalarni echishda parametrlar  $\alpha$  va  $\beta$  larni tanlab olishda ma'lum qiyinchiliklar tug'iladi. Ko'p hollarda bu parametrlar kritik soha  $W$  ni tanlab olgandan so'ng uzil kesil aniqlanadi. Bu extimolliklarni imkoniyati boricha kichkina qiymatlarini tanlash kerak bo'ladi. Buni amalga oshirish qiyinchilik tug'diradi. Buning uchun ko'pincha ajratma xajmini oshirishga to'g'ri keladi. Bunday muammolarni konkret misollarni ko'rib, ularning tahlilida hal qilish mumkin. Ctatistik gipotezalarni tekshirish tamoyilining ayrim xossalariga to'xtalamiz. Shuni ta'kidlash lozimki, gipotezalar xech vaqt tanlangan variantning o'rinli yoki noo'rin bo'lishligini mantikan isbotlab bera olmaydi.  $H_0$  gipoteza eng to'g'ri va birdan bir variant tanlanganiga to'la- to'kis kafolat bera olmaydi. U faqat biz tanlagan ma'lumotlar uchun variant zid emasligini belgilab beradi. Agar ma'lumolar hajmi oshib borsa u holda boshqa gipotezalar o'rinli bo'lishi mumkin. O'zining amaliy ahamiyati bo'yicha gipotezalar bir necha turga bo'linadi<sup>56</sup> .

- General majmuadagi sonli harakteristikalarining o'zaro tengligi;
- Parametrlaring sonli qiymatlari;
- Taqsimlanish qonunlari;
- Tanlashning bir turdaligi;

Ikki majmuadagi sonli harakteristikalarini o'zaro tengligi masalasini ko'rib chiqamiz. Bunday masala alohida ahamiyatga egadir. Amalda bir seriyadagi tajriba natijalari ikkinchi seriyadagi tajriba natijalari bilan qanchalik farq qilishi mumkinligi

<sup>56</sup> D.Koks, D.XINKLI. Zadachi po teoreticheskoy statistike s resheniyami.M.Mir. 1978

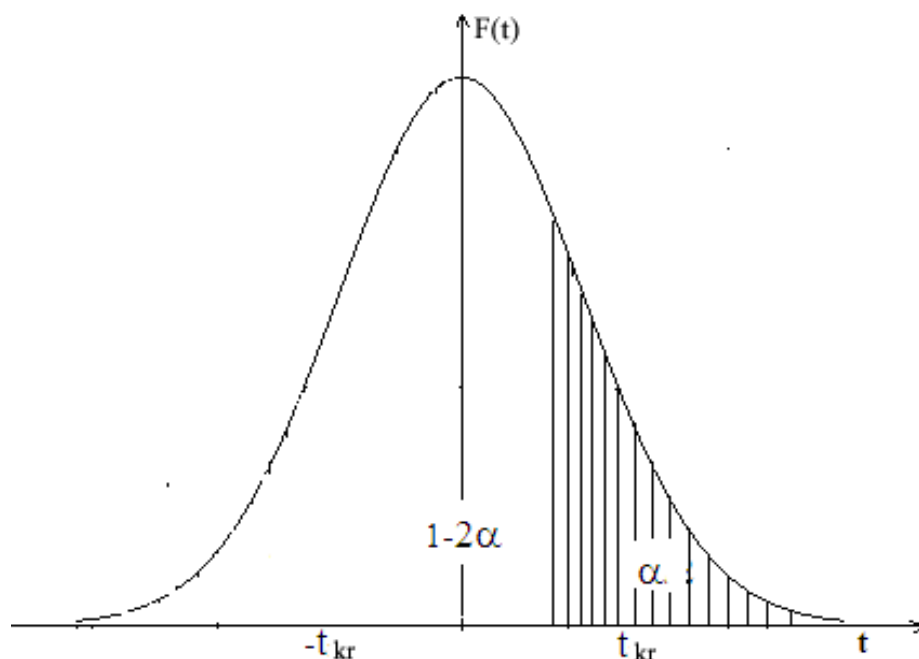
masalasi ko'p uchraydi. Shunda savol tug'iladi. Kuzatilgan bunday farq tasodif xususiyatga egami yoki u biror qonuniyatga bo'ysinadimi. Masalan har xil qurilmalarda olingan mahsulot sifatini aniqlash uchun tanlangan nazorat natijalarining o'rta qiymati chastotasini qay tarzda solishtirish mumkin. Shu munosabat bilan quyidagi masalani qo'yamiz. Faraz qilaylik dispersiyasi  $\sigma_x^2$  va  $\sigma_y^2$  ma'lum bo'lgan ikki majmua  $X$  va  $Y$  o'rta qiymatlari bilan harakterlansin. Majmua o'rta qiymatlari o'zaro teng, ya'ni  $\bar{x}_0 = \bar{y}_0$  bo'lgan gipotezani tekshirish lozim bo'lsin. Buni amalga oshirish uchun har bir majmuadan bir biriga bog'liq bo'lmagan ajratmalar (viborqa)  $n_1$  va  $n_2$  tanlab olamiz. Ularning o'rta arifmetik qiymatlari  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  va dispersiyalari  $s_x^2$ ,  $s_y^2$  bo'lsin. Agar ajratmalar xajmlari yetarli darajada katta bo'lsa, tanlangan o'rta qiymatlar  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  normal taqsimlanish qonunlari  $N(\bar{x}_0, \sigma_x^2)$ ,  $N(\bar{y}_0, \sigma_y^2)$  ga bo'ysinadi. Agar gipoteza o'rinli bo'lsa u holda  $s_x^2 = \sigma_x^2$ ,  $s_y^2 = \sigma_y^2$  bo'lib, ayirma  $\bar{x} - \bar{y}$  ham normal taqsimlanish qonuniga bo'ysunib, uning uchun o'rta arifmetik qiymat  $M(\bar{x} - \bar{y}) = M(\bar{x}) - M(\bar{y}) = \bar{x}_0 - \bar{y}_0 = 0$  (gipoteza shartiga ko'ra), dispersiya  $\sigma_{\bar{x}-\bar{y}}^2 = \sigma_{\bar{x}}^2 + \sigma_{\bar{y}}^2 = \frac{\sigma_x^2}{n_1} + \frac{\sigma_y^2}{n_2}$  (bu xossalar adabiyotda ma'lum) Quyidagi standart ko'rinishga keltirilgan statistikani qaraymiz.

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y} - M(\bar{x} - \bar{y})}{\sigma_{\bar{x}-\bar{y}}} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n_1} + \frac{\sigma_y^2}{n_2}}} \quad (2.2.1)$$

Bu statistika uchun o'rta qiymat  $\bar{t} = 0$ , dispersiya  $\sigma_t^2 = 1$  bo'lganligi sababli, ikki majmuadan ajratmalar standart normal taqsimlanish qonuni  $N = N(0;1)$  ga bo'ysunadi (2.2.1-rasm).

Alternativ (raqobatlashadigan) gipoteza  $H_1$  uchun  $\bar{x}_0 < \bar{y}_0$  bir tomonlama kritik soha (rasmda shtrixlangan) va bu kritik qiymat ushbu shartdan aniqlanadi

$$F(t_{kr}) = 1 - 2\alpha \quad (2.2.2)$$



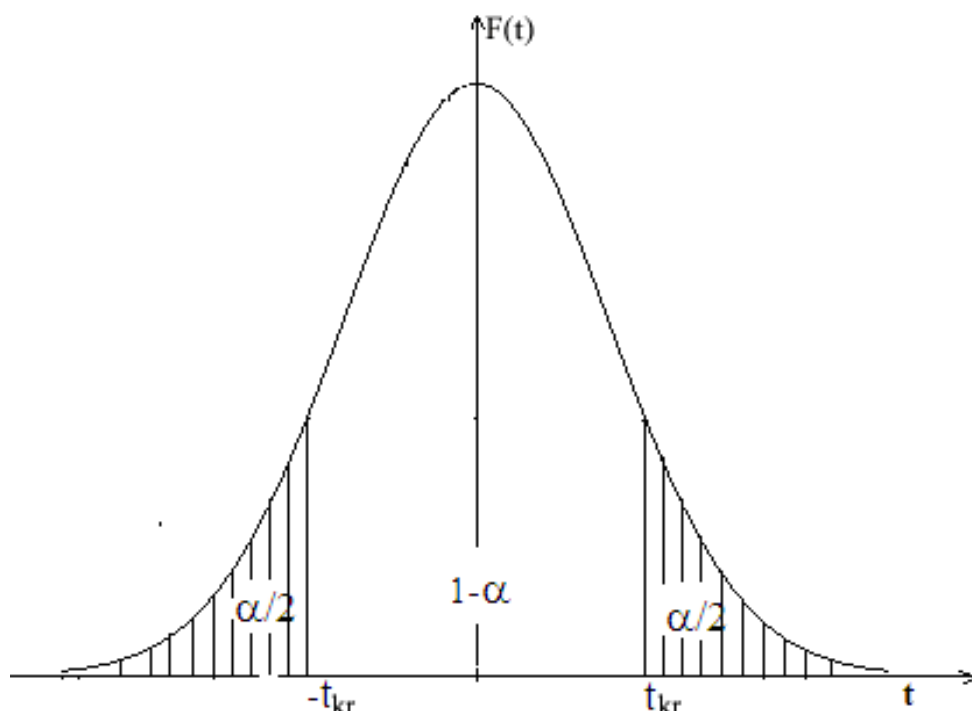
2.1- rasm. Statistika uchun bir tomonlamalik kritik soha.

Agar alternativ gipoteza  $H_2$  uchun  $\bar{x}_0 \neq \bar{y}_0$  sharti qabul qilinsa u holda ikki tomonlamalik kritik soha qabul qilinadi (2.2.2- rasm, shtrixlangan soha) . U holda

$$F(t_{kr}) = 1 - \alpha \quad (2.2.3)$$

Agar (2.2.1) va (2.2.2) formulalarda  $\alpha \rightarrow 0$  bo'lsa, u holda ikkala raqobatdosh gipotezalar o'rinli bo'lmaydi, va  $H_0$  gipotezaning o'rinli bo'lishi holati (taqriban) yuzaga keladi. Agar  $\alpha \rightarrow 1$  u holda  $H_0$  gipoteza inkor etiladi (taqriban) va alternativ  $H_1$  yoki  $H_2$  gipotezalar o'rinli bo'ladi.

Shunday qilib 1 va 2 rasmlarda shtrixlanmagan soha  $H_0$  gipotezaning o'rinli bo'lishini aks ettiradi. Shunday qilib, kuzatilayotgan statistikada agar  $|t| > t_{kp}$  bo'lsa (1,2 rasmlarda statistika shtrixlangan sohaga tushib qoladi) ,  $H_0$  gipoteza inkor etiladi, agar  $|t| \leq t_{kp}$  (1,2 rasmlarda statistika shtrixlanmagan sohaga tushib qoladi) bo'lsa, nol gipoteza  $H_0$  qabul qilinadi.



2.2- rasm. Statistika uchun ikki tomonlamalik kritik soha.

**2.2.1-Misol.** Yangi texnologiyaning samaradorligini aniqlash uchun ikki guruh ishchi ajratildi. Yangi texnologiya bo'yicha ishlayotgan birinchi guruxda  $n_1 = 50$  ishchi bo'lib, ularning o'rtacha ishlab chiqarayogan buyumi  $\bar{x} = 85$  dona, eski texnologiya bo'yicha ishlayotgan guruhda  $n_2 = 70$  ishchi bo'lib, o'rtacha ishlab chiqayotgan buyumlari soni  $\bar{y} = 78$ ga teng. Har bir guruxdagi dispersiyalar  $\sigma_x^2 = 100$  va  $\sigma_y^2 = 74$  ga teng. Ahamiyatli darajasi  $\alpha = 0.05$  bo'lsa, yangi texnologiyaning ish unumdorlikka ta'sirini aniqlang. Tekshiradigan gipoteza uchun  $\bar{x}_0 = \bar{y}_0$  deb olinadi. Agar gipoteza o'rinli bo'lsa, u holda yangi texnologiya samara bermaydi. Agar gipoteza inkor etilsa, u holda raqobatdosh (al'ernativ) gipoteza o'rinli bo'lib, yangi texnologiyaning samaradorligini kutish mumkin bo'ladi.

**Echish:**  $\bar{x}_0 = \bar{y}_0$  (ya'ni ikkala texnologiyada ishchilarining o'rta ish unumdorliklari o'zaro teng bo'lsin) gipotezani teshiramiz. Alternativ gipoteza sifatida  $\bar{x}_0 > \bar{y}_0$  ( ya'ni yangi texnologiyada ishchilaring o'rtacha ish unumdorligi eski texnologiyadagi ishchilarga qaraganda yuqori) ni qabul qilamiz. (2.2.1) formulaga ko'ra

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n_1} + \frac{\sigma_y^2}{n_2}}} = \frac{85 - 78}{\sqrt{\frac{100}{50} + \frac{74}{70}}} = 4$$

Alternativ gipoteza  $H_1$  uchun bir tomonlama kritik soha formulasi (2.2.2) dan foydalanamiz. Unga ko'ra  $F(t_{kr}) = 1 - 2\alpha = 1 - 2 \cdot 0.05 = 0.9$ .

$F(z) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \exp(-x^2/2) dx$  - Laplas funksiyasi qiymatlaridan (odatda ular ilovadagi jadvalda beriladi) foydalanib aniqlaymiz.  $t_{kr} = 1.64$ . Demak  $t > t_{kp}$ . Yuqoridagi xulosaga ko'ra nol gipoteza  $H_0$  inkor etiladi (ya'ni u o'rinli bo'lmaydi). Alternativ gipoteza  $H_1$  qabul qilinadi. Shunday qilib yangi texnologiyada ishchilar ish unumdorligi yuqori ekanligi isbot etilyapti.

Endi ikkala majmuada dispersiyalar  $\sigma_x^2$  va  $\sigma_y^2$  noma'lum va o'zaro tengligi ma'lum bo'lsin, ya'ni  $\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sigma^2$  (shu shartda nol gipoteza  $H_0$  qabul qilinadi) Ma'jmulardan ajratmalarning o'rta kvadratik og'ishi (dispersiyasi)  $\bar{s}_x^2$  va  $\bar{s}_y^2$  larni quyidagi ko'rinishini qabul qilamiz

$$\bar{s}_x^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad \bar{s}_y^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

To'g'ri baholash uchun ularning yig'indisini olish maqsadga muvofiqdir

$$s^2 = s_x^2 + s_y^2 = \frac{1}{n_1 + n_2 - 2} \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right] =$$

$$\frac{(n_1 - 1)\bar{s}_x^2 + (n_2 - 1)\bar{s}_y^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{n_1 s_x^2 + n_2 s_y^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Ikkala majmua dispersiyalari ayirmasi  $\sigma_{\bar{x} - \bar{y}}^2$  uchun quyidagi formula o'rinli bo'ladi.

$$s_{\bar{x} - \bar{y}}^2 = \frac{n_1 s_x^2 + n_2 s_y^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)$$

Agar  $H_0$  gipoteza o'rinli bo'lsa quyidagi statistika

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{n_1 s_x^2 + n_2 s_y^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (2.2.4)$$

Erkinlik darajasi  $k = n_1 + n_2 - 2$  ga teng bo'lgan St'yudentning  $t$  statistika taqsimlanish qonuni  $\theta(t, k)$  ga bo'ysinadi. Shunday qilib bu hol uchun Laplas funksiyasi o'rniga  $\theta(t, k)$  funksiya qo'llaniladi. Uning qiymalari parametr  $k$  ning har xil qiymatlari uchun ilovada berilgan. Shunday qilib,  $|t| \leq t_{kp, \kappa}$  bo'lsa,  $H_0$  gipoteza qabul qilinadi va  $|t| > t_{kp, \kappa}$  bo'lsa bu gipoteza inkor etilib alternativ gipotezalardan biri qabul etiladi.

**2.2.2- Misol.** Zavodda 20 bo'lim bir hil mahsulot chiqaradi. 12 ta (1-majmua) bo'lim bir me'yorda ishlab turadi. 8 ta (2-majmua) bo'limda uskunalarni remonti va ularni almashtirish natijasida uning ish unumdorligi o'zgarib turadi. Birinchi majmuadan  $n_1 = 5$  bo'lim tanlangan ularning o'rtacha ish unumdorligi  $\bar{x} = 50$  buyum/soat bo'lib, o'rtacha kvadrat og'ish (dispersiya)  $s_x = 4$  buyum/soatga tengligi ma'lum. Ikkinchi majmuadan  $n_2 = 3$  bo'lim tanlangan, ularning ish unumdorligi  $\bar{y} = 46$  buyum/soat bo'lib, o'rtacha kvadratik og'ish (dispersiya)  $s_y = 2$  buyum/soat ga teng bo'lgan. Zavoddagi remont ishlarining ish unumdorligiga ta'sirini  $\alpha = 0.05$  ahamiyat darajasida (yoki 95 % kafolatda) aniqlang.

**Echish:** (2.2.3) formuladan foydalanib topamiz

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{n_1 s_x^2 + n_2 s_y^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} = \frac{50 - 46}{\sqrt{\frac{8 \cdot 4^2 + 6 \cdot 2^2}{8 + 6 - 2} \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{3} \right)}} = 1.66$$

Bu yerda  $k = 8 + 6 - 2 = 12$  buli statistikaning kritik qiymati bir tomonlama soha uchun  $\theta(t_{kr}, k) = \theta(t_{kr}, 12) = 1 - 2 \cdot 0.05 = 0.9$ , Jadval yordamida  $t_{0.9; 12} = 1.78$  ga tengligini aniqlaymiz.  $t < t_{kr}$  bo'lganligi sababli, gipoteza  $H_0$  qabul qilinadi va shunday qilib, ikkichi bo'limdagi remont ishlari zavodning ish unumdorligiga ta'sir

etmaydi. Agar  $n_2 = 44$  bo'lsa  $t = 2.5$  bo'lib,  $t > t_{kp}$  sharti bajarilib, gipoteza  $H_0$  inkor etiladi, va shunday qilib remont ishlari zavod ish unumdorligiga ta'sir etadi degan xulosa qilish mumkin. Amaliy masalalarini echishda ko'p hollarda ikki majmuadagi dispersiyalarning tengligi haqidagi gipotezani tekshirish zarariyati hosil bo'ladi. Faraz qilaylik normal taqsimlanish qonuniga ega bo'lgan ikki majmuaning dispersiyalari  $\sigma_1^2$  va  $\sigma_2^2$  bo'lib, ularining o'zaro tengligi  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$   $H_0$  gipoteza orqali tekshiriladigan bo'lsin. Buning uchun har bir majmuadan  $n_1$  va  $n_2$  xajmlar tanlangan bo'lsin. Dispersiyalar  $\sigma_1^2$  va  $\sigma_2^2$  larini solishtirish uchun «keltirilgan» dispersiyalar  $s_1^2 = \frac{n_1 s_1^2}{n_1 - 1}$  va  $s_2^2 = \frac{n_2 s_2^2}{n_2 - 1}$  ni qaraymiz. U holda tanlangan harakteristikalar (statistikalar)  $(n_1 - 1)s_1^2 / \sigma^2$  va  $(n_2 - 1)s_2^2 / \sigma^2$  Pirsonning erkinlik darajalari  $k_1 = n_1 - 1$  va  $k_2 = n_2 - 1$  bulgan  $\chi^2$  taqsimlanish qonuniga bo'ysinadi. Ularining ushbu nisbati  $\frac{\chi^2(k_1)/k_1}{\chi^2(k_2)/k_2}$  esa Fisher-Snedekorning  $F$  - taqsimlanish qonuniga bo'ysinadi. Shunday qilib tasodifiy kattalik

$$F = \frac{\chi^2(k_1)/k_1}{\chi^2(k_2)/k_2} \cdot \frac{\frac{[(n_1 - 1)s_1^2 / \sigma^2]}{n_1 - 1}}{\frac{[(n_2 - 1)s_2^2 / \sigma^2]}{n_2 - 1}} = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Erkinlik darajalari  $k_1 = n_1 - 1$  va  $k_2 = n_2 - 1$  bo'lgan Fisher- Snedekorning  $F$  - taqsimlanish qonuniga bo'ysinadi. Bu taqsimlanish qonuni nosimmetrik bo'lganligi sababli  $H_0$  gipotezaning inkor etilishi yoki o'rinli bo'lishi kritik sohaning tanlanishiga bog'liq bo'ladi .  $F > F_{\alpha; k_1; k_2}$  (o'ng tomondagi soha uchun) yoki  $F < F_{1-\alpha; k_1; k_2}$  (chap tomondagi soha uchun) yoki ikki tomondagi kritik soha uchun ushbu tengsizliklardan biri  $F > F_{\alpha/2; k_1; k_2}$  yoki  $F < F_{1-\alpha/2; k_1; k_2}$  bajarilsa  $H_0$  gipotezaning inkor etiladi. Aks holda gipoteza qabul etiladi.

**2.2.3-Misol.** Ikki mashinadan  $n_1 = 15$  va  $n_2 = 18$  donadan urchuq ipi olingan. Ularning og'irliklari standart og'irlikdan farq qilgan holda tanlangan dispersiyalari mos ravishda  $s_1^2 = 8.5$  va  $s_2^2 = 6.3$  tengligi aniqlangan. Agar urchuqlar og'irliklari tasodifiy kattaliklar deb qabul qilinsa va u kattaliklar normal taqsimlanish qonuniga bo'ysinsa  $\alpha = 0.05$  muhimlik darajasi bilan ularning har xil og'irlikka ega bhlishi tekshirilsin.

**Echish:**  $H_0$  gipotezani tekshiramiz bu gipotezaga ko'ra, agar u o'rinli bo'lsa  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  tenglik bajarilib urchuqlar og'irligi bir-biriga teng bo'lishi kerak. Konkurent gipoteza  $H_1$   $\sigma_1 > \sigma_2$  bo'ladi. Bu yerda birinchi urchuqning dispersiyasi ikkinchisidan yuqori turadi.  $F$  statistikani hisoblaymiz.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{\frac{n_1 s_1^2}{n_1 - 1}}{\frac{n_2 s_2^2}{n_2 - 1}} = \frac{(15/14) \cdot 8.5}{(18/17) \cdot 6.3} = 1.37$$

Jadvaldan  $F_{0.05;14;17} = 2.33$  topamiz.  $F < F_{0.05;14;17}$  bo'lganligi sababli  $H_0$  gipoteza inkor etiladi. Ya'ni olingan ma'lumotlarga ko'ra urchuqlarining og'irliklari 0.95 kafolat bilan har xil bo'lar ekan.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Ishonchlilik tamoyili (prinsipi) ta'rifi mazmuni va mohiyati
2. Statistikaning ahamiyatli darajasi va quvvati ta'riflari
3. Nol gipoteza  $H_0$  uni inkor etadigan ikkinchi alternativ gipoteza  $H_1$  gipotezalar ta'rifi, mohiyati
4. Taqsimlanish qonunlari va ularni gpotezalarni qo'llashda foydalanish
5. Kritik soha, uni topish usullari.
6. Gipotezalardagi bir tomonlama va ikki tomonlamali kriteriylar va ularning mohiyati
7. Statistik gipotezalar turlari va ularing amaliy mazmunlari
8. Ikki va undan ortik gipotezalar uchun o'rta qiymalarni tengligini tekshirish

9. Dispersiyalari ma'lum bo'lgan ikki majmua o'rta qiymatlarining o'zaro tengligi gipotezasini tekshirish. Kritik sohani va uni topish usullari

10. Dispersiyalari noma'lum va uzaro teng bo'lgan ikki majmua o'rta qiymatlarining o'zaro tengligi gipotezasini tekshirish. Kritik soha va uni topish usullari.

### **2.3.Bir va ikki omilli dispersion tahlillar, ularning statistikada qo'llanilishi.**

Statistikaning amaliy masalalarini echishda ko'pincha ikki va undan ko'p parametrlarning kuzatilayotgan jarayonga ta'sirini o'rganishga to'g'ri keladi. Masalan tola sifatiga xomashyo sinfi, uning namligi, ifloslik darajasi va x.k. omillar ta'sir etadi. Bunday ta'sirlarni baholashni N.Sh.Kramer v V.S.Gmurman o'quv qo'llanmalarida taklif etilgan dispersion, korrelyasion va regression tahlillar asosida o'tkazamiz.

**T a ' r i f.** *Har xil omillarning tajriba natijalariga ta'sirini baholash, hamda ularni keyinchalik o'tkazishni rejalashtirish uchun qo'llaniladigan statistik usulga dispersion tahlil deb aytiladi.* Ta'sir etadigan faktorlar soniga qarab bir va ko'p omilli dispersion tahlillar o'rganiladi. Eng avval bir omilli dispersion tahlilni ko'rib chiqamiz. O'rganiladiga o'zgaruvchini  $x_{ij}$  deb belgilaymiz. Bu yerda indeks  $i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots m$ ) omilning  $i$  darajadagi ta'siri, daraja deganda omilning holati yoki o'lchami, masalan paxta xom ashyosiga ta'sir etayotgan namlik miqdori (foizda), ip kalavasi partiyasining nomeri va x.k.,  $j$  - tartib nomeri ( $j = 1, 2, 3 \dots n$ ). Masalan, kalavaning  $m$  partiyasi berilgan bo'lsin. Har bir partiyadan  $n_1, n_2, n_3 \dots n_m$  - kalava olinsa, u holda har bir partiyada indeks  $j = 1, 2, 3 \dots n_j$  oraliqda o'zgaradi. Keyinchalik  $n_1 = n_2 = n_3 = \dots n_m = n$  deb qabul qilamiz, hamma partiyadan bir xil miqdorda kalava olinadi, shuning uchun indeks  $j = 1, 2, 3 \dots n$  oraliqda o'zgaradi. Quyidagi masalalarni ko'raylik.

*1.Kalavadan olingan partiyalarining (ularning soni  $m$  ga teng) ularning sifat ko'rstakichiga (masalan. notekisligiga, og'irligiga va x.k.) ta'sirini tekshiring.*

2.Og'irligi  $m$  ga teng toladan ixtiyoriy ajratilgan partiyalarning uning namlik darajasiga ta'sirini tekshiring.

3.Tayyorlangan arrali jin disklaridan ixtiyoriy ravishda soni  $m$  ga teng bo'lgan partiya olingan. Partiyaning arraning sifat ko'rsatkichiga (masalan foydalanish muddatiga) ta'sirini teshiring.

Bir omilli dispersion modelni quyidagicha yozamiz

$$x_{ij} = \mu + F_i + \varepsilon_{ij}$$

Bu yerda  $\mu$  - o'zgarmas omil,  $F_i$  - omilning  $i$  darajadagi ta'siri,  $\varepsilon_{ij}$  - ayrim  $i$  darajadagi omilning ichki variatsiyasi ( $j$  -bo'yicha) natijasida tasodif harakterga ega bo'lgan komponentlar. Dispersion tahlil uchun quyidagi dastlabki shartlar qabul qilinadi

1. Variatsiya komponentlar  $\varepsilon_{ij}$  ning ixtiyoriy  $i$  dagi arifmetik o'rta qiymat nolga teng, ya'ni  $M(\varepsilon_{ij}) = 0$ ;
2. Variatsiya komponentlari  $\varepsilon_{ij}$  o'zaro bir biriga bog'liq emas;
3. Ixtiyoriy indekslar  $i, j$  lar uchun  $x_{ij}$  dispersiyasi o'zgarmas, ya'ni

$$D(\varepsilon_{ij}) = \text{const} = \sigma^2$$

4. Variatsiya komponentlari  $\varepsilon_{ij}$  ( yoki  $x_{ij}$  o'zgaruvchilar) normal taqsimlanish

qonuni  $N(0, \sigma^2)$  ( $\varphi_N(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp(-x^2 / 2\sigma^2)$ ) ga bo'ysinadi.

Omillarning tajriba natijalariga ta'siri fiksirlangan (1-model) yoki tasodif (2-model) bo'lishi mumkin. Agar tekshrishda hamma partiyalarlar jalb etilib, partiyalar orasidagi farqlar maxsulotning sifatiga qay darajada ta'siri tekshirilsa, u holda bunday darajadagi ta'sir tizimli (1-model) bo'lib, olingan xulosalar faqat shunda ajratilgan ayrim partiyalarga tegishli bo'ladi. Agar tasodif ajratilgan partiya guruxining (qismining) ta'siri tekshirilsa (2-model), bu holda omilning ta'siri tasodif harakterga ega bo'ladi.

Yuqoridagi 1- masalani batafsil ko'rib chiqaylik. Kalava sifat ko'rsatkichini quyidagi kuzatish matritsasi yordamida ifodalaymiz.

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} = (x_{ij}) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Mahsulot partiyasining uning sifat ko'rsatichigiga muhim ta'sir etishini tekshiraylik. Matritsa qatorining elementlari (fiksirlangan  $i$  partiyadan (ularining soni  $m$  ta) tanlangan  $n$  ta kalavalar sifat kursatkichi) realizatsiya etilgan (partiya ko'rinishida) tasodif kattaliklar  $X_1, X_2, \dots, X_m$  bo'lib, ular mahsulotning sifat ko'rsatkichini belgilab, normal taqsimlanish qonuniga bo'ysinadi. 1 va 3 xossalarga ko'ra ularning o'rta arifmetik qiymatlari  $a_1, a_2, \dots, a_m$  bo'lib, bir xil dispersiya  $\sigma^2$  ega bo'ladi. Dispersion tahlil quyidagi nol gipoteza  $H_0: a_1 = a_2 = \dots = a_m$  amalga oshirish shartini tekshirishga olib keladi.  $i$  - partiya uchun guruh o'rta qiymatini

$$\bar{x}_{i\bullet} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (2.3.1)$$

va umumiy o'rta qiymat

$$\bar{x}_{\bullet\bullet} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_{i\bullet} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (2.3.2)$$

Kuzatish natijalarining o'rta qiymatdan og'ishining kvadratlarining yig'indisi uchun quyidagi formulani olish mumkin

$$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_{\bullet\bullet})^2 = Q_1 + Q_2 \quad (2.3.3)$$

Bu yerda  $Q_1 = n \sum_{i=1}^m (\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet})^2$  - guruh o'rta qiymatining umumiy o'rta

qiymatdan og'ish kvadratlarining yig'indisi, uni guruxlararo (omilli) og'ish

kvadratlarining yig'indisi deyiladi,  $Q_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_{i\bullet})^2$  - kuzatish natijalarining guruh

o'rta qiymatlaridan og'ish kvadratlarining yig'indisi bo'lib, uni ichki guruhlararo (qoldiq) og'ish kvadratlarining yig'indisi deyiladi. (2.11.3) formuladagi yig'indi dispersion tahlil g'oyasini ifodalaydi. Bu yerda  $Q_1$  - mahsulot sifat ko'rsatkichining partiyalar orasidagi o'zgarishini ifodalasa,  $Q_2$  esa uning har bir partiya «ichida» o'zgarishini ifodalaydi. Dispersion tahlilda kvadratlarining yig'indisi o'rniga ularining o'rta kvadratlari tahlil qilinadi. Bu qiymatlarni aniqlash uchun  $Q_1$  va  $Q_2$  lar uchun erkinlik darajalari aniqladi. Omilli  $Q_1$  erkinlik darajasi  $m-1$ , chunki ularning umumiy soni  $m$  bo'lib ular (2.3.1) formula bilan bog'langan. Qoldiq  $Q_2$  erkinlik darajasi  $mn-m$  ga teng, chunki kuzatishlarning umumiy soni  $mn$  bo'lib ularni  $m$  ta (2.3.1) formula bilan o'zaro bog'langan. Erkinlik darajasini e'tiborga olgan holda dispersiyalar uchun mos formulalar olamiz.  $s_1^2 = Q_1 / (m-1)$ ,  $s_2^2 = Q_2 / (mn-m)$  Ulardan olingan urta arifmetik qiymatlar quyidagicha bo'ladi

$$M(s_1^2) = \frac{n}{m-1} M\left(\sum_{i=1}^m (\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet})^2\right) = \frac{n}{m-1} M\left[\sum_{i=1}^m (F_i - F_{\bullet})^2\right] + \sigma^2, \quad M(s_2^2) = \sigma^2$$

$H_0$  gipoteza o'rinli bo'lishi uchun  $M(s_1^2) = M(s_2^2) = \sigma^2$  bo'lishi kerak, buning uchun  $F_i = F_{\bullet}$  ya'ni omilning hamma darajadagi ta'siri bir xil bo'lishi kerak, boshqacha aytganda gipoteza bu holda so'zsiz o'rinli bo'ladi. Agar  $F_i$  tasodif kattalik bo'lsa (amalda shunday bo'lishi kutiladi), u holda

$$M(s_1^2) = n\sigma_F^2 + \sigma^2 \quad (\sigma_F^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (F_i - F_{\bullet})^2)$$

$H_0$  gipoteza o'rinli bo'lishi uchun  $\sigma_F = 0$  bo'lishi kerak, shuning uchun uning nolga yaqinligiga biror kriteriya orqali kafolat berish kerak. Buning uchun quyidagi statistika  $F = s_1^2 / s_2^2 = \frac{Q_1(mn-m)}{Q_2(m-1)}$  tekshirilish lozim. Agar bu nisbat kritik  $F_{\alpha; k_1; k_2}$  (

$F_{\alpha; k_1; k_2}$  - Fisher- Snedekor taqsimlanish qonuni  $k_1 = m-1, k_2 = mn-m$  - erkinlik darajalari, uning qiymatlari ilovada keltiriladi) qiymatdan katta bo'lsa, ya'ni  $F > F_{\alpha; k_1; k_2}$   $H_0$  gipoteza inkor etiladi, u holda  $\alpha$  - ahamiyati bo'yicha partiyalarning

mahsulot sifat ko'rsatkichi bir biridan muhim farqli bo'lishi kutiladi, agar  $F \leq F_{\alpha; k_1; k_2}$  bo'lsa,  $H_0$  gipoteza o'rinli bo'lib, 95% ishonch bilan partiyalarning tanlanishi mahsulot ko'rsatkichiga ahamiyati yo'qligiga kafolat berish mumkin.

**2.3.1-Misol.** To'qimachilik mahsulotidan iborat  $m = 4$  partiya mavjud. Har bir partiyadan  $n = 5$  tadan namuna olinib, ularni uzilish kuchiga sinab ko'rilgan va natijalari 2.3.1 jadvalda keltirilgan.

2.3.1-jadval

| Partiyalar<br>nomeri ( $i$ ) | Namunalardagi ( $j$ ) uzilish kuchi (sN) |           |           |           |           |
|------------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                              | 1- namuna                                | 2- namuna | 3- namuna | 4- namuna | 5- namuna |
| 1                            | 200                                      | 140       | 170       | 145       | 165       |
| 2                            | 190                                      | 150       | 210       | 150       | 150       |
| 3                            | 230                                      | 190       | 200       | 190       | 200       |
| 4                            | 150                                      | 170       | 150       | 170       | 180       |

Partiyalarning tanlanishi mahsulotning uzilish kuchiga ta'sir qilishini tekshirish kerak. Echish. Bizning holda  $m = 4$ ,  $n = 5$ . Har bir partiya uchun uzilish kuchining o'rta qiymatini (1) formulaga ko'ra topamiz

$$\bar{x}_{1\bullet} = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 x_{1j} = (200 + 140 + 170 + 145 + 165) / 5 = 164cH,$$

$$\bar{x}_{2\bullet} = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 x_{2j} = (190 + 150 + 210 + 150 + 150) / 5 = 170cH.$$

$$\bar{x}_{3\bullet} = 202cH, \quad \bar{x}_{4\bullet} = 164cH.$$

Olingan namunalarning o'rtacha uzilish kuchini hisoblaymiz (formula (2))

$$\bar{x}_{\bullet\bullet} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_{i\bullet} = (164 + 170 + 202 + 164) / 4 = 175cH. \quad \text{Endi og'ish kvadratlari}$$

yig'indilarini topamiz.

$$Q_1 = 5 \sum_{i=1}^5 (\bar{x}_{i\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet})^2 = 5[(164 - 175)^2 + (170 - 175)^2 + (202 - 175)^2 + (164 - 175)^2] = 5 \cdot 996 = 4980$$

$$Q_2 = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 (x_{ij} - \bar{x}_{i\bullet})^2 = (200 - 164)^2 + (140 - 164)^2 + (170 - 164)^2 + (145 - 164)^2 + (165 - 164)^2 +$$

$$\begin{aligned}
& + (190 - 170)^2 + (150 - 170)^2 + (210 - 170)^2 + (150 - 170)^2 + (150 - 170)^2 + \\
& + (230 - 202)^2 + (190 - 202)^2 + (200 - 202)^2 + (190 - 202)^2 + (200 - 202)^2 + \\
& + (150 - 164)^2 + (170 - 164)^2 + (150 - 164)^2 + (170 - 164)^2 + (180 - 164)^2 = 7270
\end{aligned}$$

Shunday qilib  $Q = Q_1 + Q_2 = 4980 + 7270 = 12250$ .

Bu yig'indilarining erkinlik darajalari mos ravishda  $k_1 = m - 1 = 3$ ,  $k_2 = mn - m = 5 \cdot 4 - 4 = 16$ . O'rtacha kvadratlar uchun qiymatlar olamiz  $s_1^2 = Q_1 / (m - 1) = 4980 / 3 = 1660$ ,  $s_2^2 = Q_2 / (mn - m) = 7270 / 16 = 454.4$ .

Kuzatishdagi amaliy natijalar statistikasi uchun  $F = s_1^2 / s_2^2 = 1660 / 454.4 = 3.65$  ga teng. 3-ilovadagi Fisher- Snedekorning  $F_{\alpha; k_1; k_2}$  - kriteriysida  $\alpha = 0.05$ ,  $k_1 = 3$ ,  $k_2 = 16$  deb qabul qilamiz va jadvaldan aniqlaymiz  $F_{0.05; 3; 16} = 3.24$ . Bizning hol uchun  $F > F_{0.05; 3; 16}$  tengsizlik o'rinli bo'ladi. Nol gipotezaning o'rinli bo'lishi uchun  $F \leq F_{\alpha; k_1; k_2}$  tengsizlik bajarilishi lozim edi. Shunga ko'ra nol gipoteza inkor etiladi va maxsulotdan olingan partiyalar orasidagi farqlar uzilish kuchiga (95% kafolat bilan) ta'sir etishi mumkinligi e'tirof etiladi. Endi ikki omilli dispersion tahlil to'g'risidagi tushunchaga o'tamiz. Faraz qilaylik mahsulotdan olingan  $m$  ta partiya har xil  $l$  ta stanokda ( masalan  $m$  ta urchuqlar partiyasi  $l$  ta yigiruv mashinasida olingan) tayyorlangan bo'lsin. Quyidagicha masala qo'yiladi. Ikki omil, ya'ni birinchi omil  $A$ - maxsulot partiyasi, ikkinchi omil  $B$ - stanok vositasida olingan maxsulotlarning sifat ko'rsatkichlari orasidagi farq qay darajada bo'ladi, ya'ni bu ikki omil mahsulot sifatini aniqlashda muhim (yoki aksincha nomuhim) ekanligi aniqlansin. Bu yerda ikki faktorli dispersion tahlil masalasini echishga kelamiz. Olingan hamma ma'lumotlarini jadval ko'rinishida yozamiz. Kuzatish natijalarini jadvalning qatorida  $A$  omilning partiya bo'yicha darajasi ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), ustun bo'yicha esa  $B$  omil ( $j = 1, 2, \dots, l$ ,  $l$  - stanoklar soni) darajalarini keltiramiz. Har bir partiya  $n$  ta dona maxsulotdan tashkil topgan, shuning uchun 2.3.2-jadvalda  $k = 1, 2, \dots, n$  bo'ladi.

## 2.3.2-jadval

|       | $B_1$                            | $B_2$                            | ... | $B_j$                            | ... | $B_l$                            |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|-----|----------------------------------|-----|----------------------------------|
| $A_1$ | $X_{111}, X_{112} \dots X_{11k}$ | $X_{121}, X_{122} \dots X_{12k}$ | ... | $X_{1j1}, X_{1j2} \dots X_{1jk}$ | ... | $X_{1l1}, X_{1l2} \dots X_{1lk}$ |
| $A_2$ | $X_{211}, X_{212} \dots X_{21k}$ | $X_{221}, X_{222} \dots X_{22k}$ | ... | $X_{2j1}, X_{2j2} \dots X_{2jk}$ | ... | $X_{2l1}, X_{2l2} \dots X_{2lk}$ |
| $A_i$ | $X_{i11}, X_{i12} \dots X_{i1k}$ | $X_{i21}, X_{i22} \dots X_{i2k}$ | ... | $X_{ij1}, X_{ij2} \dots X_{ijk}$ | ... | $X_{il1}, X_{il2} \dots X_{ilk}$ |
| ..    |                                  |                                  |     |                                  |     |                                  |
| $A_m$ | $X_{m11}, X_{m12} \dots X_{m1k}$ | $X_{m21}, X_{m22} \dots X_{m2k}$ |     | $X_{mj1}, X_{mj2} \dots X_{mjk}$ |     | $X_{ml1}, X_{ml2} \dots X_{mlk}$ |

Agar jadval qatoridagi elementlar kuzatish natijalari deb qabul etilsa, ular ixtiyoriy yacheyka  $ij$  da qiymatlari berilgan ikki o'lchovli tasodif kattaliklar  $X_{ij} (i=1,2\dots m, j=1,2\dots l)$  larning amaldagi qiymatlari deb qarash mumkin. Ikki faktorli dispersion tahlilida ikkala faktor bo'yicha bir xil dispersiyaga ega bo'lib,  $a_{1j} = a_{2j} = \dots a_{mj}$  sharti bajarishini nol gipoteza orqali tekshirish masalasi qo'yiladi. Shunga ko'ra kvadrat og'ishlarning quyidagi yig'indilari va ularga mos o'rta qiymatlari, hamda erkinlik darajalari aniqlanadi. Ularning formulalarini keltiramiz.

Guruxlik o'rta qiymatlari yacheyka bo'yicha:  $\bar{x}_{ij\bullet} = \frac{\sum_{k=1}^n x_{ijk}}{n}$ , qator bo'yicha:

$$\bar{x}_{ij\bullet} = \frac{\sum_{j=1}^l \bar{x}_{ij\bullet}}{l}, \text{ ustun bo'yicha: } \bar{x}_{\bullet j\bullet} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij\bullet}}{m} \text{ va umumiy o'rta } \bar{x}_{\bullet\bullet\bullet} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \bar{x}_{ij\bullet}}{ml}.$$

Bu formulalardan foydalanib dispersiya komponentlari guruxlararo: A faktor

bo'yicha:  $Q_1 = nl \sum_{i=1}^m (\bar{x}_{i\bullet\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet\bullet})^2$ , B faktor bo'yicha:  $Q_2 = nm \sum_{j=1}^l (\bar{x}_{\bullet j\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet\bullet})^2$ ,

faktorlarning o'zaro ta'siri AB bo'yicha:  $Q_3 = n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l (\bar{x}_{ij\bullet} - \bar{x}_{i\bullet\bullet} - \bar{x}_{\bullet j\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet\bullet})^2$ ,

qoldiq (yacheyka) bo'yicha  $Q_4 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{ij\bullet})^2$  va umumiy

$$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{\bullet\bullet\bullet})^2 \text{ va ularga mos o'rta qiymatlar va erkinlik darajalari } k_i \text{ (}$$

$i = 1, 2, 3, 4)$  aniqlaymiz.

$s_1^2 = Q_1 / k_1$ ,  $s_2^2 = Q_2 / k_2$ ,  $s_3^2 = Q_3 / k_3$ ,  $s_4^2 = Q_4 / k_4$ , bu yerda  $k_1 = m - 1$ ,  $k_2 = l - 1$ ,  $k_3 = (m - 1)(l - 1)$ ,  $k_4 = ml(n - 1)$  ga teng. Ikki omilli dispersion tahlilda quyidagi nol gipotezalar tekshiriladi.  $H_A$  - gipoteza  $A$ - faktorning (bizning misolda partiyalar ta'siri),  $H_B$  - gipoteza  $B$ - faktorning (misolda stanoklarning ta'siri) va  $H_{AB}$  - gipoteza ikkala faktorning birgalikdagi ta'sirlarining yo'qligini tekshiradi. Bu gipotezalar mos ravishda quyidagi nisbatlarni  $s_1^2 / s_4^2$  ( $H_A$ ),  $s_2^2 / s_4^2$  ( $H_B$ ),  $s_3^2 / s_4^2$  ( $H_{AB}$ ) Fisher-Snedokora kriteriylari bilan solishtirilib,  $\alpha$ -darajadagi ahamiyatda yoki  $100(1 - \alpha)$  foizdagi kafolatda gipotezalarning o'rinli yoki inkor etilishi aniqlanadi.

**2.3.2-Misol.**  $l = 2$  **yigiruv mashinasida tayyorlangan** to'qimachilik mahsulotidan  $m = 3$  partiya olingan. Har bir partiyadan  $n = 3$  tadan namuna olinib, ularni uzilish kuchiga sinab ko'rilgan va natijalari 2.3.3- jadvalda keltirilgan.

2.3.3-jadval

|                                     | Yigiruv mashinalari (faktor $B$ )                           |                                                             |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Partiyalar nomeri<br>faktor ( $A$ ) | 1- yigiruv mashinasida olingan<br>namunalar faktor ( $AB$ ) | 2- yigiruv mashinasida olingan<br>namunalar faktor ( $AB$ ) |
| 1                                   | 180, 200, 190                                               | 200, 170, 170                                               |
| 2                                   | 220, 180, 200                                               | 210, 180, 180                                               |
| 3                                   | 170, 210, 160                                               | 190, 200, 170                                               |

95% kafolat ( $\alpha = 0.05$  ahamiyatli darajasida) bilan har bir omilning mahsulotning uzilish kuchiga ta'sir etishini aniqlash kerak.

**Echish.** Ko'rilayotgan misolda  $m = 3$ ,  $l = 2$ ,  $n = 3$ . Uzilish kuchlarining o'rta qiymatlarini hisoblaymiz. Yacheykalar (ularning soni 6 ga teng) bo'yicha:

$$x_{11\bullet} = (180 + 200 + 190) / 3 = 190_{sN}, \quad x_{12\bullet} = (200 + 170 + 170) / 3 = 180_{sN},$$

$$x_{21\bullet} = (220 + 180 + 200) / 3 = 200 \text{ sN}, \quad x_{22\bullet} = (210 + 180 + 180) / 3 = 190 \text{ cN},$$

$$x_{31\bullet} = (170 + 210 + 160) / 3 = 180 \text{ sN}, \quad x_{32\bullet} = (160 + 190 + 160) / 3 = 170 \text{ sN}.$$

Qatorlar bo'yicha (ularining soni 3 ta)

$$x_{1\bullet\bullet} = (190 + 180) / 2 = 185 \text{ sN}, \quad x_{2\bullet\bullet} = (200 + 190) / 2 = 195 \text{ sN}, \quad x_{3\bullet\bullet} = (180 + 170) / 2 = 175 \text{ sN}.$$

Ustunlar bo'yicha (ularining soni 2 ta)

$$x_{\bullet 1\bullet} = (190 + 200 + 180) / 3 = 190 \text{ sN}, \quad x_{\bullet 2\bullet} = (180 + 190 + 170) / 3 = 170 \text{ sN}.$$

$$\text{Umumiy urta } x_{\bullet\bullet\bullet} = (190 + 180 + 200 + 190 + 180 + 170) / 6 = 185 \text{ sN}.$$

Endi kvadratik og'ish yig'indilarini aniqlaymiz.

$$Q_1 = nl \sum_{i=1}^m (\bar{x}_{i\bullet\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet\bullet})^2 = 3 \cdot 2[(185 - 185)^2 + (195 - 185)^2 + (175 - 185)^2] = 600 \text{ sN}^2$$

$$Q_2 = 3 \cdot 3 \cdot [(190 - 185)^2 + (170 - 185)^2] = 450 \text{ sN}^2$$

$$Q_3 = n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l (\bar{x}_{ij\bullet} - \bar{x}_{i\bullet\bullet} - \bar{x}_{\bullet j\bullet} - \bar{x}_{\bullet\bullet\bullet})^2 =$$

$$= 3 \cdot [(190 - 185 - 190 + 185)^2 + (180 - 185 - 170 + 185)^2 + (200 - 195 - 190 + 185)^2 +$$

$$(190 - 195 - 170 + 185)^2 + (180 - 175 - 190 + 185)^2 + (170 - 175 - 170 + 185)^2] = 900 \text{ cH}^2$$

$$Q_4 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{ij\bullet})^2 = (180 - 190)^2 + (200 - 190)^2 + (190 - 190)^2 + (200 - 180)^2 + (170 - 180)^2 +$$

$$((170 - 180)^2 + (220 - 200)^2 + (180 - 200)^2 + (200 - 200)^2 + (210 - 190)^2 + (180 - 190)^2 + (180 - 190)^2 +$$

$$(170 - 180)^2 + (210 - 180)^2 + (160 - 180)^2 + (170 - 170)^2 + (200 - 170)^2 + (170 - 170)^2 = 4500 \text{ sN}^2.$$

Erkinlik darajalari  $k_1 = 2$ ,  $k_2 = 1$ ,  $k_3 = 2$ ,  $k_4 = 12$  hamda  $s_1^2 = Q_1 / k_1 = 300 \text{ sN}^2$ ,  $s_2^2 = Q_2 / k_2 = 450 \text{ sN}^2$ ,  $s_3^2 = Q_3 / k_3 = 450 \text{ sN}^2$ ,  $s_4^2 = Q_4 / k_4 = 4500 / 12 = 375 \text{ sN}^2$ . Endi statistiklarni hisoblaymiz  $F_A = s_1^2 / s_4^2 = 300 / 375 = 0.8$ ;  $F_B = s_2^2 / s_4^2 = 450 / 375 = 1.2$ ;  $F_{AB} = s_3^2 / s_4^2 = 450 / 375 = 1.2$ .

Fisher- Snedekor kriteriysiga ko'ra  $F_{0.05;2;12} = 3.88$ ,  $F_{0.05;1;12} = 4.75$ .

$F_A < 3.88$ ,  $F_B < 4.75$ ,  $F_{AB} < 3.88$  tengsizliklar bajarilgani sababli  $H_A$ ,  $H_B$

va  $H_{AB}$  gipotezalar o'rinli bo'lib, yuqoridagi omillar mahsulot uzilish kuchiga (95% kafolat bilan) ta'sir etmaydi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Dispersion tahlil ta'rifi, uning mohiyati. Amalda qo'llanilishi. Misollar.
2. Bir omilli dispersion analiz uinng tarkibi, unga qo'yiladigan shartlar.
3. Dispersion tahlilning 2 ta modeli, ular orasidagi farqlar. Misollar.
4. Dispersion tahlilidagi taqsimlanish qonuni nol gipoteza  $H_0$  tekshirish
5. Kuzatish natijalarining o'rta qiymatdan og'ishining kvadratlarining yig'indisi va uning tarkibi.
6. O'rta qiymat (statistika) va statistika erkinlik darajalarini aniqlash.
7. Statistikalardan olingan o'rta arifmetik qiymatlar. Nol gipotezaning o'rinli bo'lish sharti
8. Nol gipotezaning tekshirish usuli, Fisher- Snedekor kriteriysidan foydalanish
9. Ikki omilli dispersion analiz. O'rta qiymatlarni, dispersiya va erkin darajalarini aniqlash.
10. Nol gipotezalar shartlari va ularni aniqlash usullari. Kriteriy shartlari.

### **2.4. Korrelyatsion va regression tahlillar.**

#### **Ularining statistikada qo'llanilishi.**

Dispersion tahlil, yuqorida ko'rsatilgandek, kuzatish natijalarining o'rta qiymatlari va dispersiyasini aniqlab, ularning tashqi omillarga qay darajada bog'liqliligini gipotezalar yordamida tekshiradi. Lekin dispersion tahlil natijalarining omillar ta'sirida miqdoriy o'zgarishini aniqlab bera olmaydi. Uning ahamiyatli tomoni shundan iboratki, bunday tahlil natijalar darajasining ayrim parametrlariga omillarining dastlabki ta'sirlariga baho berib, keyin ularning omillar bilan miqdoriy bog'lanishini aniqlash uchun asos yaratadi. Statistikaning keyingi vazifasi dispersion tahlildan so'ng, tashqi omillarning kuzatish natijalarigi ta'sir darajasi aniqlangan bo'lsa, ularining endi shu ta'sirlar bilan miqdoriy bog'lanishini topish va ularining asosiy xossalarini o'rganishdan iborat bo'ladi. Texnologik jarayonlarni o'rganishda ko'pincha bir o'zgaruvchining birdan bir qiymatiga boshqa o'zgaruvchining bir nechta qiymati mos kelishi mumkin. Bu qiymatlar biror aniq qonun asosida taqsimlanishi ma'lum bo'lsa, u holda bu bog'lanish statistik (yoki stoxastik,

ehtimollik) bog'lanish deb aytiladi. Ba'zi hollarda tanlangan o'zgaruvchining qiymatlariga ikkinchi o'zgaruvchining o'rta arifmetik qiymati mos keltiriladi. Ana shunday bog'lanish korrelyatsion bog'lanish deyiladi. Shunday qilib, bir erkin o'zgaruvchining birdan bir qiymatiga ikkinchi o'zgaruvchining bir nechta qiymati mos kelsa, u holda bog'lanish statistik, ikkinchi o'zgaruvchining o'rta qiymati mos kelsa korrelyatsion va unga uning aniq bir qiymati mos kelsa funksional bog'lanish deb qarash mumkin. Statistik bog'lanish odatda quyidagi ko'rinishda ifodalanadi  $M_x(Y) = \varphi(x)$  yoki  $M_y(X) = \psi(y)$ , bu yerda  $Y(y)$  va  $X(x)$  ma'lum taqisimlanish qonuniga amal qiladigan tasodifiy kattaliklar to'plamlari,  $M_x(Y)$ ,  $M_y(X)$  - arifmetik o'rta qiymalari bo'lib, mos ravishda o'zgaruvchi  $X$  ning  $x$  qiymatiga ikkinchi o'zgaruvchining  $M_x(Y)$  o'rta qiymati mos keladi va aksincha agar birinchi o'zgaruvchi  $Y$  bo'lsa, uning qiymatiga o'zgaruvchi  $X$  ning o'rta qiymati  $M_y(X)$  mos keladi. Bu yerda keltirilgan funksiyalar  $\varphi(x)$  va  $\psi(y)$  regressiya funksiyalari deb aytiladi. Yuqoridagilarga asoslanib o'zgaruvchilar orasidagi statistik bog'lanishlarni korrelyatsion va regression usulda tahlil etish masalasi ta'rifini beramiz.

**T a ' r i f.** *Korrelyatsion tahlil o'zgaruvchilar orasida bog'lanish borligini (ma'lumligini) aniqlash va uning tig'izligini baholashdan iborat. Regression tahlil esa bog'lanishning shaklini aniqlash va uni o'rganishdan iboratdir.* Statistik ma'lumotlarni jadval shaklida ko'rsatish maqsadga muvofiqdir.

**2.4.1-Misol.** Fabrikada bir sutkada orasida (20 soat davomida)-tayyorlangan mahsulot  $Y(\text{tonna})$  bilan ishlab chiqarish fondi (IChF)  $X(\text{mln, sum})$  orasidagi bog'lanishni 50 ta bir tipdagi korxona majmuasida ko'rib chiqaylik. Fabrikalarining ishlash jarayoni soat 07 da boshlanib, 20 soat davom etadi. Kuzatish natijalarini 2.4.1-jadvalga joylashtiramiz. Birinchi ustunda (5 qatordan iborat) IChF ning sarfi (5 mln. sumdan ). Ikkinchi ustunda sarflangan IChF ning o'rtacha miqdori (interval o'rtasi), uchinchi ustun 5 ta qismdan iborat bo'lib (har biri 5 qatorni tashkil etadi), ularda fabrikalarda ishlab chiqarilgan mahsulot va uning o'rtacha miqdori o'rtacha (birinchi va ikkinchi qatorlar), 3-7 qatorlarda jalb qilingan fabrikalar soni keltirilgan. 8 qatorda jalb etilgan fabrikalarning umumiy soni  $n_i$  berilgan. Beshinchi ustunda har

bir qator uchun guruxlararo o'rta qiymatlar ushbu formula  $\bar{y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^m y_{ij} n_{ij}$  orqali

hisoblangan. 9 qatorda guruxlararo IChF sarfining o'rta qiymati keltirilgan

$\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^l x_{ij} n_{ij}$ . Bu yerda  $x_i$  va  $y_i$  mos ravishda intervallar o'rtasi,  $n_{ij}$  - juftlik

$(x_i, y_i)$  likning takrorlanish chastotasi. Bu formulalardan foydalanib,  $\bar{y}_i$  larini (tonnada) va  $\bar{x}_i$  larni(mln.sumda) topamiz.

$$\bar{y}_1 = (9 \cdot 2 + 13 \cdot 1) / 3 = 10.3; \quad \bar{y}_2 = (9 \cdot 3 + 6 \cdot 13 + 4 \cdot 17) / 3 = 13.3;$$

$$\bar{y}_3 = (13 \cdot 3 + 6 \cdot 13 + 11 \cdot 17 + 7 \cdot 21) / 3 = 17.8; \quad \bar{y}_4 = (13 \cdot 1 + 2 \cdot 17 + 6 \cdot 21 + 2 \cdot 25) / 3 = 20.3;$$

$$\bar{y}_5 = (2 \cdot 21 + 2 \cdot 25) / 3 = 23; \quad \bar{x}_1 = (22.5 \cdot 2 + 27.5 \cdot 3) / 5 = 25.5;$$

$$\bar{x}_2 = (22.5 \cdot 1 + 27.5 \cdot 6 + 37.5 \cdot 1) / 11 = 29.3;$$

$$\bar{x}_3 = (27.5 \cdot 4 + 32.5 \cdot 11 + 37.5 \cdot 2) / 17 = 31.9;$$

$$\bar{x}_4 = (32.5 \cdot 7 + 37.5 \cdot 6 + 42.5 \cdot 1) / 14 = 35.4;$$

$$\bar{x}_5 = (37.5 \cdot 2 + 42.5 \cdot 1) / 3 = 39.2.$$

Topilgan qiymatlarni jadvalda ko'rsatamiz.

2.4.1-jadval

| IChF miqdori<br>(mln.sum)                                                               | Inter-<br>vallar<br>urtasi<br>$y_i / x_i$ | Sutkalik ishlab chikarilgan maxsulot (t) |       |       |       |       | Ham<br>masi<br>$n_i$ | Guruxlar aro ishlab<br>chikarilgan maxsulot urta<br>miqdori(tonna)<br>$\bar{y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^m y_{ij} n_{ij}$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         |                                           | 7-11                                     | 11-15 | 15-19 | 19-23 | 23-27 |                      |                                                                                                                              |
|                                                                                         |                                           | 9                                        | 13    | 17    | 21    | 25    |                      |                                                                                                                              |
| 20-25                                                                                   | 22.5                                      | 2                                        | 1     | -     | -     | -     | 3                    | 10.3                                                                                                                         |
| 25-30                                                                                   | 27.5                                      | 3                                        | 6     | 4     | -     | -     | 13                   | 13.3                                                                                                                         |
| 30-35                                                                                   | 32.5                                      | -                                        | 3     | 11    | 7     | -     | 21                   | 17.8                                                                                                                         |
| 35-40                                                                                   | 37.5                                      | -                                        | 1     | 2     | 6     | 2     | 11                   | 20.3                                                                                                                         |
| 40-45                                                                                   | 42.5                                      | -                                        | -     | -     | 1     | 1     | 2                    | 23.3                                                                                                                         |
| Hammasi $n_j$                                                                           |                                           | 5                                        | 11    | 17    | 14    | 3     | 50                   | -                                                                                                                            |
| Guruxlaro urta $\bar{x}_j$<br>$= \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^l x_{ij} n_{ij}$<br>(mln.sum) |                                           | 25.5                                     | 29.3  | 31.9  | 35.4  | 39.2  | -                    | -                                                                                                                            |

Olingan natijalarini  $(x, y)$  koordinat tekisligida grafik usulida ko'rsatamiz.

Statistika natijalarini grafik ko'rinishida tasvirlanishi korrelyatsiya maydoni deb aytiladi. Chiziqli korrelyatsion bog'lanish uchun regressiya tenglamasi to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi:  $y_x = b_0 + b_1 x$ . Bu yerda  $b_0$  va  $b_1$  koeffitsientlar Ushbu funksional

$$S = S(b_0, b_1) = \sum_{i=1}^l (y_{x_i} - \bar{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^l (b_0 + b_1 x_i - \bar{y}_i)^2 \text{ ekstremumi shartlari } \frac{\partial S}{\partial b_0} = 0, \frac{\partial S}{\partial b_1} = 0$$

yordamida aniqlanadi, shunga ko'ra,  $b_0$  va  $b_1$  koeffitsientlarni topish uchun quyidagi tenglamalar sistemasini olamiz.

$$b_0 + b_1 \bar{x} = \bar{y}, \quad b_0 \bar{x} + b_1 \bar{x}^2 = \overline{xy}. \quad \text{Bu yerda} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l x_i n_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m y_j n_j,$$

$$\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m (x_i y_j n_{ij}), \quad \overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l x_i^2 n_i, \quad n = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m n_{ij}. \quad \text{Sistemadan topamiz}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}, \quad b_1 = b_{yx} = (\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}) / s_x^2, \quad s_x^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2, \quad b_{xy} - \text{korrelyatsiya}$$

koeffitsienti deyiladi. Xuddi shunday teskari, ya'ni  $Y$  o'zgaruvchi,  $X$  aniqlanadigan funtsiya, u holda  $x_y - \bar{x} = b_{xy}(y - \bar{y})$ .  $b_{xy} = (\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}) / s_y^2, \quad s_y^2 = \overline{y^2} - \bar{y}^2$ .

$$\text{Yuqoridagi misolda } l = 5, \quad m = 5, \quad n = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m n_{ij} = 50 - \text{fabrikalar soni} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 x_i n_i$$

$$= (22.5 \cdot 3 + 27.5 \cdot 13 + 32.5 \cdot 21 + 37.5 \cdot 11 + 42.5 \cdot 2) / 50 = 32.1 \text{ млн. сум},$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^5 y_j n_j = (9 \cdot 5 + 13 \cdot 11 + 17 \cdot 17 + 21 \cdot 14 + 25 \cdot 3) / 50 = 16.92 \quad \overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l x_i^2 n_i$$

$$= (22.5^2 \cdot 3 + 27.5^2 \cdot 13 + 32.5^2 \cdot 21 + 37.5^2 \cdot 11 + 42.5^2 \cdot 2) / 50 = 1052.25;$$

$$\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m x_i y_j n_{ij} = [22.5(9 \cdot 2 + 1 \cdot 13) + 27.5(9 \cdot 3 + 13 \cdot 6 + 17 \cdot 4) + 32.5(13 \cdot 3 + 17 \cdot 11 + 21 \cdot 7) + 37.5(13 \cdot 1 + 17 \cdot 2 + 21 \cdot 6 + 25 \cdot 2) + 42.5(21 \cdot 1 + 25 \cdot 1)] / 50 = 557.9;$$

$$s_x^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2 = 1052.25 - (32.2)^2 = 1052.25 - 1030.41 = 21.84; \quad b_{xy} = (\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}) / s_x^2 = (557.9 - 16.92 \cdot 32.1) / 21.84 = 0.6762; \quad b_0 = \bar{y} - b_{xy} \bar{x} = 16.92 - 0.6762 \cdot 32.1 = -4.79.$$

Shunday qilib regressiya tenglamasi  $y_x = b_{xy}x + b_0 = 0.6762x - 4.79$ . Faraz qilaylik IChF  $X$  mln. so'mga oshiraylik. Unda bir sutkalik ishlab chiqarish  $y_{x+1} = 0.6762(x + 1 \text{ млн}) - 4.79$  ga teng bo'ladi. Ishlab chiqarilgan mahsulotni oshishi ushbu ayirma  $\Delta y = y_{x+1} - y_x = 0.6762$  ga teng bo'ladi.

Ushbu  $r = b_{xy} \frac{s_x}{s_y} = (\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}) / s_x s_y = \sqrt{b_{yx} b_{xy}}$  ifoda o'lchamsiz kattalik

bo'lib korrelyatsiya koeffitsientining tizlik darajasini aniqlaydi shu sababli, bu kattalik korrelyatsiya koeffitsienti deb qabul kilingan. Misolda  $s_y^2 = 18.23$ . Shuning uchun korrelyatsiya koeffitsienti

$$r = (\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}) / s_x s_y = (557.9 - 16.92 \cdot 32.1) / (4.673 \cdot 4.27) = 0.7401.$$

Korrelyatsiya koeffitsientining ayrim xossalari keltiramiz

1. Korrelyatsiya koeffitsienti  $[-1, 1]$  oraliqdagi qiymatlarini qabul qiladi, ya'ni  $-1 \leq r \leq 1$ . Koeffitsientning 1 raqamiga yaqinligiga qarab, bog'lanish kuchsiz, o'rtacha (mo'tadil), sezilarli, yetarlicha tig'iz, tig'iz va o'ta tig'iz deb yurgiziladi.

2. Hamma o'zgaruvchilar bir xil songa oshirilsa yoki kamaytirilsa, korrelyatsiya koeffitsienti o'zgarmaydi.

3. Agar  $r = \pm 1$  bulsa bog'lanish funksional bog'lanishga aylanadi.

Burchak koeffitsientlari  $k_1 = b_{yx}$  va  $k_2 = 1/b_{xy}$  bo'lgan to'g'ri chiziqlar orasidagi burchak tangensi  $tg \varphi$  aniqlaymiz:  $tg \varphi = \frac{k_1 - k_2}{1 + k_1 k_2} = \frac{1 - b_{yx} b_{xy}}{b_{xy} b_{yx}} = \frac{1 - r^2}{r} \frac{s_x s_y}{s_x^2 + s_y^2}$ .

Bu formuladan ko'rinadiki, agar  $|r| \rightarrow 1$  bo'lsa, to'g'ri chiziqlar orasidagi burchak nolga yaqinlashadi,  $|r| = 1$  bo'lganda ikkala regressiya chiziqlari ustma ust tushadi.

4. Agar  $r = 0$  ikki o'zgaruvchi orasida korrelyatsiya mavjud bo'lmaydi va regressiya chiziqlari koordinat o'qlariga parallel bo'ladi. Shuni aytish lozimki bu yerdagi shartning bajarilishi ikki o'zgaruvchi orasida umuman korrelyatsiya bo'lmaydi degan xulosa qilish mumkin emas. Korrelyatsion tahlilning (modelning) asosiy holatlarini ikki o'lchovli modelda ko'rib chiqamiz.

**T a ' r i f.** Agar kuzatuvlar va tajriba natijalari tasodifiy bo'lib, ular ko'p o'lchovli normal taqsimlanish qonuniga bo'ysinsa, shu holdagina korrelyatsion tahlil usulini qo'llash va unig modelini tuzish mumkin bo'ladi. Korrelyatsion tahlilning asosiy vazifasi tasodifiy o'zgaruvchilar orasidagi bog'lanishni nuqtaviy yoki interval usullari bilan baholashdan iboratdir.

Endi bog'lanish intervallariga va uning ahamiyatli darajasiga beriladigan baho bilan tanishib chiqamiz. Odatda korrelyatsiya ikki to'plam orasidagi bog'lanishni baholashdan iborat bo'lishi lozim, aslida bunday hol uchun korrelyatsion koeffitsient no'malum bo'lib to'plamlardan ixtiyoriy tanlangan gurux (ajratma) uchun aniqlangan bo'ladi. Shuning uchun bu holda korrelyatsion koeffitsient o'z navbatida tasodifiy kattalik bo'lib, bu koeffitsient to'plamdagi korrelyatsiyani aks ettiradimi yoki tasodifiy kattalik bo'lib qoladimi degan savol tugiladi. Faraz qilaylik  $r \neq 0$  bo'lsin, Bu xulosadan to'plam uchun ham korrelyatsion koeffitsient  $\rho \neq 0$  bo'lishini tekshirish lozim buladi. Shu munosabat bilan quyidagi nol gipoteza  $H_0$  da general to'plamlar orasida uzgaruvchilar korrelyatsiya yo'qligini, ya'ni  $\rho = 0$  ekanligini tekshirib ko'ramiz. Bu gipotezani tekshirishda ushbu statistika

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2.4.1)$$

Erkinlik darajasi  $k = n - 2$  bo'lgan St'yudentning  $t$ -taqsimlanish qonuniga bo'ysunishi kerak  $H_0$  gipoteza  $\alpha$ - ahamiyatli darajasida  $(1 - \alpha)$  kafolatda) inkor etiladi, agarda quyida shart bajarilsa

$$|t| = \frac{|r|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} > t_{1-\alpha; k}$$

Bu yerda  $t_{1-\alpha; k}$  St'yudentning  $t$ - kriteriyasi bo'lib, uning qiymatlari ilovadagi jadvalda berilgan.

**2.4.2-Misol.**  $\alpha = 0.05$  darajasida yuqorida keltirigan  $X$  va  $Y$  o'zgaruvchilar orasidagi korrelyatsiyani  $H_0$  gipoteza asosida tekshirib ko'ring. Bizning misolda  $r = 0.74, n = 50$ . Kriteriyaning statistikasi uchun yuqoridagi formuladan foydalanamiz  $t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.74\sqrt{50-2}}{\sqrt{1-0.74^2}} = 7.62$ . Erkinlik darajasi  $k = 50 - 2 = 48$ ,

$\alpha = 0.05$  uchun jadvaldan aniqlaymiz  $t_{0.95; 48} = 2.01$ .  $t > t_{0.95; 48}$  bo'lganligi sababli nol gipoteza inkor etiladi. Shunday qilib  $X$  va  $Y$  o'zgaruvchilar orasidagi korrelyatsiya koeffitsienti noldan farkli ekan. Amaliy korrelyatsion koeffitsient  $r$

uchun ishonchlik intervali (intervalli baholash) aniqlash maqsadga muvofiqdir. Agar general to'plamdagi regressiya koeffitsientlarini  $\beta_{yx}$  va  $\beta_{xy}$  bilan belgilasak ularning intervalli baholari quyidagi statistikalar  $(b_{yx} - \beta_{yx})/s_{b_{yx}}$ ,  $(b_{xy} - \beta_{xy})/s_{b_{xy}}$ , St'yudentning erkinlik darajasi  $n-2$  ga teng bo'lgan  $t$ -taqsimlanish qonuniga buysunadi va interval quyidagi tengsizliklardan topiladi.

$$b_{yx} - t_{1-\alpha; n-2} \frac{s_y \sqrt{1-r^2}}{s_x \sqrt{n-2}} \leq \beta_{yx} \leq b_{yx} + t_{1-\alpha; n-2} \frac{s_y \sqrt{1-r^2}}{s_x \sqrt{n-2}}$$

$$b_{xy} - t_{1-\alpha; n-2} \frac{s_x \sqrt{1-r^2}}{s_y \sqrt{n-2}} \leq \beta_{xy} \leq b_{xy} + t_{1-\alpha; n-2} \frac{s_x \sqrt{1-r^2}}{s_y \sqrt{n-2}}$$

2.4.1-jadvaldagi qiymatlar uchun  $s_x = \sqrt{s_x^2} = \sqrt{21.84} = 4.673$ ,

$s_y = \sqrt{s_y^2} = \sqrt{18.23} = 4.27$ ,  $b_{yx} = 0.6762$ ,  $t_{0.95; 48} = 2.01$ . Shuning uchun

$$0.6762 - 2.01 \frac{4.27 \sqrt{1-0.74^2}}{4.673 \sqrt{50-2}} \leq \beta_{yx} \leq 0.6762 + 2.01 \frac{4.27 \sqrt{1-0.74^2}}{4.673 \sqrt{50-2}} \quad \text{yoki} \quad 0.4979 \leq \beta_{yx} \leq 0.8545$$

xuddi shunday  $0.5963 \leq \beta_{xy} \leq 1.0235$ . Yuqorida keltirilgan korrelyatsion koeffitsient ikki uzgaruvchi orasida chiziqli bog'lanish bo'lgan hollarda to'la tigizlik kurstikichini baholashi mumkin. Amalda esa bog'lanish ixtiyoriy shaklda bo'lgan hollar ham uchrab turadi. Shunday hollarda kurstakichni baholash uchun dispersiyalari qo'shish qoidasidan foydalanamiz (**2.2-mavzu**).

$$s_y^2 = \overline{s_y^2} + \delta_y^2 \quad (1) \text{ bu yerda } s_y^2 - \text{o'zgaruvchining umumiy dispersiyasi } s_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2 n_j}{n},$$

$$\overline{s_y^2} = \frac{\sum_{i=1}^l s_{iy}^2 n_i}{n} - \text{guruhlik dispersiya } s_{iy}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y}_i)^2}{n_i} \text{ larning o'rtacha qiymati (yoki}$$

$$\text{qoldik dispersiya) } , \delta_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^l (\bar{y}_i - \bar{y})^2 n_i}{n} - \text{guruxlararo dispersiya. Guruxlararo}$$

dispersiya  $U$  o'zgaruvchiga  $X$  o'zgaruvchanlik ta'sirini belgilaydi. Ushbu nisbat

$$\eta_{yx} = \sqrt{\delta^2 / s_y^2} \quad (\delta = \{\delta_y, \delta_x\}) \quad (2.4.2)$$

$Y$  va  $X$  o'zgaruvchilar orasidagi empirik korrelyatsion nisbat deb aytiladi, va bu nisbat  $X$  o'zgaruvchining  $Y$  ga boshka e'tiborga olinmagan omillarga nisbatan qay

darajada ta'sir etishini baholaydi, ya'ni  $\eta_{yx}$  qancha yukori bo'lsa  $X$  ning  $Y$  bilan bog'lanishi yanada ko'prok tigiz bo'ladi. Bu koeffitsient uchun quyidagi xossalar mavjud ( $\eta = \eta_{yx}$ ): 1)  $0 \leq \eta \leq 1$ ; 2) agar korrelyatsiya mavxud bulmasa  $\eta = 0$ ; 3) agar o'zgaruchilar orasida funksional bog'lanish bo'lsa  $\eta = 1$ ; 4)  $\eta_{yx} \neq \eta_{xy}$  (chiziqli korrelyatsiya koeffitsientlari uchun  $r_{yx} = r_{xy} = r$  tenglik o'rinli edi), ya'ni korrelyatsion nisbatni hisoblashda qaysi o'zgaruvchi erkin qilib tanlab olinishiga bog'liq bulali. Shunday qilib quyidagi ahamiyatga ega bo'lgan xulosani qilish mumkin. Korrelyatsion nisbat korrelyatsion maydondagi nuqtalarning empirik regressiya chizigidan qanchalik tarkokligini harakterlaydigan ko'rsatkichdir.

Koeffitsient

$$R_{yx} = \sqrt{\frac{\delta_y^2}{s_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{s_y^2}{s_y^2}} \quad (2.4.3)$$

Nazariy korrelyatsion nisbat yoki  $Y$  ning  $X$  buyicha korrelyatsiya indeksi deb aytiladi. Ushbu koeffitsient  $R_{xy} = \sqrt{\frac{\delta_x^2}{s_x^2}} = \sqrt{1 - \frac{s_x^2}{s_x^2}}$  esa.  $X$  ning  $Y$  bo'yicha korrelyatsiya indeksi deyiladi.  $\eta = \{\eta_{yx}, \eta_{xy}\}$ ,  $R = \{R_{yx}, R_{xy}\}$  koeffitsientlar bilan korrelyatsiya koeffitsient  $r$  orasida quyidagi tengsizlik mavjud  $0 \leq |r| \leq R \leq \eta \leq 1$ . Agar regressiya tenglamasi to'gri chiziq bo'lsa u holda  $R = r$  bo'ladi. Koeffitsientlar  $\eta^2$ ,  $R^2$  (yoki  $r^2$ ) orasidagi tafovutni korrelyatsion orasidagi chiziqli boshlanishni tekshirish uchun foydalanish mumkin. Korrelyatsion nisbatning muhimligini tekshirish uchun quyidagi statistika

$$F = \frac{\eta^2(n-m)}{(1-\eta^2)(m-1)} \quad (2.4.4)$$

Fisher-Snedekor taqsimlanish  $F_{\alpha; k_1; k_2}$  qonunidan (yoki kriteriysidan) foydalaniladi ( bu yerda,  $\alpha$  - muhimlik darajasi,  $k_1 = m-1$ ,  $k_2 = n-m$  erkinlik darajasi).  $\eta$  noldan  $\alpha$  - muhimlik darajasi ( $1-\alpha$  kafolat bilan) bilan farq qiladi (yoki birga yaqinligi ta'minlanadi), agar quyidagi tengsizlik o'rinli bo'lsa  $F > F_{\alpha; k_1; k_2}$ .

Indeks korrelyatsiyasi ikkala o'zgaruvchi uchun quyidagi statistika orqali tekshiriladi

$$F = \frac{R^2(n-2)}{1-R^2}, \text{ Fisher –Snedekor kriteriysida } k_1 = 1, k_2 = n - 2 \text{ qabul qilinadi.}$$

**2.4.3-Misol.** 2.4.1-jadvaldagi ma'lumotlar uchun korrelyatsion nisbat  $\eta_{yx}$ , korrelyatsiya indeks  $R_{yx}$  va ularining muhimligini  $\alpha = 0.05$  darajada tekshiring. Jadvaldagi ma'lumotlar uchun quyidagi qiymatlar olingan. Umumiy o'rta qiymat  $\bar{y} = 16.92$ , dispersiya  $s_y^2 = 18.23$ . Qolgan qiymatlarini hisoblash uchun quyidagi 2.4.2-jadvalni tuzamiz. Jadvalda  $y_{x_i} = 0.676x_i - 4.79$  chiziqli regressiya tenglamasidan foydalanilgan.

2.4.2- jadval

| $x_i$ | $n_i$    | $\bar{y}_i$ | $(\bar{y}_i - \bar{y})^2 n_i$ | $y_{x_i}$ | $(\bar{y}_{x_i} - \bar{y})^2 n_i$ |
|-------|----------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------------|
| 22.5  | 3        | 10.3        | 131.5                         | 10.4      | 127.5                             |
| 27.5  | 13       | 13.3        | 170.4                         | 13.8      | 126.5                             |
| 32.5  | 21       | 17.8        | 16.3                          | 17.2      | 1.6                               |
| 37.5  | 11       | 20.3        | 125.7                         | 20.6      | 149.0                             |
| 42.5  | 2        | 23          | 73.9                          | 23.9      | 97.4                              |
|       | $\Sigma$ |             | 517.8                         |           | 502.0                             |

Yuqoridagi fomulalardan foydalanib topamiz:

$\delta_y^2 = (\bar{y}_i - \bar{y})^2 n_i / n = 517.8 / 50 = 10.36$ ,  $\eta_{yx} = \sqrt{\delta_y^2 / s_y^2} = \sqrt{10.36 / 18.23} = 0.754$ .  $\eta$  ning qiymati birga yaqin bo'lib korrelyatsiya koeffitsienti  $r = 0.74$  dan kam farq qiladi. Korelyatsion nisbat  $R_{yx}$  hisoblash uchun regressiya tenglamasi  $y_{x_i} = 0.676x_i - 4.79$  foydalanib  $\delta^2 = \sqrt{502 / 50} = 10.04$  aniqlab  $R_{yx} = \sqrt{10.04 / 18.23} = 0.742$  ni topamiz. Demak  $R_{yx} \approx r$  sharti bajarilayapti.

Agar  $\eta$  uchun Fisher–Snedekor kriteriysidan foydalanilsa ( $n = 50$ ,  $m = 5$ ,  $k_1 = m - 1 = 4$ ,  $k_2 = n - m = 45$ ), bo'lib

$$F = \frac{0.754^2(50-5)}{(1-0.754^2)(5-1)} = 14.82$$

jadvaldan  $F_{0.05;4;45} = 2.57$ ,  $F > F_{0.05;4;45}$  tengsizlik bajarilgani sababli  $\eta$  noldan yetarli darajada farq qiladi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Korrelyatsion tahlilning asosiy vazifasi., Funktsional, statistik va korrelyatsion bog'lanishlar va ularining bir biridan farqi. Misollar
2. Statistik bog'lanishdagi korrelyatsion jadval uning asosiy parametrlari.
3. Chiziqli korrelyatsion bog'lanish. Eng kichik kvadratlar usuli. To'g'ri chiziqli koeffitsientlarini aniqlash. Regressiya koeffitsientlari ularning ma'nosi.
4. Tanlangan dispersiyalar, ularning ifodasi, regressiya chizig'i bilan bog'lanishi.
5. Korrelyatsiya koeffitsienti. Korrelyatsion bog'lanish tig'izligini baholash. Tig'izlik ko'rsatkichini belgilash va uning ma'nosi.
6. Korrelyatsiya koeffitsientining asosiy xossalari. Korrelyatsiya koeffitsienti tig'izligining geometrik ma'nosi.
7. Ikki o'chlovli korrelyatsion model bog'lanishining asoslari, vazifasi. General to'plam ikki o'zgaruvchi uchun korrelyatsion koeffitsient
8. Korrelyatsion bog'lanish muhimligini tekshirish  $t$ - St'yudent kriteriysidan foydalanish. Ishonchlilik intervalini aniqlash
9. Korrelyatsion nisbatlar va ularning xossalari.
10. Korelyatsion indeks uning korrelyatsion koeffitsient va korrelyatsion nisbatlar bilan bog'lanishi.

### **2.5. Regression bog'lanish va ularining modelini tuzish.**

#### **Chiziqli va chiziqsiz regression tenglamalar. Juft chiziqli regression model.**

Endi regression tahlilni bayon etamiz. Odatda korrelyatsion tahlilda tasodifiy qiymatlardan tashkil topgan ikkita to'plam orasidagi bog'lanishga baho beriladi. Agar to'plamlarining birida masalan  $x$  da qiymatlar tasodif bo'lmay aniq qiymatlarini qabul etsa, u holda bog'lanish bir tomonlama bo'lib, tasodifiy o'zgaruvchi  $y$  bir yoki bir nechta notasodif mustaqil o'zgaruvchilarga bog'liq bo'ladi. Masalan,  $x$  ning har bir qiymatida  $y$  ning qiymatlari nazoratsiz omillar ta'sirida tasodif sochilish harakteriga ega bo'lishi mumkin. Bunday hollarda  $y$  va  $x$  orasidagi bog'lanish regression bog'lanish deb aytiladi. Bunday bog'lanishlarda biri chiziqli regression bog'lanish

Yuqorida

$$y_x = b_{xy}x + b_0 = 0.6762x - 4.79 \quad (2.5.1)$$

ko'rinishida keltirilgan edi. Umumiy holda regression model quyidagi ko'rinishda ifodalanadi

$$Y = \varphi(X) + \varepsilon \quad (2.5.2)$$

bu yerda  $\varphi(X)$  -regressiya funksiyasi,  $\varepsilon$  -  $Y$  ning undan og'ishini (farqini) harakterlaydigan tasodif o'zgaruvchi. Agar chiziqli regressiya quriladigan bo'lsa u holda  $M_x(Y) = \beta_0 + \beta_1 x$  bo'lib, agar  $X$  va  $Y$  to'plam soni  $n$  ta bo'lgan juftli elementdan tashkil topgan bo'lib, undan ixtiyoriy  $(x_i, y_i)$  element olinsa, u holda regression model quyidagicha yoziladi

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i. \quad (2.5.3)$$

Regression model quyidagi zaminlar asosida tuziladi

1. (2.5.3) modelda  $\varepsilon_i$ -tasodif qiymat,  $x_i$ - notasodif izohlovchi qiymat.

2.  $\varepsilon_i$ -lar uchun o'rta arifmetik qiymatlar nolga teng

$$M(\varepsilon_i) = 0 \quad (2.5.4)$$

3.  $\varepsilon_i$ -lar bir xil dispersiyaga ega

$$D(\varepsilon_i) = \sigma^2 \quad (2.5.5)$$

4.  $\varepsilon_i$  va  $\varepsilon_j$  ( $i \neq j$ ) uzaro korrelyatsiyaga emas, ya'ni

$$M(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0 \quad (2.5.6)$$

5.  $\varepsilon_i$  lar normal taqsimlanish qonuniga bo'ysunadi.

Regressiya tenglamasining muhimligini tekshirishni izohlaymiz. Bunday tekshirishda o'zgaruvchilar orasidagi bog'lanishni ifodalaydigan regression model bog'lanishning tajribaviy ma'lumotlarga mos kelishi, hamda tenglamada qatnashadigan izohlovchi o'zgaruvchilar bog'lanishni ifodalash uchun yetarliligi ekanligi asos qilib olinadi. Regression tenglamaning muhimlik darajasi dispersion tahlil asosida tekshiriladi. Dispersion analiz g'oyasida 16 ma'ruzada ko'rsatilgandek, ushbu tenglikka asoslangan.

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = Q_R + Q_e, \quad (2.5.7)$$

$Q$ - bog'liq o'zgaruvchining o'rta qiymatdan og'ish kvadratlarining umumiy yig'indisi, erkinlik darajasi  $k_0 = n - 1$ ,  $Q_R = \sum_{i=1}^n (y_{x_i} - \bar{y})^2$ - regressiyaga mos keladigan kvadratlar yig'indisi, uning erkinlik darajasi  $k_1 = m - 1$ ,  $Q_e = \sum_{i=1}^n (y_i - y_{x_i})^2$  - hisobga olinmagan omillarni harakterlaydigan qoldiq kvadratlar yig'indisi, erkinlik darajasi  $k_2 = n - m$ . Agar o'zgaruvchilar orasida chiziqli bog'lanish inkor etilishi tekshiriladigan bo'lsa, u holda tasodif kattaliklar  $s_R^2 = Q_R / (m - 1)$   $s_e^2 = Q_e / (n - m)$  ning har biri mos ravishda erkinlik darajasi  $k_1$  va  $k_2$  bo'lgan  $\chi^2$ - taqsimlanish qonuniga bo'ysunadi va agar ularning amalda kuzatiladigan nisbati statistikasi

$$F = \frac{s_R^2}{s_e^2} = \frac{Q_R(n - m)}{Q_e(m - 1)} > F_{0.05; k_1; k_2} \quad (2.5.8)$$

Shartini bajarsa, u holda regressiya tenglamasi  $\alpha$  muhimlik darajasida o'rinli bo'ladi. Juftlik regressiya uchun  $m = 2$  ga teng bo'ladi. Korrelyatsiya indeksi uchun quyidagi formula o'rinli bo'ladi

$$R = \sqrt{Q_R / Q} = \sqrt{1 - Q_e / Q} \quad (2.5.9)$$

Yuqorida chiziqli regressiya xaqida so'z yuritilgan edi. Regressiya tenglamasini tanlash statistikaning eng muhim bosqichi hisoblanib, bu bosqichni odatda parametrlash modeli deb aytiladi, uni amalga oshirishda yig'ilgan tajriba natijalari, hamda adabiyotdagi ma'lumotlar keng foydalaniladi. Umumiy holda regressiya tenglamasi nochiziqli bo'lib polinomial ko'rinishda tanlanadi:  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_{n-1}x^{n-1} + b_nx^n$  ( $b_i$  - o'zgarmas sonlar,  $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ). Agar jarayon  $y$  o'zgaruvchi  $x$  o'sib borishi bilan o'zgarmas qiymatga yuritilsa, u holda regressiya tenglamasi giperbola chizig'i  $y = b_0 + b_1 / x$  ko'rinishida olinishi mumkin.

**2.5.1-Misol.** Djinlash mashinasida namligi 8% dan 10.5% bo'lgan chigitli paxtadan tola ajratiladi. Tola ajratishning tish bo'yicha unumdorligi 2.5.1-jadvalda keltirilgan.

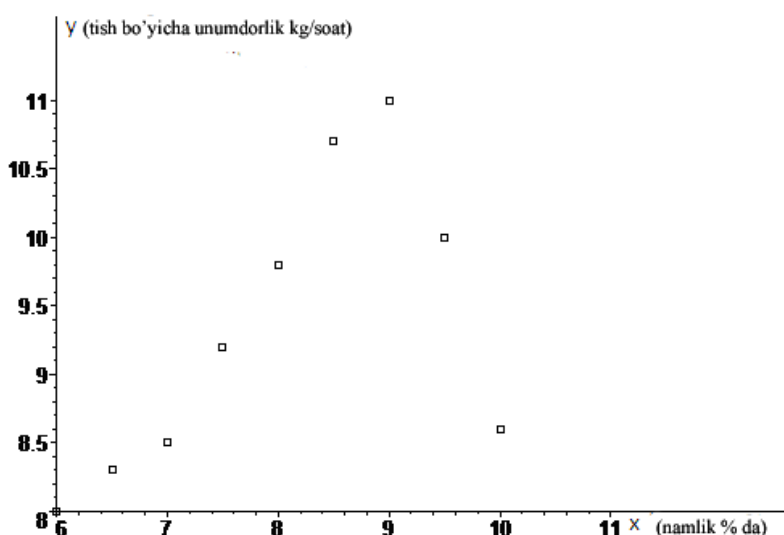
2.5.1- Jadval

|                                       | 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7  | 8   | 9   | 10   |
|---------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|------|
| Maxsulot namligi (%) ( $x$ )          | 6 | 6.5 | 7   | 7.5 | 8   | 8.5  | 9  | 9.5 | 10  | 10.5 |
| Tish buyicha unumdorlik (kg/coat) (y) | 8 | 8.2 | 8.5 | 9.2 | 9.8 | 10.7 | 11 | 10. | 8.6 | 7.7  |

Quyidagi ma'lumotlarni olish talab etiladi.

a) Empirik regressiya tenglamasi tuzilsin; b) Regressiya tenglamasining muhimlik darajasi  $\alpha = 0.05$  bo'lganda baholang. v) O'zgaruvchilar orasida bog'lanish tig'izligini empirik korrelyatsion nisbat  $\eta_{yx}$ , korrelyatsiya koeffitsienti  $r$ , hamda korrelyatsiya indeksi  $R$  orqali baholang va ularni o'zaro solishtiring. Jadval natijalarining tahlilidan ko'rinib turibdiki, namlikning oshishi bilan unumdorlik namlikning ma'lum chegarasigacha o'sib boradi, unlan keyin kamayishi kuzatiladi. (13.1- rasm). Korrelyatsion bog'lanish uchun quyidagi chiziqsiz tenglamani qabul qilish maqsadga muvofiq bo'ladi

$$y_x = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (2.5.10)$$



2.5.1-rasm. Tajriba nuqtalarining  $(x, y)$  tekisligida tasviri

(2.5.10) tenglamadagi  $b_0$ ,  $b_1$  va  $b_2$  koeffitsientlar kvadrat og'ishning eng kichik qiymatga ega bo'lish usulidan aniqlanadi. Shunga ko'ra quyidagi funksional

$S = \sum_{i=1}^n (y_i - y_x)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i - b_2 x_i^2)$  ni minimumga erishish shartlari

$\frac{\partial S}{\partial b_0} = 0, \frac{\partial S}{\partial b_1} = 0, \frac{\partial S}{\partial b_2} = 0$  dan foydalanib  $b_0, b_1$  va  $b_2$  koeffitsientlarni topish uchun

tenglamalar sistemasini olamiz

$$\begin{aligned} b_0 n + b_1 \sum_{i=1}^n x_i + b_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + b_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^n x_i^2 + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^3 + b_2 \sum_{i=1}^n x_i^4 &= \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \end{aligned}$$

Yuqoridagi misolga qo'llasak ( $n = 10$ )  $S_0 = n = 10, S_1 = \sum_{i=1}^{10} x_i = 82,$

$$S_2 = \sum_{i=1}^{10} x_i^2 = 691, S_3 = \sum_{i=1}^{10} x_i^3 = 5968, S_4 = \sum_{i=1}^{10} x_i^4 = 52668.25, Z_1 = \sum_{i=1}^{10} y_i = 91.8,$$

$$Z_2 = \sum_{i=1}^{10} x_i y_i = 756.8, Z_3 = \sum_{i=1}^{10} x_i^2 y_i = 6396.45$$

Shunday qilib sistemani quyidagicha yozamiz

$$b_0 S_0 + b_1 S_1 + b_2 S_2 = Z_1$$

$$b_0 S_1 + b_1 S_2 + b_2 S_3 = Z_2$$

$$b_0 S_2 + b_1 S_3 + b_2 S_4 = Z_3$$

Bu sistemani Kramer usuli bilan echamiz  $b_0 = \Delta_1 / \Delta,$

$b_1 = \Delta_2 / \Delta, b_2 = \Delta_3 / \Delta,$  bu yerda

$$\Delta_1 = Z_1(S_2 S_4 - S_3^2) + Z_2(S_2 S_3 - S_1 S_4) + Z_3(S_1 S_3 - S_2^2),$$

$$\Delta_2 = Z_1(S_2 S_3 - S_1 S_4) + Z_2(S_0 S_4 - S_2^2) + Z_3(S_1 S_3 - S_3 S_0),$$

$$\Delta_3 = Z_1(S_1 S_3 - S_2^2) + Z_2(S_1 S_2 - S_0 S_3) + Z_3(S_0 S_2 - S_1^2),$$

$$\Delta = S_0 S_2 S_4 + 2 S_1 S_2 S_3 - S_2^3 - S_3^2 S_0 - S_1^2 S_4$$

$S_i$  va  $Z_i$  larning qiymatlarini qo'ysak  $b_0 = -27$ ,  $b_1 = 8.945$ ,  $b_2 = -0.538$  qiymatlarini olamiz. Shunday qilib regressiya tenglamasi quyidagicha bo'ladi.

$$y_x = -27 + 8.945x - 0.538x^2. \quad (2.5.11)$$

Olingan bog'lanishning muhimligini baholaymiz. (2.5.7) formuladan foydalanib kvadrat og'ishlarning umumiy yig'indisini aniqlaymiz.

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \text{ bu yerda } y_i \text{ (} i = 1..10 \text{)- tish bo'yicha unumdorlik}$$

2.5.1-jadvaldan olinadi  $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{10} y_i}{n} = \frac{Z_1}{n} = \frac{91.8}{10} = 9.18$  - ularning o'rta arifmetik qiymati. Shunday qilib,

$$Q = (8 - 9.18)^2 + (8.3 - 9.18)^2 + (9.8 - 9.18)^2 + (10.7 - 9.18)^2 + \\ (11 - 9.18)^2 + (10 - 9.18)^2 + (8.6 - 9.18)^2 + (7.7 - 9.18)^2 = 11.83.$$

Endi  $Q_e = \sum_{i=1}^{10} (y_{x_i} - y_i)^2$  hisoblaymiz. Bu yerda  $y_{x_i}$  - (2.5.11) bog'lanishning

$x = x_i$  dagi qiymatlari,  $y_{x_i} = y_x(x_i)$ .

Shunday qilib,

$$Q_e = (7.3 - 8)^2 + (8.41 - 8.3)^2 + (9.25 - 8.5)^2 + (9.82 - 9.2)^2 + (10.13 - 9.8)^2 + (10.16 - 10.7)^2 + \\ + (9.93 - 11)^2 + (9.42 - 10)^2 + (8.65 - 8.6)^2 + (7.61 - 7.7)^2 = 4.24$$

$Q$  va  $Q_e$  ma'lum bulsa (2.5.6) formuladan  $Q_R$  topiladi.

Shunday qilib,  $Q_R = Q - Q_e = 11.83 - 4.24 = 7.59$ .

$$F = \frac{s_R^2}{s_e^2} = \frac{Q_R(n-m)}{Q_e(m-1)} \text{ statistikaning qiymatini (2.5.8) formuladan aniqlab, uni}$$

Fisher-Snedekor kriteriysi bilan solishtiramiz (bu yerda  $n$  - kuzatishlar soni,  $m$  - regressiya tenglamasida baholanadigan parametrlar soni kvadrat funksiya uchun  $m = 3$ )

$$F = \frac{s_R^2}{s_e^2} = \frac{Q_R(n-m)}{Q_e(m-1)} = \frac{7.59(10-3)}{4.24(3-1)} = 6.265$$

Ikkinchidan Fisher-Snedekor kriteriysida  $\alpha = 0.05$ ,  $k_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ ,  $k_2 = n - m = 10 - 3 = 7$  qabul qilib, jadvaldan topamiz  $F_{0/05;2;7} = 4.74$ .  $F > F_{0/05;2;7}$  tengsizlik bajarilganligi sababli regressiya tenglamasi o'rinli bo'ladi. Endi (8) formuladan tig'izlik koefitsientini aniqlaymiz.  $R_{yx} = \sqrt{1 - Q_e / Q} = \sqrt{1 - 4.24 / 11.83} = 0.8$ . Demak olingan bog'lanish yetarli darajada tig'izlik xossasiga ega bo'larkan. Odatda  $R_{yx}^2$  kattalikka determinatsiya koefitsienti deyiladi va bu kattalik regressiya bilan bog'langan bo'lib, erkin o'zgaruvchi  $X$  ning qay darajada  $Y$  ga ta'sir etayotganini baholaydi. Biznig misolda unumdorlik o'zgarishining  $R_{yx}^2 = 64\%$  i namlik bilan bog'liq ekan. Kuzatiladigan texnologik jarayonlarning natijalari ko'p hollarda birgina o'zgaruvchiga bog'liq bo'lmasdan odatda ko'p omillarning ta'siri tufayli ko'p o'zgaruvchilar funksiyasi bo'lib amalga oshadi. Shu tufayli ikki va undan ortiq o'zgaruvchilarini e'tiborga olish alohida amaliy ahamiyatga ega bo'ladi. Biz ma'ruzada ikki va undan ortiq o'zgaruvchili regression tenglamani tuzishni ikki o'zgaruvchi  $x_1$  va  $x_2$  lar uchun qarab chiqamiz va uning juftlik regression tenglama deb ataymiz. Undan tashqari chiziqli regressiya tenglamasini tuzish bilan chegaralanamiz. Faraz qilaylik kuzatishlar natijasida general to'plamda ushbu chiziqli regressiya modeli o'rinli bo'lsin.

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \varepsilon_i, \quad (2.5.12)$$

Bu yerda  $y_i$  - bog'liq kattalik  $Y$  ning kuzatilayotgan natijalari,  $x_{i1}$  va  $x_{i2}$  sababchi o'zgaruvchilar  $x_1$  va  $x_2$  larining qabul qiladigan qiymatlari. (2.5.12) formulada  $b_0$ ,  $b_1$  va  $b_2$  o'zgarmas sonlar bo'lib, ular quyidagi tenglamadan aniqlanadi.

$$\begin{aligned} a_{11}b_0 + a_{12}b_1 + a_{13}b_2 &= c_1, & a_{21}b_0 + a_{22}b_1 + a_{23}b_2 &= c_2, \\ a_{31}b_0 + a_{32}b_1 + a_{33}b_2 &= c_3, \end{aligned} \quad (2.5.13)$$

$$\text{Bu yerda } a_{11} = n, \quad a_{12} = \sum_{i=1}^n x_{i1}, \quad a_{13} = \sum_{i=1}^n x_{i2}, \quad a_{21} = a_{12}, \quad a_{22} = \sum_{i=1}^n x_{i1}^2,$$

$$a_{23} = \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2}, \quad a_{31} = a_{13}, \quad a_{32} = a_{23}, \quad a_{33} = \sum_{i=1}^n x_{i2}^2, \quad c_1 = \sum_{i=1}^n y_i, \quad c_2 = \sum_{i=1}^n y_i x_{i1},$$

$$c_3 = \sum_{i=1}^n y_i x_{i2}. \text{ Tenglamalar sistemasi (2.5.13) dan aniqlanadigan o'zgarmas } b_0, b_1 \text{ va}$$

$b_2$  juftlik regression bog'lanishda har bir o'zgaruvchining ta'sirini baholashi mumkin.

Amalda ularning ta'sirini baholash uchun quyidagi standartlashtirilgan koeffitsient

$$b'_j = b_j \frac{s_{x_j}}{s_y} \quad (2.5.14)$$

hamda elastiklik koeffitsienti

$$E_i = b_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}} \quad (2.5.15)$$

foydalaniladi (bizning holda  $j=1,2$ ). Standartlashtirilgan koeffitsientlar dispersiya  $s_y$  ga har bir o'zgaruvchi dispersiyasi ta'sirini belgilasa, elastiklik koeffitsienti esa o'zgaruvchi  $Y$  ning o'rta qiymatiga har bir o'zgaruvchi o'rta qiymati 1% ga oshganda uning o'zgarishini belgilaydi.

**2.5.2-Misol.** Aralashmasiz ipning uzilish kuchi 19 sN (shartli) uning tarkibiga mustaxkamligi yuqori bo'lgan ikki xil ip qo'shiladi. Aralashmadan hosil bo'lgan ipning qo'shilgan iplarining foizdagi qiymatiga qarab uzilish kuchlarining qiymatlari 2.5.2-jadvalda keltirilgan. Birinchi tipdagi ipnig ulushi  $x_{i1}$  (foizda) ikkinchi tipdagi ipning ulushini  $x_{i2}$  (foizda) bilan belgilaymiz. Anqlik uchun kuzatilgan natijalar soni  $n=6$  deb qabul qilamiz.

2.5.2- jadval

| $i$ | $x_{i1}$ | $x_{i2}$ | $y_i$ | $y_x$ | $i$ | $x_{i1}$ | $x_{i2}$ | $y_i$ | $y_x$ |
|-----|----------|----------|-------|-------|-----|----------|----------|-------|-------|
| 1   | 2        | 22       | 20    | 20    | 4   | 8        | 16       | 25    | 25.22 |
| 2   | 4        | 20       | 21.5  | 21.78 | 5   | 10       | 12       | 25.5  | 27.05 |
| 3   | 6        | 18       | 24    | 23.5  | 6   | 12       | 10       | 27    | 27.1  |

Koeffitsientlar uchun quyidagi qiymatlarni olamiz:  $a_{11} = 6, a_{12} = \sum_{i=1}^6 x_{i1} = 42,$

$$a_{13} = \sum_{i=1}^6 x_{i2} = 98, \quad a_{21} = 42, \quad a_{22} = \sum_{i=1}^6 x_{i1}^2 = 364, \quad a_{23} = \sum_{i=1}^6 x_{i1}x_{i2} = 600, \quad a_{31} = 98,$$

$$a_{32} = 600, \quad a_{33} = \sum_{i=1}^6 x_{i2}^2 = 1708, \quad c_1 = \sum_{i=1}^6 y_i = 143, \quad c_2 = \sum_{i=1}^6 y_i x_{i1} = 1049,$$

$$c_3 = \sum_{i=1}^6 y_i x_{i2} = 2278. \quad (13) \text{ tenglamaning yechimi } b_0 = -0.375, \quad b_1 = 1.64, \quad b_2 = 0.78$$

bo'lib chiziqli juft regressiya tenglamaning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi.

$$y_x = -0.375 + 1.64x_1 + 0.78x_2 \quad (2.5.16)$$

Endi har bir aralashmaning ipning uzilish kuchiga ayrim ta'sir etishini baholaymiz. (2.5.14) va (2.5.15) formulalardan foydalanish uchun zarur bo'lgan

parametrlarni hisoblaymiz  $\bar{x}_1 = (\sum_{i=1}^6 x_{i1}) / 6 = 7, \quad \bar{x}_2 = (\sum_{i=1}^6 x_{i2}) / 6 = 16.33,$

$$\bar{y} = (\sum_{i=1}^6 y_i) / 6 = 23.83, \quad s_{x_1} = \sqrt{\left( \sum_{i=1}^6 (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 \right) / 6} = 3.42,$$

$$s_{x_2} = \sqrt{\left( \sum_{i=1}^6 (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 \right) / 6} = 4.23, \quad s_y = \sqrt{\left( \sum_{i=1}^6 (y_i - \bar{y})^2 \right) / 6} = 2.39$$

Shunday qilib standartlashtirilgan va elastiklik koeffitsientlar uchun ushbu qiymatlarini olamiz

$$b'_1 = b_1 s_{x_1} / s_y = 2.34, \quad b'_2 = b_2 s_{x_2} / s_y = 1.38, \quad E_1 = b_1 \bar{x}_1 / \bar{y} = 0.48, \quad E_2 = b_2 \bar{x}_2 / \bar{y} = 0.53$$

Koeffitsientlar tahlilida quyidagi xulosalar qilish mumkin. Dastlab standartlashtirilgan koeffitsientlar  $b'_j$  larni tahlil qilamiz. Agar ipning uzilish kuchini faqat birinchi aralashma orqali oshiradigan bo'lsak u holda uning o'rtacha uzilish kuchi  $2.34 \cdot s_y = 5.6 \text{ sN}$  ga oshgan bo'lardi, ya'ni natijada o'rtacha uzilish kuchi  $24.6 \text{ cN}$ ga teng bo'lardi. Agar ikkinchi aralashma olinadigan bo'lsa, u holda uzilish kuchi  $1.38 s_y = 3.3 \text{ sN}$  ga oshib o'rtacha uzilish kuchi  $22.3 \text{ sN}$  ga teng bo'lardi. Agar uzilish

kuchining o'rtacha qiymatini regressiya tenglamasi orqali aniqlasak  $\bar{y} = 23.83$  teng bo'lib,  $22.3 < \bar{y} < 24.6$  tengsizlik o'rinli bo'ladi. Shunday qilib birinchi aralashma uzilish kuchining o'rta qiymatini  $\bar{y}$  ga nisbatan ko'proq oshirsa, ikkinchi aralashma esa uni kamaytirar ekan. Elastiklik koeffitsientlari  $E_j$  ta'sirini tahlil qilamiz. Agar birinchi aralashmaning o'rtacha miqdori 1% ga oshirilsa, u holda uzilish kuchining o'rtacha qiymati 0.48% ga oshadi. Xuddi shunday ikkinchi aralashmaning miqdori 1% ga oshirilsa, uzilish kuchining o'rtacha qiymati 0.53% oshgan bo'lardi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Regression bog'lanish ta'rifi. Chiziqli regressiya, uning koeffitsientlarini aniqlash.
2. Model asoslari. Regression koeffitsient. Tig'izlik koeffitsienti.
3. Chiziqli regression bog'lanishni o'rinli bo'lishini tekshirish uchun qo'llaniladigan statistika. Fisher- Snedekor kriteriysi.
4. Chiziqsiz regression tenglamalar. Ularni turlari.
5. Kvadrat bog'lanishli regression model. Uning koeffitsientlarini aniqlash.
6. Chiziqsiz regression bog'lanish koeffitsientlarini baholash. Statistika va kriteriydan foydalanish.
7. Ko'p o'zgaruvchili regression modellar. Ularining turlari. Misollar.
8. Juft chiziqli regression model. Koeffitsientlarini aniqlash.
9. Juft regressiya modelidagi standartlashtirilgan koeffitsientlar ularining mohiti.
10. Juft regressiya modelidagi elastiklik koeffitsientlari va ularning mohiyati.

## **2.6. Tadqiqot jarayonida tajriba natijalaridan foydalanish.**

### **Regression analiz. Ikki o'lchovli (faktorli) regresion modellar.**

#### **Regressiya tenglamalarining koeffitsientlarini aniqlash va baholash.**

Tadqiqot ishlarida tajribaviy izlanishlarga (keyinchalik eksperimentlarga) alohida e'tibor beriladi. Eksperiment lotincha so'z bo'lib sinash ma'nosini bildiradi va o'z tarkibida biror maqsadga yo'naltirilgan amallar, kuzatishlar, ta'sirlar majmuasidan olinadigan natijalardan ma'lumotlar hosil qiladi. Tajriba zksperimentning ayrim elementi bo'lib hisoblanadi. Eksperiment nazariy natijalarni to'g'rligini asoslash yoki ularni identifikatsiya (lotincha gipotezalarni tajribada olingan natijalar bilan solishtirish va ularni to'g'rligini isbotlash), hamda optimallashtirish (lotincha yechimdagi parametrlarning eng maqbul qiymatini tanlash (maksimum yoki minimum)) masalalarini hal qilish uchun amalga oshiriladi. Eksperiment usullarini amalda keng qo'llash natijasida zksperimentning alohida nazariyasini vujudga keltirdi. Bu nazariya tajriba o'tkazuvchi (keyinchalik eksperimentator) dan quyidagi savollarga javob olishini talab etadi.

1) Qo'yilgan masalani echish uchun eksperimentni qanday qilib samarador holda tashkil etish mumkin (bu yerda vaqtni, ashyolarni sarflash va o'lchashlarni yuqori aniqlikda o'tkazish muammolari hal etiladi)).

2) Izlanishdagi ob'ektda o'tkazilgan eksperimentdan maksimal miqdorda ma'lumot olish uchun uning natijalarini mukammal tahlil qilish va dastlabki ishlashni tashkil etish.

3) Eksperiment natijalari asosida amaliy xulosalar qilish va ularni qay tarzda asoslash.

Eksperiment natijalarini nazariy o'rganishda matematik statistika usullaridan foydalanish lozim. Buning uchun eng avval tajriba natijalari ma'lum darajada tasodifiy miqdorlar va jarayonlar xossasiga ega bo'lishlari zarur, aks holda statistika qonuniyatlari tadqiqotda o'rinli bo'lmay qoladi. Bunday shartlar aslida ko'p tajribalarda o'rinli bo'lib, buning natijasida tajriba natijalari ko'p hollarda aniqmaslik qonuniyatlariga bo'ysinadi. Bunday aniqmasliklar ko'pincha nazoratdan tashqari omillar ta'sirida tajriba sharti o'zgarishi va jarayonlar tasodiflik xarakterga ega

bo'lishi bilan bog'liq bo'ladi, shuning natijasida tajribadagi aniqlanadigan va o'lchanadigan kattaliklarda xatoliklar ro'y berishi mumkin. Unday aniqliklarning hosil bo'lishida ko'pincha o'lchov priborlarining mukammal bo'lmasligi sabab bo'ladi. Bu yerda kelib chiqadigan muammolarni eksperimentlarni matematik rejalashtirish usullari bilan hal qilish mumkin. Bu usullar bilan har qanday eksperimentator tanish bo'lishi va ularni amalda qo'llashni mukammal bilishi zarur. Bundan keyingi ma'ruzalarda V.B.Tixomirov, L.A.Alyavdin o'quv qo'llanmalarida bayon etilgan matematik rejalashtirish asoslari, rejalashtirishni amalda foydalanish yo'l-yo'riqlari bilan tanishtirgan holda, texnologik jarayonlardan olingan ba'zi maslalarini echish uchun qo'llashda misollar kiritib o'tiladi.

Tajribani o'tkazish rejasi qo'yidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. Omillarni (faktorlarni) tanlash
2. Omillarni kodirovka qilish.
3. Tajribaning reja matritsasini tuzish.
4. Tajriba natijalarini randomatsiya (ro'y berishni rang yordamida ifodalash).
5. Eksperiment rejasini amalga oshirish.
6. Tajribalarni qaytarish sonini ta'minlash va tekshirish
7. Regressiya tenglamalaridagi koeffitsientlar ahamiyatini baholash.
8. Chiziqli regressiya tenglamasining adekvatligini tekshirish.
9. Grafikli bog'lanishlarni tuzish.
10. Natijalar tahlili, xulosa va tavsiyalarni tayyorlash.

Tadqiqot etiladigan o'zgaruvchini maqsadli funksiya (yoki chiquvchi faktor, javob qaytaruvchi signal (otklik), optimallashtirish kriteriysi) deb aytiladi.

**Optimallashtirish kriteriysi** tadqiq etilayotgan ob'ektni to'la-to'kis va yetarli darajada harakterlashi kerak. Kriteriy yagona bo'lib, uning miqdori statistika nuqtai nazarda yuqori samaradorlik bilan maksimal baholanishi va aniq fizik ma'noga ega bo'lishi lozim.

Optimallashtirish parametrlari (kriteriylari) tadqiq etilayotgan tizimning tashqi ta'sirlarga javobi (otklik) bo'lib, qo'yidagi shartlarni bajarishi lozim:

- Parametr miqdoriy kattalik bo'lib, bitta son bilan ifodalanishi lozim, Harqanday faktorlar darajasida va ularning kombinatsiyasida o'lchash imkoniyatiga ega bo'lishi kerak.

- Parametr universal bo'lib, ob'ektni haratomonlama harakterlashi lozim.;

- Oddiy fizikaviy ma'nogo ega bo'lishi kerak;

-Tajribaning hamma bosqichlarida mavjud bo'lishi kerak;

Optimallashtirish kriteriysi tanlangandan so'ng, boshqaruvchi (mustaqil) o'zgaruvchilar tanlanadi, ularning yordamida tadqiq etilayotgan ob'ektda maqsadli izlanishlar olib borish mumkin bo'ladi.

Nazariy izlanishlar natijasida yoki qo'yilgan masala yechimi asosida tanlangan parametrlar mustaqil o'zgaruvchilar deb qabul qilinadi, agarda ularning fizik kattaliklari yoki geometrik qiymatlari keltirilgan bo'lsa, masalan valning uzunligi va diametri; paxta g'aramining bosimi, valning aylanish tezligi, muhitning zichligi, materialning qalinligi, quritish harorati, paxtaning barabanda bo'lish vaqti, namlik darajasi (protsentda), samaradorlik koeffitseintlari va h.k.

Mustaqil faktorlarga qo'yidagi talablar qo'yiladi:

- boshqa faktorlarga bog'liqsizligi. Ya'ni boshqa faktorlarning qay darajada bo'lishiga qaramay uni aniqlash mumkinligi;

- barcha faktorlarni birgalikda (ularning kombinatsiyasida) o'zgartirish mumkinligi ta'minlanishi va bunday kombinatsiya xavfsiz holda amalga oshirilishi lozim;

- Faktorlarini boshqarish mumkinligi, ya'ni tajriba o'kazuvchi, tajriba jarayonida uning qiymatini uzgarmas holda saqlashi va qiymatini o'zgartirib, uni boshqarishi mumkin;

- O'lchash jarayonida talab qilingan darajada aniqlikni ta'minlash. Bu yerda aniqlik darajasi ulchov asbobining o'zgarish diapazonida bulishi kerak;

- Faktorlarning bir ma'nodagi ta'sirini ta'minlash lozim, ya'ni faktorlar ob'ektga bevosita ta'sir etishi lozim .

Texnikada quyidagi masala mavjud. Soni  $k$  ga teng bulgan  $x_i$  ( $i=1..k$ ) o'zgaruvchi va ularga bog'liq bo'lgan  $y$  kattalik berilgan. O'zgaruvchilarning o'zlari

tasodif bo'lmasligi, ya'ni ularning qiymati berilgan bo'lishi mumkin. O'zgaruvchi “y” ga  $x_i$  ( $i=1..k$ ) lardan tashqari aniq nazoratdan tashqari omillar ham ta'sir etishi mumkin. Shuning uchun “y” kattalikning qiymatlar tasodiflik xususiyatiga ega bo'ladi. Shunday sharoitda “y” kattalikka o'zgaruvchilarning ta'sirini aniqlab beradigan tajribaviy usullar kerak bo'ladi. Matematika tilida bu masala quyidagicha qo'yilishi mumkin: Faraz qilaylik javob funksiyasi quyidagi ko'rinishda berilgan bo'lsin

$$\eta = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (2.6.1)$$

Bu yerda  $\eta$  - optimallashtiriladigan jarayon parametri  $x_i$  ( $i=1..k$ ) tajriba jarayonida qiymatlarini o'zgartirish mumkin bo'lgan o'zgaruvchilar. (2.6.1) bog'lanishda  $\eta = const$  bulsa, u “k” – o'lchovli fazoda sirtning tenglamasini beradi, shuning uchun bunday sirlarni javob (otklik) sirtlari deb aytiladi. Optimallashtirish masalasi javob funksiyasi ekstremal qiymatni kabul qiladigan o'zgaruvchilar  $x_i$  ( $i=1..k$ ) larning sohasini aniqlashdan iborat bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, optimallashtirish masalasi javob sirtining tadqiq etish masalasiga keltiriladi. Faraz qilaylik javob sirti izlanayotgan hodisalarni to'liq mexanizmi ma'lum bo'lmagan holda tasvirlanadigan bo'lsin. Bu holda javob funksiyasining analitik ifodasi noma'lum bo'lishi tabiiy bo'lib, uni ixtiyoriy ravishda biror polinom ko'rinishida ifodalashimiz mumkin. Bu polinomni odatda regressiya tenglamasi deb qabul qilinadi.

$$\eta = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_i \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{ij} \beta_{ij} X_i X_j + \dots, \quad (2.6.2)$$

bu yerda  $X_i$  ( $i=1..k$ ) - faktorlar,  $\beta_0$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$ ,  $\beta_{ij}$  regressiyaning nazariy aniqlash zarur bo'lgan koeffitsientlari. Agar ular tajriba natijalari asosida aniqlangan bo'lsa, bu koeffitsientlarni  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ii}$ ,  $b_{ij}$  belgilab, yuqoridagi (2.6.2) bog'lanishni quyidagicha yozamiz.

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} b_{ij} X_i X_j + \sum_{i < j < l} b_{ijl} X_i X_j X_l \quad (2.6.3)$$

Bu yerda  $\hat{y}$  –optimallashtirish parametrining hisobiy qiymati. Keyinchalik javob sirtidagi  $\eta$  ixtiyoriy tanlangandagi qiymatini "y" bilan belgilaymiz (2.6.3) ko'rinishdagi matematik modelni tuzish uchun tajriba o'tkazishdan oldin optimizatsiya kriteriysi va o'zgaruvchilar  $\eta$  va faktorlar  $x_i$  tanlashimiz va koeffitsientlar  $b_i$ ,  $b_{ij}$  va  $b_{ijl}$  aniqlash usulini kursatish lozim bo'ladi. Matematik modelning aniqlik darajasi faktorlarning o'zgarish diapazoni orqali belgilanadi.

***Parallel tajribaning asosiy bosqichlari va rejalashtirish tamoyillari hamda uning natijalarini qayta ishlash.***

Tajribani amalga oshirishdan oldin dastlab tadqiqot ob'ektlari – mahsulot sifati ko'rsatkichlari va ularning darajasiga ta'sir qiluvchi omillar o'rganiladi. Bu aprior bosqich amalga oshirilganidan keyin adabiyot ma'lumotlari bo'yicha va iste'molchilar va mahsulot ishlab chiqaruvchilarning omillarining to'liq ro'yhati tuzilishi lozim. Agar ularning soni ko'p bo'lsa, turli uslublar bilan ahamiyati pastlari olib tashlanadi.

Amalga oshiriladigan tajribalarning ko'plab maqsadlarini ikkita asosiy tipga ajratish mumkin: tadqiq qilinayotgan jarayon yoki hodisani omil fazosining berilgan sohasida (2.6.1) tenglama bilan adekvat ifodalash; chiqish parametrlari – mahsulot sifatini optimallashtirish.

Adekvat polinomning darajasi oldindan ma'lum bo'lmagani uchun qadamli izlash usulidan foydalaniladi, ya'ni dastlab eng sodda- chiziqli model tanlanadi. Agar bo'nday model adekvat bo'lmasa, polinom a'zolari soni oshiriladi, ya'ni uning tartibi oshiriladi. Tadqiq qilinayotgan ob'ektning adekvat modeli olingunga qadar bu ish davom ettiriladi. Avvalgi bosqichning natijasi va yakuniy maqsadning uyg'unligiga bog'liq holda navbatdagi bosqichlardagi harakatlar haqida qarorlar qabul qilinadi.

Birinchi tipdagi tadqiqot adekvat modelni topish hamda eng ahamiyatli omillarni va ularning chiqish parametriga ta'siri tavsifini aniqlash uchun tahlil qilish amalga oshiriladi. Kirish omillarining darajasini o'zgartirish imkoniyatlari chegaralangan bo'lganda bunday tadqiqotlar amalga oshiriladi. Ikkinchi tipdagi tadqiqotlar optimallashtirish parametriga (va xususan, mahsulotning sifat ko'rsatkichlariga) qo'yiladigan talablarga bog'liq holda kirish parametrlarining optimal uyg'unligini tavsiya qilishga imkon beradi.

**Tadqiqot ob'ektini dastlabki o'rganish.** Aniq materialning sifatini boshqarish bilan bog'liq masalalarni hal qilishda, birinchi navbatda nashr qilingan ma'lumotlar, tadqiq qilinayotgan material yoki xossalari bir xil bo'lgan materiallarga qo'yiladigan me'yoriy-texnik talablarni o'rganish asosida unga sifat ko'rsatkichlari ro'yhati tuziladi (2.6.1-rasm). Tayyor mahsulot xossalarining boshlang'ich xom ashyo xossalariga, mahsulot tuzilmasining parametrlari va texnologik jarayon rejimlariga bog'liqligi haqidagi adabiyotlarni o'rganish mahsulotning sifat ko'rsatkichlariga ta'sir qiluvchi eng muhim boshqaruvchi omillar ro'yhatini tuzishda imkon beradi.

Mahsulotning sifat ko'rsatkichlari unga ta'sir qiluvchi omillar ro'yxati tuzilganidan keyin ahamiyati pastlarini tashlab yuborish yo'li bilan ularning soni minimallashtiriladi. Alohida sifat ko'rsatkichlari va kirish omillarining ahamiyatini baholash uchun aksariyat holatlarda ekspert (mutaxassislar) va mahsulot iste'molchilari fikrlaridan foydalanadilar. Ekspertlarning baholashidan foydalanishda ekspertlarning tarkibi, ularning malakasi va ob'ektivligini hisobga olish lozim konkordatsiya koeffitsienti bilan aniqlanadigan ekspertlar fikrlarining muvofiqlashganligi ham muhim.

**Modelning adekvatligini** (mosligini) tekshirish. Bunday tekshirish kirish omillarining turli darajasida chiqish parametri tajribaviy qiymati  $y$  ni uning hisoblangan qiymati  $\hat{y}$  bilan solishtirishi va quyidagi formula bo'yicha ular orasidagi farqning (%) nisbiy kattaligini aniqlashdan iborat:

$$R_0 = \frac{100(y - \hat{y})}{y} \quad (2.6.4)$$

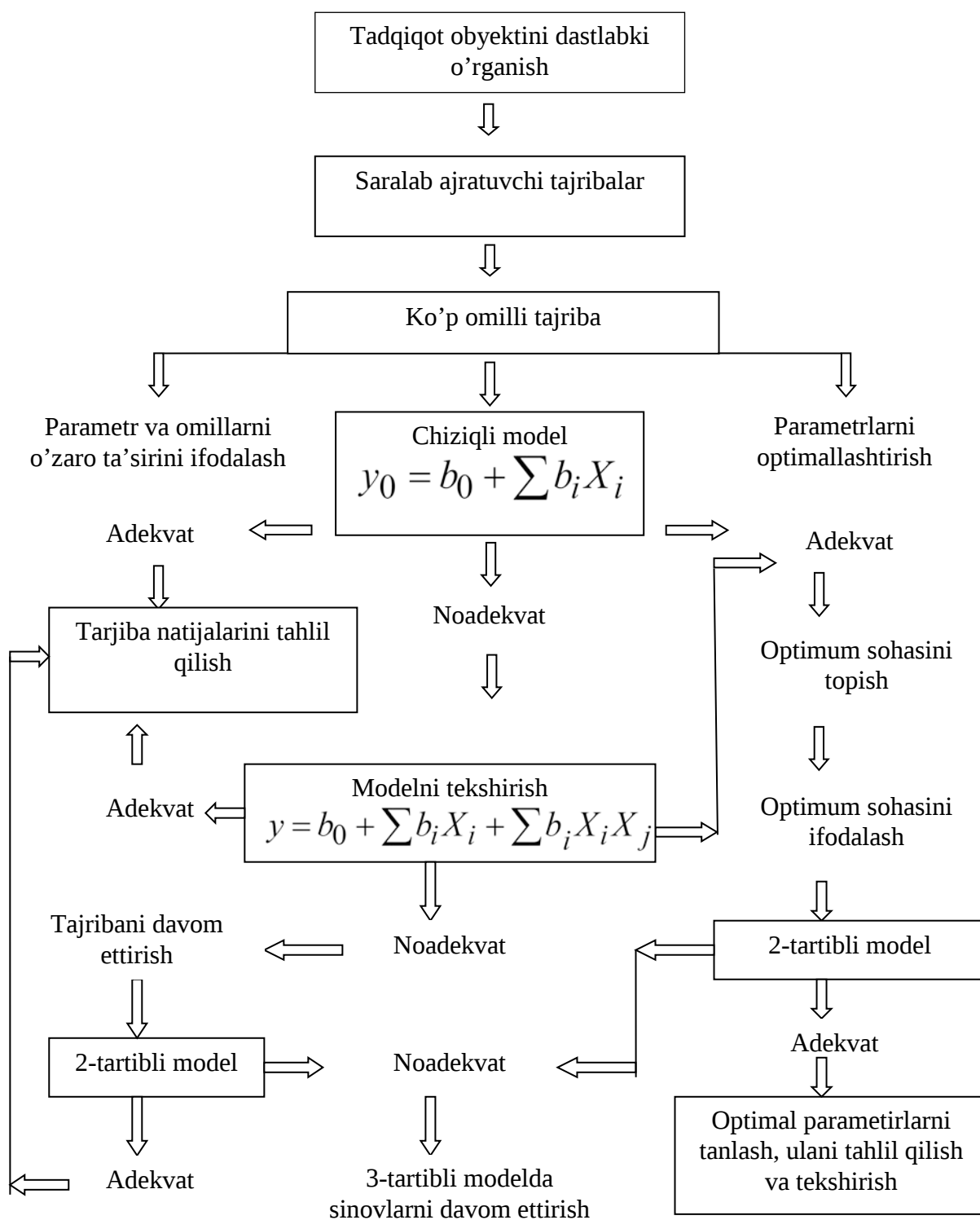
$R_0$  ning kichik qiymatlari modelning adekvatligidan dalolat beradi.

Qat'iy rasmiylashtirilgan statistik tekshiruv Fisher mezonini bo'yicha amalga oshiriladi:

$$F = \frac{S_{no}^2}{S_y^2} \quad (2.6.5)$$

bu yerda  $S_{no}$  - noadekvatlilik dispersiyasi bo'lib, hisoblangan va amaldagi ma'lumotlar farqlarining kvadrati  $(y - \hat{y})^2$  ko'payishi bilan oshib boradi;

$S_y^2$  - sinovning xatoligini tavsiflovchi dispersiya.



2.6.1-rasm. Materiallarga qo'yiladigan me'yoriy talablar tizimi.

Agar (2.6.5) formula bilan aniqlanadigan  $F$  teng qiymati ahamiyatlilik darajasi  $\beta=0,05$  bo'lganda  $F_{0,05}$  mezonining jadvalli qiymatidan yuqori bo'lmasa, model adekvat hisoblanadi. Modelning adekvatligini bunday baholashning rasmiyligi shundaki,  $F$  mezonining kichik qiymati nafaqat dispersiya  $s_{no}^2$  ning kichik qiymati tufayli olinishi mumkin (bu kirish parametrlarining hisobli  $\hat{y}$  va amaldagi  $y$  qiymatlari orasidagi farq kichikligidan va modelning haqiqatan ham adekvatligidan dalolat beradi).  $F$  ning kichik qiymati sinovda katta hatoliklarga yo'l qo'yilgan yomon tajriba tufayli  $y$  va  $\hat{y}$  orasidagi farq katta bo'lganda ham yuzaga kelishi mumkin. Bu holda modelni adekvat sifatida baholash rasmiy bo'ladi; shuning uchun bu yerda (2.6.4) formula bo'yicha hisoblanadigan  $R_0$  qiymatini mo'ljal qilish lozim.

Tenglamalardagi koeffitsientlarni ahamiyatlik darajasini (znachimost) aniqlash usuli bilan tanishib chiqamiz. Buning uchun ushbu amallarni bajarish lozim.

1. Tenglama koeffitsientlarining dispersiyasi aniqlanadi

$$S_{b0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - b_0)^2}{n}} \cdot (n - \text{kuzatishlar soni})$$

2. Koeffitsientlarnig har biri St'yudent kriteriysi asosida baholanadi

$t_i = |b_i| / S_{b0}$ ,  $t_{ij} = |b_{ij}| / S_{b0}$  Bu yerda erkinlik darajasi  $f = n - 1$ . Bu mezonning qiymatlari ilovada keltirilgan bo'lib muhimlik darajasi  $\alpha = 0.05$  bo'lgandagi qiymati bilan solishtiriladi Agar  $t_j < t_{0.05, f}$  sharti bajarilsa, (nol gipoteza o'rinli bo'ladi), u o'olda regressiyada mos koeffitsient ahamiyatsiz bo'ladi va uni tenglamada e'tiborga olinmasa bo'ladi

3. Fisher mezon (2.6.5) yordamida tenglamaning adekvatligi aniqlanadi. Regressiya tenglamasi muhimligi (ya'ni adekvatligi) o'rinli bo'lishi Fisherning

mezon  $F = \frac{s_R^2}{s^2}$  yordamida tekshirish mumkin, bu yerda  $s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{m-1}$ ,

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{x_i})^2}{n-m}$$

agar  $F > F_{0.05, k_1, k_2}$  ( $k_1 = m-1$ ,  $k_2 = n-m$  erkinlik darajalari)

bajarilsa nol gipoteza inkor etiladi, va tenglama adekvatlik shartini qanoatlantiradi. Bu yerda  $m$  - baholangan koeffitsientlar soni,  $n$  - kuzatishlar soni

4. Tajribaning barcha variantlarida dispersiyalarning bir jinsliligini (bir turdaligini) ushbu statistika  $G = \frac{S_u^2(\max)}{\sum_{u=1}^n S_u^2}$  Koxren mezoni  $G_{0.05;k_1;k_2}$  bilan

tekshirish ( $k_1 = n$ ,  $k_2 = m - 1$ ),  $m$  - Xar bitta variant uchun sinovlar soni

$S_u^2 = \frac{\sum_{p=1}^n (\bar{y}_{up} - \bar{y}_u)^2}{m - 1}$ ,  $G < G_{0.05;k_1;k_2}$  sharti bajarilsa dispersiyaning bir jinsililigi

(nol gipoteza) inkor etilmaydi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Tadqiqot o'tkazishda tajribaning ahamiyati va unga qo'yiladigan talablar
2. Optimallashtirish kriteriysi va uning parametrlariga qo'yiladigan talablar
3. Mustaqil (erkin) o'zgaruvchilar, tashqi omillar va ularga qo'yiladigan talablar. Ichki o'zgaruvchilar, ta'rifi va ularining xossasi
4. Javob funksiyasi va uning mohiyati, optimallashtirishdagi o'rni. analitik usuldagi ifodasi
5. Parallel tajriba tushunchasi, uni amalga oshirish jarayoni rejasi, natijalarni qayta ishlash tamoyillari
6. Tadqiqot ob'ektini dastlabki o'rganish tamoyili va sxemasi
7. Modelning adekvatligini hamda qat'iy rasmiylashtirishni Fisher kriteriysi negizida tekshirish.
8. Regressiya tenglamalari koeffitsientlarini baholashdagi statistika va St'yudent kriteriysi.
9. Regressiya tenglamasi muhimligi (ya'ni adekvatligi) o'rinli bo'lishini Fisherning mezoni yordamida tekshirish.
10. Tajribaning barcha variantlarida dispersiyalarning bir jinsliligini (bir turdaligini) statistikasi va Koxren mezoni bilan tekshirish.

## 2.7. Ikkinchi tartibli ikki regression modellarini tuzish va uning adekvatligini aniqlash usullari.

Tajriba o'tkazish rejasini amalga oshirish va tajriba natijalarini qaytadan ishlashni o'ng'ay holda olib borish uchun faktorlar M.S.Vinarskiy usuliga ko'ra kod shakliga keltiriladi va ularni keyinchalik o'lchovsiz  $x_1, x_2, x_3 \dots x_k$  o'zgaruvchilar orqali yozib boriladi. Bu o'zgaruvchilar bilan fizik kattalik  $X_i$  ( tabiatl son) orasida

quyidagi bog'lanish o'rinli bo'ladi  $x_i = \frac{2X_i - X_{iyu} - X_{in}}{X_{iyu} - X_{in}} = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta i}$

$\Delta i$  – fizik kattalikning variatsiya intervali:  $\Delta i = \frac{X_{iyu} - X_{in}}{2}$

$X_{i0}$  –Nol darajadagi kattalikning tabiatl qiymati  $X_{i0} = \frac{X_{iyu} + X_{in}}{2}$ ,

$X_{yu}$  va  $X_n$ – yuqori va past o'lchovdagi faktorlarning tabiatl qiymatlari

Faktorlarni kod shakliga keltirish koordinat boshini tajribaning markaziy nuqtasiga keltirish va masshtabni o'zgartirishdan iborat bo'ladi. Kod shakliga keltirigan kattaliklar o'lchovsiz birliklar bo'lib ular tajriba davomida -1, 0, +1 qiymatlarni qabul qiladi. Bu qiymatlarga faktorlarning darajasi (satxi) deb aytiladi. Tajriba boshlanishida faktorlar ro'yxati, ularning darajalari v kodlari jadval ko'rinishda berilishi lozim. Chiqish parametrining optimumi sohasida joylashuvi tajribaning nol darajasini tanlashning optimal holati hisoblanadi. Tajribani rejalashtirish maxsus matritsa yordami ifodalanadi va bu matritsani tajribani rejalashtirish matritsasi deb aytiladi shu tartibda o'tkaziladigan tajribani to'liq omilli tajriba (TOT-2<sup>2</sup>) deb ataymiz. Tajribalar soni eng kamida  $m = 2^2 = 4$  bo'lishi kerak.

**2.7.1-Misol.** Xom ashyoni quritish rejasini amalga oshirish uchun ikki omil harorat va xom ashyoni quritgichda bo'lish vaqti tanlanlansin va shu reja bilan quyidagi tajriba (shartli) amalga oshiramiz. Har bir variantda ikkita sinov o'tkazilgan. Birinchi tajribada (variantda) sinov natijalari – 8%,10%, ikkinchi tajribada (variantda)-12%,14%, uchinchi variantda –10, 12% va to'rtinchi tajribada (variantda) -15%,16% namlik olinganligi ma'lum. 1) Xom ashyoni quritish jarayonini regressiya

tenglamasi tuzilsin; 2) Tenglamaning adekvatdigi tekshirilsin. 3) Tenglama koeffitsientlariga baho berilsin; 4) Barcha variantlarda dispersiyaning bir jinsli bo'lishi tekshirilsin.

**Echish.** 2.7.1-jadvalda rejaning tabiiy berilishi, 2.14.2-jadvalda tajribalar turi (setkasi) va 2.7.3- jadvalda rejalashtirish matritsasi keltirilgan.

2.7.1-Jadval

| Omillar                                       | $X_{\min}$ | $X_{\max}$ | $\Delta$ | $X_0$ |
|-----------------------------------------------|------------|------------|----------|-------|
| Quritish harorati ( $^{\circ}C$ )             | 80         | 120        | 20       | 100   |
| Xom ashyoning quritgichda bo'lish vaqti (min) | 5          | 11         | 3        | 8     |
| $x_1, x_2$ va $x_3$                           | -1         | +1         |          | 0     |

2.7.2-Jadval

| Variant raqami | 1  | 2   | 3  | 4   |
|----------------|----|-----|----|-----|
| $X_1$          | 80 | 120 | 80 | 120 |
| $X_2$          | 5  |     | 11 |     |

2.7.3-Jadval

| Variant raqami | Omillik darajasi |       | $\bar{y}_{u1} \%$ | $\bar{y}_{u2} \%$ | $\bar{y}_u \%$ | $S_u^2$ | $\bar{y}_u \%$ | $R_{0u} \%$ | $y_u \%$ |
|----------------|------------------|-------|-------------------|-------------------|----------------|---------|----------------|-------------|----------|
|                | $x_1$            | $x_2$ |                   |                   |                |         |                |             |          |
| 1              | -                | -     | 6.6               | 8                 | 7.3            | 0.98    | 7.05           | 2.05        | 7.15     |
| 2              | +                | -     | 7                 | 8.2               | 7.6            | 0.72    | 7.55           | 0.66        | 7.65     |
| 3              | -                | +     | 6.8               | 7.8               | 7.3            | 1       | 7.25           | 2.05        | 7.15     |
| 4              | +                | +     | 7.6               | 8.4               | 8.0            | 0.32    | 7.75           | 1.87        | 7.85     |
|                |                  |       |                   |                   | 29.6           | 3.02    |                |             |          |

Jadvaldagi  $S_u^2$ ,  $\bar{y} \%$ ,  $R_0 \%$ ,  $y \%$  parametrlarga izoh berib ularini aniqlash usullarini beramiz.  $S_u^2$ -soni  $m$  bir xil bo'lgan parallel sinovlarning amalga oshirilishini tekshirish (ularining bir turliligini isbotlash) uchun har bir variant bo'yicha  $m$  sinov natijalarini yoyishni tavsiflovchi dispersiya bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$S_u^2 = \frac{\sum_{p=1}^m (\bar{y}_{up} - \bar{y}_u)^2}{m-1}, \quad (2.7.1)$$

bu yerda  $u$  –variantning tartib raqami;  $p = 1, 2, \dots, m$  –sinovning tartib

raqami;– har bir variantdagi sinovlar soni,  $\bar{y}_u = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m \bar{y}_{up}$  - har bir variant

bo'yicha o'rtacha sinovlar soni. Bizning holda  $m = 2$  Shuning uchun

$$\bar{y}_u = \left( \sum_{p=1}^m \bar{y}_{up} \right) / m = (y_{u1} + y_{u2}) / 2$$

$$S_u^2 = (\bar{y}_{u1} - \bar{y}_u)^2 + (\bar{y}_{u2} - \bar{y}_u)^2 = [y_{u1} - (y_{u1} + y_{u2}) / 2]^2 + [y_{u2} - (y_{u1} + y_{u2}) / 2]^2 = (y_{u1} - y_{u2})^2 / 2$$

$$S_1^2 = 0.98, S_2^2 = 0.72, S_1^2 = 1, S_1^2 = 0.32$$

Tajribaning barcha variantlarida dispersiyalarning bir jinsliligini (bir turdaligini) tekshirish uchun quyidagi formula bo'yicha Koxren mezoni hisoblanadi.

Agar

$$G < G_{\alpha; k_1; k_2} \quad (2.7.2)$$

Bu yerda ahamiyatlik darajasi,  $k_1, k_2$  - erkinlik darajalari

Tengsizlikka amal qilinsa, dispersiyalarning bir jinsliligi inkor qilinadi va qayta ishlanish dispersiyasi barcha yo'nalishlar bo'yicha o'rtacha sifatida hisoblanadi. Bizning holda

$$G = \frac{S_u^2(\max)}{\sum_{u=1}^N S_u^2} = \frac{1}{0.98 + 0.72 + 1 + 0.32} = 0.33$$

$G_{0.05; k_1; k_2}$  bizning holda  $k_1 = N = 4$ ,  $k_2 = m - 1 = 1$  ahamiyatlik darajasi

$\alpha = 0.05$  bo'lganda 2.7.4 -jadvaldan aniqlanadi.

2.7.4-jadval

| $k_1$ | $k_2$ soni qo'yidagicha bo'lganda $G_{0.05; k_1; k_2}$ ning qiymatlari |      |      |      |      |      |      |      |          |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|       | 1                                                                      | 2    | 3    | 4    | 9    | 16   | 36   | 144  | $\infty$ |
| 2     | 1.00                                                                   | 0.98 | 0.94 | 0.91 | 0.80 | 0.73 | 0.66 | 0.58 | 0.50     |
| 4     | 0.91                                                                   | 0.77 | 0.68 | 0.63 | 0.50 | 0.44 | 0.37 | 0.31 | 0.25     |
| 8     | 0.68                                                                   | 0.52 | 0.44 | 0.39 | 0.29 | 0.25 | 0.20 | 0.16 | 0.12     |
| 10    | 0.60                                                                   | 0.44 | 0.37 | 0.33 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.14 | 0.11     |
| 12    | 0.54                                                                   | 0.39 | 0.33 | 0.29 | 0.21 | 0.17 | 0.14 | 0.11 | 0.08     |
| 15    | 0.47                                                                   | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.17 | 0.14 | 0.11 | 0.09 | 0.07     |
| 20    | 0.39                                                                   | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.14 | 0.11 | 0.09 | 0.07 | 0.05     |
| 30    | 0.29                                                                   | 0.20 | 0.16 | 0.14 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.03     |
| 40    | 0.24                                                                   | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.02     |
| 120   | 0.10                                                                   | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01     |

2.7.4-jadvaldan foydalanib  $G_{0.05;4;1} = 0.91$  aniqlaymiz.  $G < G_{0.05;4;1}$  bo'lgani uchun dispersiylarning bir jinsliliigi haqidagi gipoteza inkor qilinmaydi va keyinchalik  $S_u^2$  ning o'rtachalashtirilgan kattaligini modelning adekvatligini baholash uchun qo'llash mumkin.

Agar (2.7.2) tengsizlik kuzatilmasa,  $S_u^2$  bir jinsli bo'lmagan dispersiyalarni o'rtachalashtirish mumkin emas, bunda maksimal dispersiyali variantlarda o'lchovlarni aniqlashtirish chora-tadbirlarini ko'rish yoki har bir variantda sinovlar soni  $m$  ni oshirish lozim. agar bu ham natija bermasa, chiqish parametrini o'lchashning aniqroq uslubini topish lozim. Endi regressiya koeffitsientlarini aniqlaymiz.

$$b_0 = \frac{1}{4} \sum_{u=1}^4 \bar{y}_u = 29.6 / 4 = 7.4,$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_{1u} \bar{y}_u = \frac{1}{4} (-y_1 + y_2 - y_3 + y_4) = 0.25$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_{2u} \bar{y}_u = \frac{1}{4} (-y_1 - y_2 + y_3 + y_4) = 0.1,$$

$$b_{12} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_{1u} x_{2u} \bar{y}_u = \frac{1}{4} (y_1 - y_2 - y_3 + y_4) = 0.1$$

Shunday qilib qurilayotgan misolda 2-tartibli noto'liq polinomdan foydalanish mumkin.

$$y = 7.4 + 0.25x_1 + 0.1x_2 + 0.1x_1x_2 \quad (2.7.3)$$

Agar chiziqli bog'lanish bilan chegaralansak

$$\tilde{y} = 7.4 + 0.25x_1 + 0.1x_2. \quad (2.7.4)$$

Bu funksiyalarning qiymatlari va adekvatlik bahosi  $R_{0u} = (y_u - \tilde{y}_u)100 / y_u$  2.7.3-jadvalda keltirilgan.

Chiziqli modelning adekvatligini tekshirish uchun Fisher mezoni bo'yicha noadekvatlilik dispersiyasini yoki qoldikli dispersiyani quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz:

$$S_{Ha}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (\tilde{y}_u - \bar{y}_u)^2}{N - k - 1} \quad (2.7.5)$$

bu yerda  $\tilde{y}_u$  -  $u$ -variantda (2.7.3) formula yordamida hisoblangan qiymat;  $\bar{y}_u$  -  $u$ -variantda ko'rsatkichning amaldagi qiymati;  $N$  - variantlar soni;  $k$  - kirish omillari soni. Fisher mezonining o'zi

$$F = \frac{S_{Ha}^2}{S_y^2}, \quad (2.7.6)$$

bu yerda  $S_y^2$  - formula bo'yicha topilgan qayta ishlanish yoki qoldiq dispersiyasi orqali aniqlanadi.

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2 = \frac{1}{N(m-1)} \sum_{u=1}^N \sum_{p=1}^m (\bar{y}_{up} - \bar{y}_u)^2$$

Kurilayotgan misol uchun

$$S_{Ha}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (\tilde{y}_u - \bar{y}_u)^2}{N - k - 1} = \frac{(7.3 - 7.05)^2 + (7.6 - 7.55)^2 + (7.3 - 7.25)^2 + (8 - 7.75)^2}{4 - 2 - 1} = 0.13$$

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2 = \frac{3.02}{4} = 0.755. \quad F = S_{Ha}^2 / S_y^2 = 0.13 / 0.755 = 0.172;$$

Fisher mezoni uchun  $F_{0.05; k_1; k_2}$  parametrlar  $k_1 = N - k - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$

$k_2 = N(m - 1) = 4$  uchun hisoblansa  $F_{0.05; k_1; k_2} = 7.71$ .  $F < F_{0.05; k_1; k_2}$  tengsizlik bajarilgani uchun chiziqli bog'lanish gipotezasi inkor etilmaydi. Shunday kilib 0.95 kafolat bilan noxiziq regressiya tenglamasi (2.7.3) o'rniga chiziqli regressiya tenglamasi (2.7.4) dan foydalanish mumkin. Endi regressiya tenglamalaridagi koeffitsientlarni baholaymiz.

Polinom regressiya koeffitsientlarining ahamiyatini baholash uchun St'yudent mezonidan foydalaniladi, dastlab formula bo'yicha barcha regressiya koeffitsientlari uchun bir hil ishonarli interval  $\Delta b$  aniqlanadi:

$$\Delta b = t_{0.05;k} \frac{S_y}{\sqrt{N}} \quad (2.7.7)$$

bu yerda  $t_{0.05;k}$  St'yudent mezon, u  $k$  erkinlik darajasiga bog'liq.

2.7.5-jadval

| $k$        | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 8    | 10   | 20   | 30   | 50   | 100  | $\infty$ |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| $T_{0.05}$ | 12.71 | 4.30 | 3.18 | 2.78 | 2.57 | 2.31 | 2.23 | 2.09 | 2.04 | 2.01 | 1.98 | 1.95     |

$S_y = \sqrt{S_y^2}$  - formula bo'yicha aniqlanadigan o'rtacha kvadratik farqlanish;

$k = N(m-1)$ ,  $N$  variantlar uchun va  $m$  sinovlar soni uchun erkinlik darajalari soni (bitta sinovda  $m$  o'lchovlar soni).

Modul bo'yicha ishonarli intervalardan oshib ketgan regressiya koeffitsientlari ahamiyatli hisoblanadi:

$$|b_0| \geq \Delta b, |b_i| \geq \Delta b, |b_{ij}| \geq \Delta b \quad (2.7.8)$$

Ko'rib chiqilayotgan misol uchun  $N = 4$ ,  $m = 2$   $m=2$  bu holda  $f = 4(2-1) = 4$ ,  $t_{0.05;4} = 2.78 = 2.78$

$$\Delta b = 2.78 \sqrt{\frac{0.755}{4}} = 1.21, \quad b_0 = 7.4 > 1.21, \quad b_1 = 0.25 < 1.21, \quad b_2 = 0.1 < 1.21,$$

$b_{12} = 0.1 > 1.21$  Shunga muvofiq, (2.7.3) tenglamada faqat ozod had ahamiyatli bo'lib, qolganlari esa inkor etiladi, bu esa izlanayotgan matematik model nochiziq emasligini tasdiqlaydi. Endi regressiya tenglamasini tahliliga va omilli tajriba natijalarini tahliliga o'tamiz. Umumiy holda (2.7.3) tenglama bilan ifodalanadigan yuza giperbolik paraboloid deb nomlanadi. Koordinata o'qlari bo'yicha  $x_1$  va  $x_2$  omillarning qiymatini qo'ygan holda ikki omilli modelni grafik ko'rinishda tasvirlash qulay. Keyin ketma-ket ravishda bir necha chiqish parametri doimiy darajalari  $y = \text{const}$  beriladi va har bir holatda  $x_1$  va  $x_2$  ning qanday uyg'unliklarida bu tenglikning kuzatilishi aniqlanadi. Natijada bir necha bir xil  $\hat{y}$  darajalar uchun chiziqli oilasi olinadi.

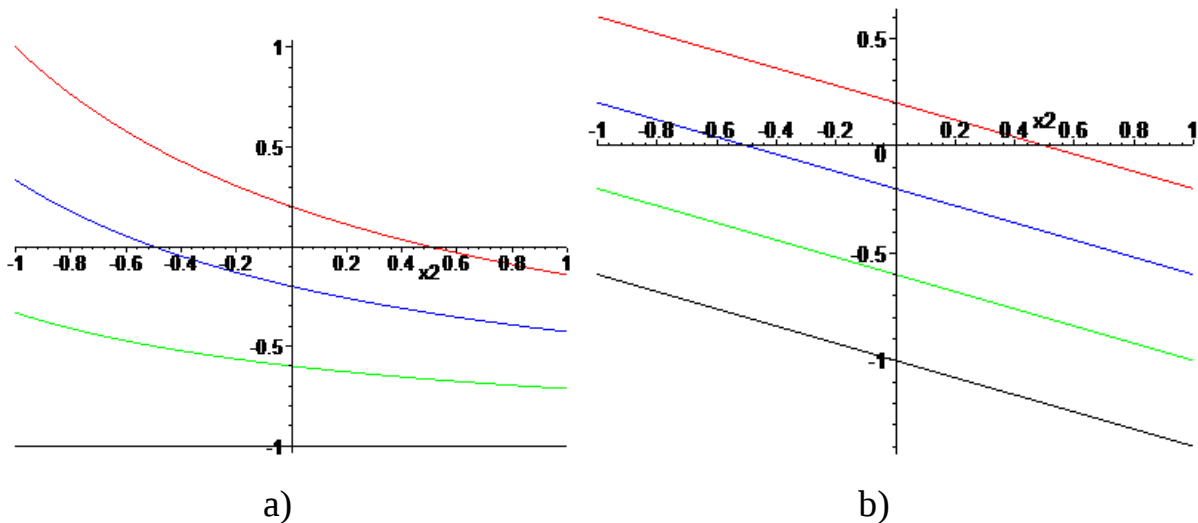
Misol uchun  $x_1$  ga nisbatan (2.7.3) tenglamani echamiz. Quyidagiga ega bo'lamiz:

$$x_1 = \frac{y - 7.4 - 0.1x_2}{0.25 + 0.1x_2} \quad (2.7.9)$$

2.7.1- rasmda  $y$  ning har xil qiymatlarida  $x_1$  ning  $x_2$  ga noxiziq (a) va chiziqli (b) bog'lanish grafiklari keltirilgan. Grafiklar tahlilidan ikkala model  $y$  ning  $7.25 < y < 7.4$  oraliqdagi qiymatlarida bir xil bo'lishi kuzatiladi.

Endi  $x_1$  va  $x_2$  ning ifodalarini qo'yib, chiqish parametrining harorat  $X_1$  va xom ashyoning bo'lish vaqti  $X_2$  lar orasidagi bog'lanishini olamiz

$$y = 7.4 + 0.3X_1 / (X_{1yu} - X_{1n}) + 0.4 X_2 X_1 / (X_{1yu} - X_{1n}) (X_{2yu} - X_{2n})$$



2.7.1-rasm. Regression chiziqning chiqish parametri  $y$  (foizda) ning har xil qiymatlaridagi grafiklari:

$$1 - y = 7.15, \quad 2 - y = 7.25, \quad 3 - y = 7.35, \quad 4 - y = 7.45$$

### Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar

1. Tajriba o'tkazishda matematik rejasini tuzishning asoslari va tamoyili
2. Tashqi omillarini tanlash tamoyili va ularning tajriba o'tkazish soniga ta'siri. Omillarning tanlash, darajasini belgilash.
3. Omillarin kodlash tartibi, kodlar orqali tashqi omillarini aniqlash
4. Tajriba o'tkazish reja matritsasi uning elementlarini joylashtirish
5. Ikkinchi tartibli va ikki omilli matematik rejalashtirishni quritish jarayoni tajribasiga qo'llash.

6.Omillarni tabiiy jadvalda ifodalash va ulardan jadval turi va matritsasini tuzish.

7.Har bir variant bo'yicha  $m$  ta sinov natijalarini yoyishni tavsiflovchi dispersiyani aniqlash.

8.Tajribaning barcha variantlarida dispersiyalarning bir jinsliligini (bir turdaligini) tekshirish uchun Koxren mezonidan foydalanish.

9.Chiziqli modelning adekvatligini tekshirish uchun Fisher mezoni bo'yicha noadekvatlik dispersiyasidan foydalanish.

10.Noto'liq regressiya tenglamasi koeffitsientlari statistikasini tuzish va ularni adekvatligini tekshirish.

## **2.8. Ikki karrali ko'p omilli tajribalar statistikasi.**

### **Kompozitsion markaziy ortogonal reja uning amaliy qo'llanilishi**

Har qanday tajribaning asosiy maqsadi dastlab chiqish parametrining kirish omillariga bog'liqligining interpolatsion bog'liqligini topishdan iborat bo'lib, chiziqli modelning yoki 2-tartibli noto'liq polinomli modelning adekvatligini tadqiqot qilish bilan tugallanadi. Biroq olingan natijalari negizida optimallashtirish masalani qo'yilsa bu tadkikotlar yetarli bo'lmaydi, chunki yukorida belgilanagandek, bu masala ancha murakkab bo'lib tadriba rejasiga qo'shimcha talablar qo'yishni taqoza etadi. Shu munosabat bilan navbatdagi ma'ruzada asosiy e'tiborni javob funksiyasini (otklik) geometrik ifodalaydigan yuzaning ayrim xossalari va uning polinomlar bilan bog'liqlik tomonlarini ko'rib chiqamiz.

Muammo shundan iboratki, ekstremum yaqinida otliqning yuzasi sezilarli egrilikka ega bo'lishi mumkin, shuning uchun nafaqat chiziqli model bilan, balki xatto juda tor sohada ham 2-tartibli noto'liq polinom bilan ham adekvat ifodalab bo'lmaydi. Bu aytilganlardan kelib chiqadiki, optimum sohasini ifodalash uchun odatda tartibi yuqoriroq bo'lgan polinomlardan foydalaniladi, ko'pincha har bir omilning uch yoki besh darajasida amalga oshiriladigan 2-tartibli polinomlar. Kompozitsion ortogonal yoki rotatable' rejalar ham qulay. Ular yulduzli nuqtalar bilan to'ldiriladigan TOT variantlaridan (nuqtalaridan) tashkil topadi, yulduzli nuqtalar reja markazidan  $d$  masofada joylashgan. Reja markazidagi nolli kodlangan

darajalar variantlari ham ularga tegishli.  $d$  masofa shunday tanlanishi mumkinki, bunda reja ortogonal bo'lib qoladi, ya'ni mustaqil o'zgaruvchilar matritsasida barcha vektorli ustunlarning skalyar hosilalari nolga teng bo'ladi.  $d$  ning shunday qiymatini ham tanlash mumkinki, bu holda  $u$  qiymati dispersiyalari reja markazidan turli masofada bir xil bo'ladi.

**Kompozitsion markaziy ortogonal reja (KMOR)** bo'yicha tajribani o'tkazish. Reja-matritsa tuzish uchun 2.8.1-jadvaldagi ma'lumotlardan foydalaniladi.

2.8.1-jadval

| Omillar soni |                    | Variant soni (nuqtalar) |    |    |       | $D$  | $\varphi$ |
|--------------|--------------------|-------------------------|----|----|-------|------|-----------|
|              |                    | umumiy                  |    |    | nolli |      |           |
| 1            | TOT-2 <sup>2</sup> | 9                       | 4  | 4  | 1     | 1.00 | 0.67      |
| 2            | TOT-2 <sup>3</sup> | 15                      | 8  | 6  | 1     | 1.22 | 0.73      |
| 3            | TOT-2 <sup>4</sup> | 25                      | 16 | 8  | 1     | 1.41 | 0.80      |
| 4            | TOT-2 <sup>5</sup> | 27                      | 16 | 10 | 1     | 1.55 | 0.77      |

Reja-matritsa bo'yicha qurilgan ortogonal rejalar 2.8.2-jadvalda keltirilgan.

Ishchi matritsa odatda barcha variantlar uchun  $k$  ustunlar  $z_{iu}$  qiymatlar bilan to'ldiriladi ( $u=1, 2, \dots, N$ ) va quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$z_{iu} = x_{iu}^2 - \varphi \quad (2.8.1)$$

Ular regressiya koeffitsientlarini qo'shimcha hisoblashda foydalaniladi. Bundan tashqari, ba'zida hisoblashni qulay qilish uchun bir qator yordamchi ustunlar qo'shiladi.

Regressiya koeffitsientlarini hisoblash uchun ishchi matritsaga chiqish parametrni va uning dispersiyasining o'rtacha qiymatlari yoziladi.

D.F.Simonenkoning kulirli ichki kiyim trikotajining emirilishga  $\bar{y}_u$  chidamliligining trikotajning kiyilishda emirilishini imitatsiya qiluvchi yumshoq abrazivli qurilmada emirilish sikli soni  $X_1$  va yuvishlar soni  $X_2$  ga bog'liqligini aniqlash bo'yicha ikki omilli tajribasi misolida ortogonal rejadan foydalanishni ko'rib chiqamiz.  $y_u$  ning qiymati har bir variantda to'qqiz marta o'lchangan ( $m=9$ ).

2.8.2-jadval

| Variant<br>raqami | $k = 2$ |       | $k = 3$ |       |       | $k = 4$ |       |       |       |
|-------------------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
|                   | $x_1$   | $x_2$ | $x_1$   | $x_2$ | $x_3$ | $x_1$   | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ |
| 1                 | -       | -     | -       | -     | -     | -       | -     | -     | -     |
| 2                 | +       | -     | +       | -     | -     | +       | -     | -     | -     |
| 3                 | -       | +     | -       | +     | -     | -       | +     | -     | -     |
| 4                 | +       | +     | +       | +     | -     | +       | +     | -     | -     |
| 5                 | -       | 0     | -       | -     | +     | -       | -     | +     | -     |
| 6                 | +       | 0     | +       | -     | +     | +       | -     | +     | -     |
| 7                 | 0       | -     | -       | +     | +     | -       | +     | +     | -     |
| 8                 | 0       | +     | +       | +     | +     | +       | +     | +     | -     |
| 9                 | 0       | 0     | -1.22   | 0     | 0     | -       | -     | -     | +     |
| 10                |         |       | +1.22   | 0     | 0     | +       | -     | -     | +     |
| 11                |         |       | 0       | -1.22 | 0     | -       | +     | -     | +     |
| 12                |         |       | 0       | +1.22 | 0     | +       | +     | -     | +     |
| 13                |         |       | 0       | 0     | -1.22 | -       | -     | +     | +     |
| 14                |         |       | 0       | 0     | +1.22 | +       | -     | +     | +     |
| 15                |         |       | 0       | 0     | 0     | -       | +     | +     | +     |
| 16                |         |       |         |       |       | +       | +     | +     | +     |
| 17                |         |       |         |       |       | -1.41   | 0     | 0     | 0     |
| 18                |         |       |         |       |       | +1.41   | 0     | 0     | 0     |
| 19                |         |       |         |       |       |         | -1.41 | 0     | 0     |
| 20                |         |       |         |       |       |         | +1.41 | 0     | 0     |
| 21                |         |       |         |       |       |         |       | -1.41 | 0     |
| 22                |         |       |         |       |       |         |       | +1.41 | 0     |
| 23                |         |       |         |       |       |         |       | 0     | -1.41 |
| 24                |         |       |         |       |       |         |       | 0     | +1.41 |
| 25                |         |       |         |       |       |         |       | 0     | 0     |

Kirish omillari  $X_1$  va  $X_2$  ning rejalashtirilgan darajalari va variatsiya qilish intervallari  $\Delta_1$  va  $\Delta_2$  2.16.3-jadvalda keltirilgan.

2.8.3-jadval

| Kirish omillari            | Omillar |      |      | Variatsiya qilish<br>intervali $\Delta_i$ |
|----------------------------|---------|------|------|-------------------------------------------|
|                            | -1      | 0    | +1   |                                           |
| Emirilish sikli soni $X_1$ | 0       | 1000 | 2000 | 1000                                      |
| Yuvishlar soni $X_2$       | 0       | 10   | 20   | 10                                        |

2.8.4-jadval

| Variant<br>raqami | $x_1$ | $x_2$ | $z_1$ | $z_2$ | $\bar{y}_i$ | $S_u^2$ | $z_1\bar{y}_i$ | $z_2\bar{y}_i$ | $y_i$ | $R_0\%$ | $(y_i - \bar{y}_i)^2$ |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|---------|----------------|----------------|-------|---------|-----------------------|
| 1.                | -     | -     | 0.33  | 0.33  | 4330        | 78400   | 1443           | 1443           | 4169  | -3.7    | 25.921                |
| 2.                | +     | -     | 0.33  | 0.33  | 2330        | 78400   | 777            | 777            | 2379  | +2.1    | 2401                  |
| 3.                | -     | +     | 0.33  | 0.33  | 2250        | 23750   | 750            | 750            | 2191  | -2.6    | 3481                  |
| 4.                | +     | +     | 0.33  | 0.33  | 1300        | 58330   | 433            | 433            | 1149  | +11.4   | 22201                 |
| 5.                | -     | 0     | 0.33  | -0.67 | 2850        | 42450   | 950            | -1900          | 3058  | +7.3    | 43264                 |
| 6.                | +     | 0     | 0.33  | -0.67 | 2000        | 60100   | 667            | -1330          | 1792  | +10.4   | 43261                 |
| 7.                | 0     | -     | -0.67 | 0.33  | 3330        | 78400   | -2220          | 1110           | 3434  | +3.1    | 10816                 |
| 8.                | 0     | +     | -0.67 | 0.33  | 2080        | 11070   | -1387          | 693            | 1980  | -4.8    | 10000                 |
| 9.                | 0     | 0     | -0.67 | -0.67 | 2600        | 24650   | -1733          | -1733          | 2585  | -0.6    | 225                   |
|                   |       |       |       |       | 23070       | 452550  | -320           | +243           |       |         | 161573                |

2.8.1 va 2.8.2-jadval bo'yicha tuzilgan rejali va ishchi matritsalar 2.8.4-jadvalda birlashtirilgan. Unda  $z_{iu}$  ning qiymati formula (2.8.1) bo'yicha hisoblangan:

$$b_i = a_1 \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u \quad (2.8.2)$$

$$b_{ij} = a_2 \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u \quad (2.8.3)$$

$$b_{ii} = a_3 \sum_{u=1}^N z_{iu} \bar{y}_u \quad (2.8.4)$$

$$b_0 = a_4 \sum_{u=1}^N \bar{y}_u - a_5 \sum_{i=1}^k b_{ii} \quad (2.8.5)$$

bu yerda  $u$  – variantlarning tartib raqami;  $i$  – omillarning tartib raqami;

$a_1, a_2, a_3, a_4$  va  $a_5$  koeffitsientlarning qiymatlari 2.8.5-jadvaldan olinadi (uning oxirgi satrida qiymatlar umumiy ko'rinishda keltirilgan).

| $k$ | yadro              | $a_1$                      | $a_2$                               | $a_3$                      | $a_4$  | $a_5$                          |
|-----|--------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------|--------------------------------|
| 2   | TOT-2 <sup>2</sup> | 0.167                      | 0.250                               | 0.500                      | 0.111  | 0.670                          |
| 3   | TOT-2 <sup>3</sup> | 0.091                      | 0.125                               | 0.230                      | 0.067  | 0.730                          |
| 4   | TOT-2 <sup>4</sup> | 0.050                      | 0.0625                              | 0.125                      | 0.040  | 0.800                          |
|     |                    | $1: \sum_{u=1}^N x_{iu}^2$ | $1: \sum_{u=1}^N (x_{iu} x_{ju})^2$ | $1: \sum_{u=1}^N z_{iu}^2$ | $1: N$ | $\varphi$<br>(2.8.1-jadvaldan) |

2.8.4-jadval ma'lumotlari uchun regressiya koefitsientlarining qiymatlari quyidagicha bo'ladi:

$$b_1 = 0.167 \times (-4330 + 2330 - 2250 + 1300 - 2850 + 2000) = -633$$

$$b_2 = -727$$

$$b_{12} = 0.250 \times (4330 - 2330 - 2250 + 1300) = 262$$

$$b_{11} = 0.5 \times (1443 + 777 + 750 + 433 + 950 + 667 - 2200 - 1387 - 1733) = -160$$

$$b_{22} = 0.5 \times (243) = 122 \quad b_0 = 0.111 \times 23070 - 0.67(-160 + 122) = 2585$$

Keyin Korxen mezoni bo'yicha dispersiyaning bir jinsliligini tekshiramiz:

$$G = \frac{S_u^2(\max)}{\sum_{u=1}^N S_u^2} = \frac{78400}{452550} = 0.173$$

Emirilishga (yedirilishga) o'rtacha chidamlilik  $\bar{y}_u$   $m=9$  o'lchovlardan aniqlanadi. 2.7-mavzudagi 2.7.4-jadvalga muvofiq,  $k_1 = N = 9$  va  $k_2 = m - 1 = 9 - 1 = 8$  da  $G_{0.05;9;8} = 0.3$ .  $G = 0.17 < 0.33$  bo'lgani tufayli dispersiyalarni bir jinsli deb hisoblash mumkim. Endi birlamchi o'lchovlarning o'rtacha (qoldiq) dispersiyasini hisoblaymiz:

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^9 S_u^2 = \frac{452550}{9} = 50283$$

Regressiya koefitsientlarining ahamiyatliligini tekshirish uchun ularning dispersiyalari hisoblanadi:

$$S^2(b_i) = a_i S_y^2 \quad (2.8.6)$$

$$S^2(b_{ij}) = a_{ij} S_y^2 \quad (2.8.7)$$

$$S^2(b_{ii}) = a_3 S_y^2 \quad (2.8.8)$$

$$S^2(b_0) = a_4 S_y^2 \quad (2.8.9)$$

bu yerda  $S_y^2 = \frac{1}{m} S_y^2$  – o'rtacha qiymatlar dispersiyasi;  $S_y^2$  –  $u$  ning o'lchanayotgan birlamchi qiymatlarining o'rtacha dispersiyasi;  $m$  – bitta sinovdagi o'lchovlar soni (yoki sinovlar soni);

$a_1, a_2, a_3, a_4$  va  $a_5$  – 2.8.5-jadval bo'yicha aniqlanadigan koeffitsientlar.

Barcha regressiya koeffitsientlari  $b_i$  ( $b_i, b_{ij}, b_{ii}$  va  $b_0$ ) ning ishonchli intervallari  $\Delta b_i$  bir tipli formula bo'yicha topiladi:

$$\Delta b_t = t_{0.05} \{ f_u \} \sqrt{S^2(b_t)} \quad (2.8.10)$$

bu yerda  $t$ -erkinlik darajasi soni  $k = N(m-1)$  uchun belgilangan qiymatlar;  $S^2(b_i)$  - formula (2.14.6)-(2.8.9) formulalar bo'yicha hisoblanadigan regressiya koeffitsientlari dispersiyalari.

$|b_i| < \Delta b_i$  regressiya koeffitsientlari ahamiyatsiz hisoblanadi, biroq ularni polinomdan chiqarib tashlashdan oldin tegishli omilni variatsiya qilishning kichik intervalining ta'sirini tekshirish lozim. Agar ta'siri mavjud bo'lsa, ahamiyatsiz omillarni variatsiya qilish intervalini oshirib, tajribani takrorlash lozim.

2.8.4-jadval bo'yicha  $S_y^2 = \frac{1}{9} 50283 = 5587$ . Regressiya koeffitsientlarining dispersiyalarini formulalar (2.8.6) – (2.8.9) dan foydalanib topamiz:

$$S^2(b_1) = S^2(b_2) = S^2(b_3) = 0.167 \times 5587 = 935, \quad S^2(b_{12}) = 0.250 \times 5587 = 1395$$

$$S^2(b_{11}) = S^2(b_{22}) = 0.500 \times 5587 = 2794, \quad S^2(b_0) = 0.111 \times 5587 = 621$$

Regressiya koeffitsientlarining ishonarli intervallarini formula (2.8.10) bo'yicha hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} \Delta b_1 = \Delta b_2 &= 2.0 \sqrt{935} = 61, & \Delta b_{12} &= 2.0 \sqrt{1395} = 75, \\ \Delta b_{11} = \Delta b_{22} &= 2.0 \sqrt{2794} = 106, & \Delta b_0 &= 2.0 \sqrt{621} = 50 \\ k = N(m-1) &= 9(9-1) = 72 \text{ da } t=2,0. \end{aligned}$$

Barcha koeffitsientlar uchun  $|b_i| > \Delta b_i$  sharti amal qiladi va shuning uchun ularni ahamiyatli deb hisoblash mumkin, regressiya tenglamasi quyidagi ko'rinish oladi:

$$y = 2585 - 633x_1 - 727x_2 + 262x_1x_2 - 160x_1^2 + 122x_2^2 \quad (2.8.11)$$

Tenglama (2.8.11) bo'yicha barcha variantlar uchun  $\hat{y}_u$  ning hisobli qiymatlarini aniqlaymiz:

$$y_1 = 2585 + 633 + 727 + 262 - 160 + 122 = 4169$$

$$y_2 = 2585 - 633 + 727 - 262 - 160 + 122 = 2379$$

$$y_3 = 2585 + 633 - 727 - 262 - 160 + 122 = 2191$$

$$y_4 = 2585 - 633 - 727 + 262 - 160 + 122 = 1449$$

$$y_5 = 2585 + 633 - 160 = 3058$$

$$y_6 = 2585 - 633 - 160 = 1792$$

$$y_7 = 2585 + 727 + 122 = 3434$$

$$y_8 = 2585 - 727 + 122 = 1980$$

$$y_9 = 2585$$

Hisobli ma'lumotlarning formula (2.8.10) bo'yicha hisoblanadigan amaldagi ma'lumotlardan farqlanishi  $R_0$  2.8.4-jadvalga yoziladi, u yerda, shuningdek, noadekvatlik dispersiyasi  $S_{na}^2$  ni aniqlash uchun zarur bo'lgan  $(y_u - \bar{y}_u)^2$  qiymatlar ham qayd qilinadi:

$$S_{na}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (y_u - \bar{y}_u)^2}{N - M}$$

bu yerda  $N$  – variantlar soni;  $M = 0.5(k+1)(k+2)$  ( $k$  -omillar soni, bizning holda  $k = 2$ ) -  $y_u$  ni hisoblash uchun tenglama regressiyasi koeffitsientlari soni  $a$ .

Fisher mezonini tekshirish uchun statistika  $F$  formula (2.7-mavzu (2.7.5) formula)) bo'yicha topiladi, uning qiymati va Fisher mezoni erkinlik darajalari  $k_1 = N - M$  va  $k_2 = N(m - 1)$  ilovadvgi jadval bo'yicha interpolyatsiya qilib topiladi.

Bizning misolda (2.16.4-jadvalga qarang)  $S_{na}^2 = \frac{161573}{9 - 6} = 53858;$

$$F = \frac{3858 \cdot 9}{50283} = 9.64; k_1 = 9 - 6 = 3; k_2 = 9(9 - 1) = 72, F_{0.05;3;72} \approx 2.8$$

$F = 9.65 > 2.8 = F_{0.05;3;72}$  modelning adekvatligi inkor qilinadi, bu  $R_0$  qiymatining 2.8.4-jadvalda kattaligi bilan ham tasdiqlanadi. Biroq bu boshqa modellarni izlashni istisno qilmaydi (masalan, kompozitsion markaziy rotabel rejadan va variatsiya

qilishning boshqa intervallaridan foydalanib). 3-tartibli modelga o'tish sezilarli darajadagi tajribaviy va hisoblash qiyinchiliklari, matematik modelni murakkab tahlil va interpretatsiya qilish bilan bog'liq. Bundan tashqari, ob'ekt tavsifnomalarining vaqt bo'yicha dreyfi 3-tartibli rejalarini amalga oshirishda (omillar soni ko'p bo'lganda 2-tartibli rejalarini ham) katta xavf tug'diradi. Sinovlar soni ko'p bo'lganda dreyf tufayli xatolar yuzaga kelishi ehtimoli oshadi, ularning qiymati kattalashadi.

### **Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar**

1. Optimum javob yuzasini tahlil qilishda chiziqli yoki noto'liq ikkinchi regressiya tenglamalarning yetarli emasligining sabablari.
2. Kompozitsion markaziy ortogonal rejasi va unda TOT variantlarini markazidan  $d$  masofada joylashgan yulduzli nuqtalar bilan to'ldirilishi.
3. Reja-matritsa, uning yordamida ortogonal reja matritsasini tuzish.
4. Kulirli ichki kiyim trikotajining emirilishini qurilmada emirilish sikli va yuvishlar bog'liqligini aniqlash bo'yicha ikki omilli tajriba.
5. Ikkinchi darajali tulik polinom koeffitsientlarini topish.
6. Dispersiyaning bir turliligini Korxen mezoni bo'yicha tekshirish.
7. Birlamchi o'lchovlarning o'rtacha (koldik) dispersiyasini hisoblash.
8. Regressiya koeffitsientlarining ahamiyatliligini tekshirish uchun ularning dispersiyalarini aniqlash.
9. Regressiya koeffsientlarini ishonchli intervalda adekvatligini St'yudent mezoni bilan tekshirish.
10. Fisher mezoni bo'yicha regressiya tenglamasining adekvatligini tekshirish.

### **3-BOB**

#### **ODDIY ELEMENTLI VA KO'P PARAMETRLI TEXNIKAVIY OB'EKTLARNING MATEMATIK MODELLARINI TUZISH**

##### **3.1. Issiqlik o'tkazuvchanlik va almashish jarayonlarni modellashtirishda oddiy elementli issiqlik tizimlardan foydalanish.**

TO lar har turli bo'lib ularda tabiati har hil fizik jarayonlar kuzatiladi. Shunda bunday jarayolar tarkibidan ayrim bloklar, agregatlar yoki zvenolar ajratish mumkin bo'ladi. Bunda ular odatda elektrik, mexanik ilgarilanma, aylanma, issiqlik, gidravlik yoki pnevmomexanik tizimlarni tashkil etadi. TO yaxlitligida bu tizimlar bir-biri bilan bog'langan bo'lib, dekompozitsiya prinsipi asosida ularni makrodarajada matematik modeli murakkab bo'lmagan oddiy tipli elementli to'plami sifatida ifoda etish mumkin. Shunday hollarda tashqi va ichki parametrlar ularning holatlarini aniqlasa, bunday parametrlar ichida potentsial yoki oqim ma'nosiga ega bo'lgan miqdorlarni ajratish mumkin. Bu miqdorlar orasida bog'lanish elementining holat tenglamasi orqali ifodalanadi, va bu tenglamada ichki parametrlar o'z rolini o'ynaydi. Masalan yuqori bo'limlarda keltirilgan moddaning saqlanish qonuni substantsiya oqimi uchun berilgan tushuncha bo'lim, uning tenglamasi bilan ifodalanadi. Mexanikada impul'sning saqlanish qonuni, issiqlik oqimida harorat saqlanish qonuni tenglamasini ifodalaydi. Har bir sohada, statsionor holatda, har kesimda olingan element oddiy bo'lib, unda modda saqlanish qonuni o'rinli bo'ladi. Yuqorida bayon etilgan modellashtirish bosqichlarini tahlil etishda MM ning birinchi, ettinchi va qisman oltinchi bosqichlari injenerlik mutaxassisliklariga aloqador bo'lsa, ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi bosqichlari mutaxassisdan ma'lum darajada matematika fanini bilishligini talab qiladi. Beshinchi bosqichda esa, EHM va kompyuterlardan foydalanishni taqozo etadi. Shunipg uchun murakkab ko'rinishdagi TO larni modellashtirish uchun injenerlar, texnologlar, matematiklar va dasturchilar guruhini jalb qilish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunday yo'nalishlarni muqobillashtirish uchun maxsus bilimga ega bo'lgan mutaxassislar yordamida injenerlik fanlarini tabiiy fanlar bilan uzviy bog'lanishini ta'minlash mumkin.

Umuminjenerlik fanlari bo'lib hioblanadigan amaliy mexanika, gidravlika, teplofizika, elektrotexnika va boshqa bir qator predmetlarni hisoblash tizimi va matematik modellash tirish fanlari sifatida qarash mumkin. Injenerlik fanlarida birinchidan texnikada kam uchraydigan mos elementlarning HT va MM o'rganiladi. Yuqorida bayon etilganidek, tolali mahsulotlarni quritish jarayonlari teplofizikada uchraydigan issiqlikni tarqalish, massa almashish va modda saqlanish qonunlari asosida tahlil qilinishi lozim. Bu yerda foydalaniladigan tenglamalar universal bo'lib, turli manb'alardan tarqaladigan issiqlik miqdorini hisoblash uchun MM ieraraxiyasidan foydalanish mumkin. Shu munosabat bilan ma'ruzada issiqlik tizimlaridagi oddiy elementlar uchun hisoblash tizimi (XT) masalasini ko'rib chiqamiz.

Issiqlik tizimlari V.S.Zarubin ta'rifiga ko'ra issiqlik energiyasini yig'adigan (to'playdigan) yoki tarqatadigan texnik – texnikaviy tizimga aytiladi. Issiqlik tizimida harorat ayirmasi  $\Delta T$  (K) va issiq oqimi  $Q$  (Vt) qatnashadi. Ko'pgina issiqlik konstruksiyalari qalinligi  $h$ (m) bo'lgan devor katlamnini hisoblash sxemasiga keltiriladi.

Materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti  $\lambda$  (Vt/m·K) va qalinligi  $h$  bo'lgan qatlamning chegaralarida (sirtlaridagi) harorat  $T_1$  va  $T_2$  bo'lsa, undagi harorat ayirmasi Fur'e qonuniga ko'ra issiqlik oqimiga proporsionol bo'ladi, ya'ni

$$\Delta T = T_1 - T_2 = Qh / \lambda S = R_T Q$$

Bu yerda  $R_T = h / \lambda S$  tekis devorning termik qarshiligi deyiladi. Endi bir kesim yuzasi va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari qatlam bo'ylab o'zgarganda devorning termik qarshilik koeffitsientini topaylik. Oz qatlamga perpendikulyar yo'naltirsak, u holda Fur'e qonuniga ko'ra

$$\frac{dT}{dz} = - \frac{Q}{\lambda(z)S(z)}$$

Bu tenglamani  $T(0) = T_1$  sharti bilan integrallab, katlam buylab haroratning taksimlanish qonunini topamiz

$$T = T_1 - Q \int_0^z \frac{dx}{\lambda(x)S(x)}$$

Xususan integralda  $z = h$  qo'yib devorning chegrasida haroratni topamiz

$$T_2 = T_1 - Q \int_0^h \frac{dx}{\lambda(x)S(x)}$$

Deforming termik qarshilik koeffitsienti ta'rifga ko'ra

$$R_T = \frac{T_2 - T_1}{Q}$$

Shunday qilib, yuzasi va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti o'zgaruvchi qatlam uchun termik koeffitsient hisoblash formulasini olamiz

$$R_T = \int_0^h \frac{dx}{\lambda(x)S(x)} \quad (3.1.1)$$

Faraz qilaylik devor qalinliklari  $h_n$  issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari  $\lambda_n = \text{const}$  bo'lgan  $N$  ta kontsentrik sharlar qatlamidan iborat bo'lsin, ya'ni  $n = 1 \dots N$ . Tashqi sharining radiusi  $R_1$  bo'lib uning tashqi sirtidagi harorat  $T_1$  bo'lsin. Har bir shar katlamida  $\lambda_n = \text{const}$  bo'lganligi sababli, (3.1.1) formulani har bir qatlamga qo'llab, quyidagi yig'indini hosil qilamiz.

$$R_T = \sum_{n=1}^N \frac{1}{\lambda_n} \int_0^{h_n} \frac{dz_n}{S(z_n)} \quad (3.1.2)$$

Kontsentrik sharlarning ichki sirlari radiuslari  $R_{n+1} = R_n + h_n$  teng bo'ladi.

Ularning yuzasini aniqlayimiz

$$S_1 = 4\pi(R_1 + z_1)^2, S_2 = 4\pi(R_2 + z_2)^2 \dots S_N = 4\pi(R_N + z_N)^2$$

$S_n(z_n)$  ifodalarini (3.17.2) qo'yib integrallarni hisoblab, topamiz

$$R_T = \frac{1}{4\pi} \sum_{n=1}^N \frac{h_n}{\lambda_n R_n (R_n + h_n)} \quad (3.1.3)$$

Uzunligi  $L$  kontsentrik silindr qatlamlaridan tuzilgan silindrik jism uchun yuzalar uchun quyidagi formulalarni olamiz.

$$S_1 = 2\pi L(R_1 + z_1), S_2 = 2\pi L(R_2 + z_2), \dots S_N = 2\pi L(R_N + z_N)$$

Bu holda termik koeffitsient uchun quyidagi formulani olamiz.

$$R_T = \frac{1}{2\pi L} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\lambda_n} \ln \left( 1 + \frac{h_n}{R_n + h_n} \right) \quad (3.1.4)$$

Agar qatlamlarning qalinligi bir xil bo'lsa, ya'ni  $h_1 = h_2 = h_3 = \dots = h_N = h$  u holda  $R_n = R_1 + (n-1)h$ .

Ikkala holda quyidagi formulalarni olamiz:

Sferik qatlamlar uchun

$$R_T = \frac{1}{4\pi} \sum_{n=1}^N \frac{h}{\lambda_n [R_1^2 + R_1 h(2n-1) + n(n-1)h^2]} \quad (3.1.5)$$

Silindrik qatlamlar uchun

$$R_T = R_T(\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_N, L, R_1, h, N) = \frac{1}{2\pi L} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\lambda_n} \ln \left( 1 + \frac{h}{R_1 + nh} \right) \quad (3.1.6)$$

$\pi$ - teorema ga asoslanib, (3.1.5) va 3.1.6) formulalarni o'lchamsiz birliklarda yozamiz

$$R_T R_1 \lambda_1 = \frac{1}{4\pi} \sum_{n=1}^N \frac{\bar{h}}{\bar{\lambda}_n [1 + \bar{h}(2n-1) + n(n-1)\bar{h}^2]}, \quad R_T L \lambda_1 = \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\bar{\lambda}_n} \ln \left( 1 + \frac{\bar{h}}{1 + n\bar{h}} \right)$$

bu yerda  $\bar{\lambda}_n = \lambda_n / \lambda_1$ ,  $\bar{h} = h / R_1$ .

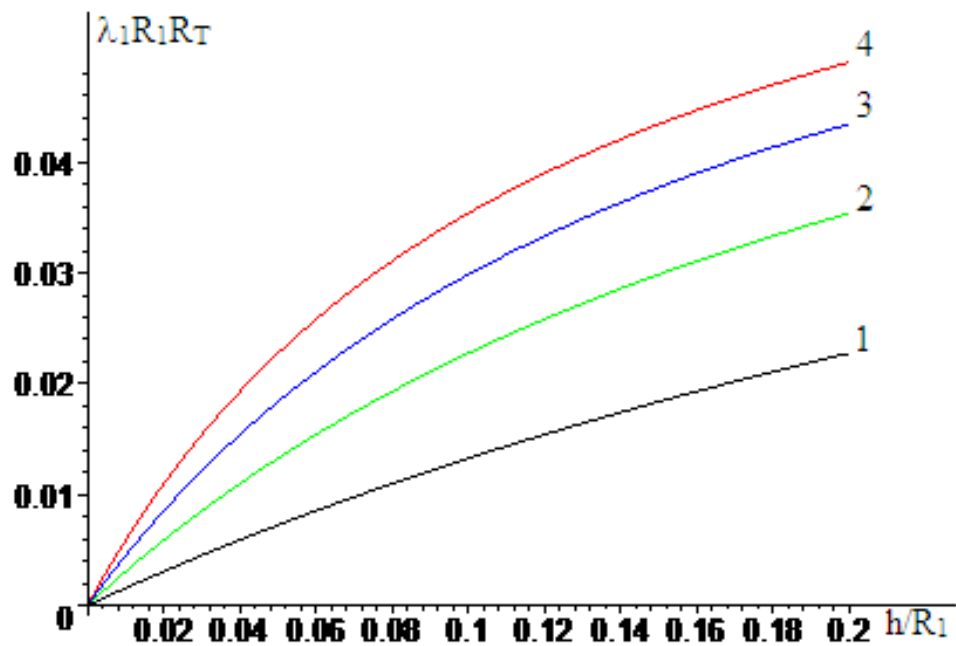
**3.1.1-Misol.**  $\lambda_i$  - lar bir xil bo'lib qatlamlar soni  $N$  har xil bo'lganda silindrik va sferik qatlamlarda qarishilik koeffitsienti o'zgarishini keltiring.

**Echish:** (3.1.5) va (3.1.6) formularini o'lchamsiz kattaliklarda yozib hisob ishini bajaramiz

3.1.1, 3.1.2-rasmlarda  $\bar{R}_T$  ulchamsiz qarshilik koeffitsientining har xil  $N$  (qatlamlar soni) uchun sferik (3.1.1-rasm) va silindrik qatlamlar uchun (3.1.2- rasm)  $\bar{h}$  ga nisbatan o'zgarish grafiklari keltirilgan. Hisob *Maple-8* dasturida bajarilib, unda  $\bar{\lambda}_2 = \bar{\lambda}_3 = \dots \bar{\lambda}_N = 1$  qabul qilingan. Grafiklar tahlilidan qatlam qalinligi va ularning soni oshganda termik qarshilik koeffitsienti monoton o'sib borishi kuzatilgan.

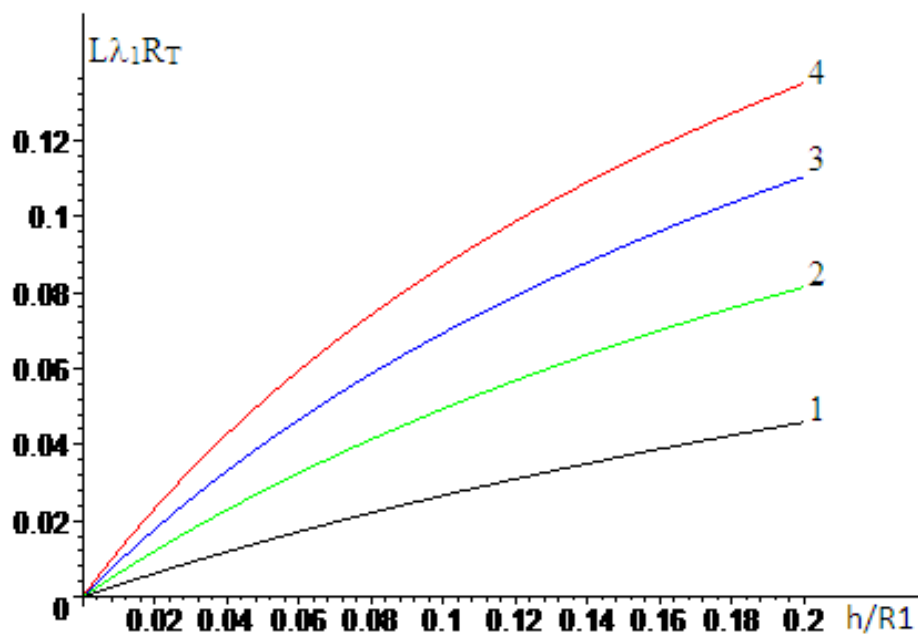
Ko'p hollarda teplofizik parametrlar (issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti  $\lambda$  va issiqlik almashish koeffitsienti  $\alpha$  harorat funksiyalari bo'lishi mumkin,  $\lambda = \lambda(T)$ ,  $\alpha = \alpha(T)$ ). Bunday paytlarda yuqorida keltirilgan hisoblash tizimini chiziqsiz matematik model tuzish uchun foydalanish mumkin. Fur'ening issiqlik tarqalish qonuniga ko'ra, yozishimiz mumkin.

$$Q = -\lambda(T)S(z) \frac{dT}{dz}$$



3.1.1-rasm. O'lchamsiz qarshilik koeffitsienti  $\bar{R}_T = \lambda_1 R_1 R_T$  ning har xil  $N$  larda keltirilgan qatlam  $h = h/R_1$  ga nisbatan o'zgarish grafiklari:

$$1 - N = 2, N = 4, N = 6, N = 8$$



3.1.2-rasm. O'lchamsiz qarshilik koeffitsienti  $\bar{R}_T = \lambda_1 L R_T$  ning har xil  $N$  larda keltirilgan katlam  $h = h/R_1$  ga nisbatan o'zgarish grafiklari:

$$1 - N = 2, N = 4, N = 6, N = 8$$

O'zgaruvchilarni ajratib, integrallaymiz

$$Q \int_0^h \frac{dz}{S(z)} = - \int_{T_1}^{T_2} \lambda(T) dT$$

Shunday qilib, termik qarshilik koeffitsienti uchun formula olamiz

$$R_T = \frac{T_1 - T_2}{Q} = (T_1 - T_2) \frac{\int_0^h S(z) dz}{\int_{T_1}^{T_2} \lambda(T) dT}$$

Xususiyl holda tashqi muhit bilan issiqlik almashuvchi qalinigi  $h$  qatlam uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti quyidagi formula bilan aniqlanadi (koeffitsient haroratning chiziqli funksiyasi).

$$\lambda = \lambda_0 + \lambda_1 (T - T_2) / (T_1 - T_2)$$

Bu yerda  $\lambda_0$  va  $\lambda_1$  - tajriba asosida aniqlanadigan o'zgarmaslar. Bu holda termik qarshilik koeffitsienti quyidagi formula yordamida aniqlanadi

$$R_T = \frac{(T_1 - T_2)h}{\lambda_0 (T_1 - T_2) + 0.5 \lambda_1 (T_1 - T_2)} = \frac{h}{\lambda_0 + 0.5 \lambda_1}$$

va parametrlarga ega bo'lgan oddiy elementli modelda o'rganish mumkinligini ko'rsatadi.

Endi issiqlik fizikasiga doir misolni ko'rib chiqaylik

**3.1.2-Misol.** Faraz qilaylik jism radiusi  $R$  shar harorati  $T_0$  bo'lgan qalinligi  $h$  bo'lgan bir qatlamli tashqi muhit bilan Nyuton qonuni bo'yicha issiqlik almashtirsin, ya'ni ( $\alpha$  - tashqi muhit bilan sharning issiqlik almashish koeffitsienti)  $Q = 4\pi\alpha(T_0 - T_2)(R + h)^2$ . Qatlamning termik qarshilik koeffitsienti aniqlansin va uning qatlam qalinligiga nisbatan tahlili keltirilsin.

**Echish:** Tashqi sirtidagi termik qarshilik koeffitsient uchun ifoda olamiz

$$R_T^{(0)} = \frac{T_0 - T_2}{Q} = \frac{1}{4\pi\alpha(R + h)^2}$$

Sharning o'zidagi termik qarshilik koeffitsienti (3.1.3) formuladan  $n = 1$  bo'lganda topiladi ( $\lambda_1 = \lambda$ ,  $h_1 = h$ ,  $R_1 = R$ )

$$R_T = \frac{1}{4\pi} \frac{1}{\lambda} \frac{h}{R(R + h)}$$

Umumiy termik qarshilik ushbu yig'indiga teng bo'ladi

$$R_T^{(S)} = R_T^{(0)} + R_T = \frac{1}{4\pi} \left( \frac{1}{\alpha(R+h)^2} + \frac{h}{\lambda R(R+h)} \right) \quad (3.1.7)$$

Tekis qatlam uchun uning yuqoridagi formulaga asosan qatlam qalinligi oshgan sari uning termik qarshilik koeffitsienti chiziqli qonun bilan oshib boradi. Agar sirtning egrilik radiusi chekli bo'lsa, xususiyl holda (3.1.7) formulaga binoan, sferik sirt uchun koeffitsientning qatlam qalinligi bilan bog'lanishi murakkab bo'ladi. Uni tahlil qilish uchun (3.1.7) ifodada  $R_T^{(S)}$  ni  $h$  ning funksiyasi deb qaraymiz, ya'ni  $R_T^{(S)} = y(h)$ , uning  $h$  bo'yicha hosilasini nolga tenglashtirib kritik nuqtasini topamiz:

$$y' = \frac{\alpha(R+h) - 2\lambda}{\alpha\lambda(R+h)^2}$$

$y' = 0$  deb ekstremal qatlam qalinligini aniqlaymiz

$$h = h_0 = \frac{2\lambda}{\alpha} - R$$

Agar  $\lambda < \alpha R / 2$  termik qarshilik koeffitsienti ekstremumga ega bo'lmaydi. qalinlik  $h$  oshgan sari koeffitsient (3.1.7)  $\frac{1}{4\pi\alpha R^2} < R_T^{(S)} < \frac{1}{4\pi\lambda R}$  oraliqdagi qiymatlarni qabul qilib monoton o'sadi. Agar  $\lambda > \alpha R / 2$ , u holda koeffitsient qatlam qalinligining  $h = h_0$  qiymatida ekstremumga erishadi va ikkinchi tartibli hosila  $y''(h_0)$  qiymati

$$y''(h_0) = \frac{1}{2\pi} \frac{2\alpha(R+h_0) - 3}{\lambda\alpha(R+h_0)^4} = \frac{\alpha^3}{32\pi\lambda^4} > 0$$

$y''(h_0) > 0$  bo'lganligi sababli  $h = h_0$  da termik koeffitsient minimumga ega bo'ladi.

Shunday qilib  $0 < h < h_0$  termik qarshilik koeffitsient  $R_T^{(S)}(0) = \frac{1}{4\pi\alpha R^2}$  qiymatdan monoton qamayib  $R_T^{(S)}(h_0) = R_{T \min}^{(S)} = \frac{4\lambda - \alpha R}{4\pi\lambda^2 R}$  qiymatni qabul qilib  $h > h_0$  da monoton o'sib boradi. Endi shar ikki konsentrik qatlamda iborat bo'lsin. Ichki sharning radiusini  $R$  issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini  $\lambda_1$ , tashqi shar qatlami qalinligini  $h_1$ , issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini  $\lambda_2$ , tashqi muhit bilan issiqlik almashuvchi qatlam qalinligini  $h_2$  deb belgilaymiz.

U holda (3.1.7) formulaga asosan termik qarshilik koeffitsienti uchun ushbu ifodani yozish mumkin

$$R_T^{(S)} = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{1}{\alpha(R+h_1+h_2)^2} + \frac{h_2}{\lambda_2(R+h_1)(R+h_1+h_2)} + \frac{h_1}{\lambda_1 R(R+h_1)} \right]$$

Xususiyl holda  $h_1 = h_2 = h$  bulsa

$$R_T^{(S)} = \frac{1}{4\pi} \left[ \frac{1}{\alpha(R+2h)^2} + \frac{h}{\lambda_2(R+h)(R+2h)} + \frac{h}{\lambda_1 R(R+h)} \right] \quad (3.1.8)$$

(3.1.8) ifodadan kurinib turibdiki, termik qarshilik koeffitsienti bilan qatlamlar kalinligi murakkab bog'lanishda bo'lib, uning ma'lum qiymatlarida ekstremumga erishishi mumkin. Ekstremumini topish uchun (3.1.8) ifodadan  $h$  buyicha hosila olamiz

$$(R_T^{(S)})' = \frac{1}{4\pi} \left[ -\frac{4}{\alpha(R+2h)^3} + \frac{R^2 - 2h^2}{\lambda_2(R+h)^2(R+2h)^2} + \frac{1}{\lambda_1(R+h)^2} \right]$$

Hosilani nolga tenglashtirib, koeffitsient ekstremumini beradigan qatlam qalinligini topish uchun tenglama olamiz

$$-4\lambda_1\lambda_2(R+h)^2 + \alpha\lambda_1(R^2 - 2h^2)(R+2h) + \alpha\lambda_2(R+2h)^3 = 0$$

Tenglamani soddalashtirib,  $h$  ga nisbatan kub tenglama hosil qilamiz.

$$4\alpha(2\lambda_2 - \lambda_1)h^3 + 2[R\alpha(3\lambda_2 - \lambda_1) - 2\lambda_1\lambda_2]h^2 + 2R[R\alpha(3\lambda_2 + \lambda_1) - 4\lambda_1\lambda_2]h + R^2[R\alpha(\lambda_1 + \lambda_2) - 4\lambda_1\lambda_2] = 0$$

Bu tenglamani ulchamsiz birlik  $\bar{h}$  uchun yozamiz ( $\alpha_0 = R\alpha / \lambda_1$ ,  $\bar{\lambda}_2 = \lambda_2 / \lambda_1$ )

$$4\alpha_0(2\bar{\lambda}_2 - 1)\bar{h}^3 + 2[\alpha_0(3\bar{\lambda}_2 - 1) - 2\bar{\lambda}_2]\bar{h}^2 + 2[\alpha_0(3\bar{\lambda}_2 + 1) - 4\bar{\lambda}_2]\bar{h} + \alpha_0(1 + \bar{\lambda}_2) - \bar{\lambda}_2 = 0 \quad (3.1.9)$$

(3.1.9) tenglamaning haqiqiy ildizi  $\bar{h} > 0$  shartini bajarishi kerak. Xususiyl holda  $\lambda_1 = 2\lambda_2$  ( $\bar{\lambda}_2 = 1/2$ ) sharti bajarilsa  $\bar{h}$  topish uchun kvadrat tenglama olinadi.

$$2(\alpha_0 - 2)\bar{h}^2 + 2(5\alpha_0 - 4)\bar{h} + 3\alpha_0 - 1 = 0$$

Yuqorida keltirilgan misoldan ko'rinib turibdiki jarayonning matematik modelini tanlash fizik qonunlarni matematik ifodasidan foydalanishni taqozo etadi.

Misolda ko'rilayotgan hisoblash tizimlari va ularga mos keladigan matematik modellar tahlili shuni ko'satadiki, qabul qilingan hisoblash tizimi ixtiyoriyl tanlananib, uni MM lari ma'lum gipotezalar asosida tuziladi. Tizimning yaxlit samaradorligini ta'minlashda har bir avtonom tizimning orasida moslik va o'zaro

bog'lanish to'g'ri tanlashga bog'liq bo'ladi. Shu boisdan tavsiya etilayotgan tizimning amaliy ahamiyati ma'lum darajada chegaralangan bo'ladi. Qabul qilingan farazlar va gipotezalar mumkinlik darajasigacha sodda va aniq bo'lishi lozim. Chunki ularni tajriba asosida tekshirish oson bo'ladi, bundan tashqari ularning to'g'riligini MM asosida olingan miqdoriy qiymatlar bilan tekshirish mumkin. Injenerlik fanlari mutaxasisi bilan matematikning model tuzish yondashuvi bilan tanishib chiqaylik. Matematik - nazariyotchi uchun MM allaqachon tanlab olingan va masalani qo'yilishi ta'minlagan bo'lib, u bosqichlarni asoslash bilan shug'ullanadi. Ba'zi hollarda olingan natijalar to'g'ridan-to'g'ri amalga tadbqiq etilishi mumkin. Ammo texnika va texnologiyada birorta murakkab masalani bu holda qo'yib bo'lmaydi. Har qanday texnikaviy masalani qo'yilishi shartli holda bo'ladi. Uning uchun hal qilinadigan ketma - ket matematik masalalar mazmuniy xususiyatga ega bo'lib, ularning yechimi texnikaviy masalaning mazmun mohiyatini aks ettirishi kerak. Shu holdagina qabul qilingan matematik model o'zining amaliy ahamiyatini yo'qotmaydi. Shuning uchun TO larni modellashtirishda uning ham matematik ham mazmuniy mohiyatini saqlash muhim vazifa bo'lib qoladi. Ko'p hollarda MM vositasi bilan olingan natijalarni to'g'ridan to'g'ri TOga moslashtirilishi noto'g'ri xulosalarga olib kelishi mumkin. Chunki MM yordamida olingan natijalar faqat qabul qilingan farazlar va gipotezalar doirasidagina to'g'ri bo'ladi holos. Bunday vaziyatda HT tuzishda MM bilan bosqichni doimo muqobillashtirib borish zarur, ya'ni tanlangan hisoblash tizimining tuzilayotgan matematik modeli unga mos kelishini nazorat qilib borish kerak. Bu holni ilmiy tadqiqot izlanishlarda, kurs va diplom loyihalarini bajarishda, amaliy mexanika masalalarini mustaqil echishda aslo unutmashlik kerak. Bunday sharoitda izlanuvchilarning, magistrnlarning ma'lum darajada tajribaga ega bo'lishligini talab etadi, shuning bilan birga ikki etapning bir-biriga uzviy bog'lanishini zarurligini chuqur anglab olish uchun yetarli adabiyot va uslubiy ko'rsatmalar mavjud bo'lishi kerak. "HT-MM" ikkilikning mukamallashtirilishi o'z navbatida uchlik etaplar "MM-algoritm-programma" samaradorligini ta'minlaydi, chunki EHM o'z holicha biror texnikaviy muammoni hech vaqt hal qilmaydi. Hisoblash texnikasida, akademik A.A.Samarskiy ta'kidlagandek, "intelektual

o'choq" mavjud bo'lmog'i va uning yordamida jarayonlarni o'rganishda matematik va hisoblash bazalari yaratilishi kerak. Bu holda ko'pincha hisoblash mashinalarini (EHM), personal kompyuterlarni (PK) matematik va rejaviy ta'minlash ko'zda tutiladi. Rejaviy ta'minlash bazasida hozirgi paytda juda ko'p hisoblash dasturlari mavjud. Bularga misol qilib Mathcad, Matlab, Maple va boshqa ko'plab hisoblash programmalarini keltirish mumkin. Ular yordamida standart masalalarni echish uchun maxsus paketlar yaratilgan.

Shunga qaramasdan injenerlik muammolarni hal qilishda odatda nostandart masalalarni echishga to'g'ri keladi. Bunday masalalarni echishda paketlarga formal murojaat qilish ko'pincha noto'g'ri yechim berishi mumkin. Bu holda izlanuvchidan masalaga ijodiy yondashuv, analitik va sonli usul bilan olinadigan natijalarni har tomonlama tahlil qilishi, va shuni unutmaslik kerakki maqsad son qiymatlar olish emas, balki natijalar mohiyatini tushunishdan iborat.

Shunday qilib EHM va PK bizlarni ko'p murakkab vaziyatlardan halos qilsada, ikki muhim narsa - matematikani egallashni va ijodiy fikrlash qobiliyatini to'laligicha beraolmaydi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Murakkab jarayonlarni ayrim elementlarga (bloklarga) ajratish mohiyati
2. Issiqlik o'tkazish va almashish jarayonlarida koeffitsientlar ta'rifi
3. Bir qatlamli devor uchun termik qarshilik koeffitsientini aniqlash
4. Yuzasi va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti o'zgaruvchi tekis qatlam uchun termik qarshilik koeffitsientini topish.
5. Bir qatlamli shar uchun termik qarshilik koeffitsientini aniqlash.
6. Bir qatlamli silindr termik qarshilik koeffitsientini aniqlash.
7. Ko'p qatlamli shar uchun termik qarshilik koeffitsientini aniqlash.
8. Ko'p qatlamli silindr uchun termik qarshilik koeffitsientini aniqlash.
9. Tashqi muhit bilan issiqlik almashuvchi bir qatlamli shar uchun termik qarshilik koeffitsientini aniqlash.
10. Termik qarshilik koeffitsientining ekstremumga erishish shartlari.

### **3.2.Tolali muhitlardan mayda zarrachalarni ajratish jarayonining matematik modeli va uning tahlili**

Chigitli paxta xom ashyosini dastlabki ishlash texnologiyasida tolani chigitdan ajratish jarayonida xom ashyo ayrim iflosliklardan tozalanadi. Iflosliklar yirik, mayda organik aralashmalardan iborat bo'lib, ularni xom ashyodan tozalash uchun maxsus texnologik jarayonlar amalga oshiriladi. Tozalash texnologiyasida chigitli paxtani ifloslanish ikki ko'rsatkichi bilan baholanadi. Birinchisi bilan xom ashyo tarkibidagi iflosliklar miqdoriy baholanadi, ikkinchisi sifat ko'rsatkichi bo'lib, bu ko'rsatkich vositasida ifloslik zarrachalarning o'lchamlari va ularning xom ashyodagi tola bilan birikkan kuchlari baholanadi. Iflosliklar o'lchamlariga qarab xom ashyoning sirtida va ichki sohasida tarqalgan bo'ladi, bu yerda mayda zarrachalar xom ashyo (paxta bo'lakchalari) ichki sohasiga chuquroq joylashgan bo'lib, ularni xom ashyodan ajratish ancha murakkab bo'ladi, ularga yuqori darajadagi zarba va silkitish ta'sirlari berish zarur bo'ladi. Bunday holat tola massasini iflosliklardan tozalash jarayonida ham mavjud bo'ladi. Biz asosiy e'tiborimizni xom ashyo tarkibidan mayda iflosliklardan tozalash muammosiga qaratamiz va shu munosabat bilan ma'ruzada mayda zarrachalarni tola massasi tarkibidan ajratib olish modeli haqida so'z yuritiladi. Zarrachani tola tarkibidan ajratib olish mexanizmi juda murakkab bo'lib, uni nazariy yetarli o'rganilmagan. Buning sababi zarracha bilan tola orsidagi bog'lanish kuchlari ma'lum emas. Odatda qo'llaniladigan kuchlar sxemasi jarayonni tavsiflash uchun yetarli emas. Shuning uchun bu jarayonni boshqa usullar bilan o'rganish maqsadga muvofiqdir. Kuzatishlar natijalari statistika asosida qayta ishlansa, dastlabki xulosalar qilish mumkin. Agar tola turli yuza bo'ylab harakatda bo'lsa, qisman zarrachalar yuzadan ajralib chiqishi mumkin. Tolaga zarba yoki silkitish kuchi ta'sir etsa, u holda zarrachalarda tolaga nisbatan harakati sodir bo'ladi, bu o'z navbatida uni yuzadan ajralib ketish intensivligini oshiradi. Tola massasining turli yuza bo'ylab harakati davomida uning tarkibidagi zarracha bilan turli yuza orasida kontakt kuchi hosil bo'lib, uning ta'siri ostida zarrachalar fazoviy harakatga keladi, buning natijasida ularning bir qismi yuzaning ochik joylaridan tashqariga chiqib ketadi. Shunday mexanizmni tavsiflash uchun A.G.Sevost'yanov tomonidan

model taklif etilgan. Bu modelga ko'ra, turli yuzadagi zarracha miqdorining kamayishi uning miqdoriga va yuza bo'ylab harakat tezligiga proporsional bo'ladi. Shu model asosida yolg'iz paxta bo'lakchasi tarkibidan ifloslik zarrachalarini ajratish jarayonini nazariy o'rganib chiqamiz. Zarracha ajralish jarayonini modellashtirishdan oldin paxta bo'lakchasining turli sirt ustidagi tezligin aniqlash lozim bo'ladi. Faraz qilaylik boshlang'ich massasi  $M_0$  bo'lgan paxta bo'lakchasi  $t = 0$  momentdan boshlab turli yuzada harakatda bo'lib, zarrachalar ajralishi sababli uning massasi  $M$  ga teng bo'lsin. Koordinat boshini  $O$  nuqtada olib,  $Ox$  o'qini gorizont bo'ylab o'ngdan chapga, ordinata o'qi  $Oy$  ni unga perpendikulyar qilib Yuqoridan pastga yo'naltiramiz (3.2.1-rasm). Bo'lakcha yuzada  $BC$  egri chiziq bo'ylab bir o'lchovli harakat qiladi. Polyar kutbini  $O$  nuqtada o'rnatib,  $BC$  egri chiziq tenglamasini qutb koordinat sistemasida  $r = r(\varphi)$  deb qabul qilamiz. Bo'lakcha turli yuzaning  $B(\varphi_0, r_0)$  nuqtasidan boshlab harakat qiladi va  $C(\varphi_1, r_1)$  nuqtada yuzadan chiqib ketadi (bu yerda  $r_0 = r(\varphi_0)$ ,  $r_1 = r(\varphi_1)$ ). Faraz qilaylik  $t > 0$  momentda bo'lakcha  $BC$  chiziqning  $A(r(\varphi), \varphi)$  nuqtasida bo'lib  $B$  nuqtadan  $s$  masofada bo'lsin. Bo'lakchaning massasi o'zgarmas moddiy nuqta deb qabul qilamiz va uning  $BC$  chiziq ustidagi harakat tenglamasi va normal kuch ifodasini S.M.Targ adabiyotidan foydalanib yozamiz.

$$M_0 \frac{d^2 s}{dt^2} = T + M_0 g \sin \psi, \quad N = \frac{M_0 \dot{s}^2}{\rho(\varphi)} - M_0 g \cos \psi \quad (3.2.1)$$

Bu yerda kontakt saqlanishi uchun  $N > 0$  deb qabul qilinishi lozim,  $\psi$  -  $BC$  chiziqning  $A$  nuqtasidan o'tkazilgan urinmaning  $Ox$  o'qi bilan tashkil etgan burchagi.

$$x = r(\varphi) \cos \varphi, \quad y = r(\varphi) \sin \varphi \quad \text{bog'lanishlarni} \quad \text{va} \quad \tan \Psi = y'(x) = \frac{\frac{dy}{d\varphi}}{\frac{dx}{d\varphi}} \quad \text{tenglikdan}$$

foydalansak, quyidagi ifodani olamiz.

$$\tan \psi = \frac{r' \sin \varphi + r \cos \varphi}{r' \cos \varphi - r \sin \varphi} \cdot \sin \psi = \frac{\tan \psi}{\sqrt{1 + \tan^2 \psi}} = \frac{r' \sin \varphi + r \cos \varphi}{\sqrt{r^2 + r'^2}}, \quad \cos \psi = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \psi}} =$$

$$\frac{r' \cos \varphi - r \sin \varphi}{\sqrt{r^2 + r'^2}}, \quad \rho = \frac{(r^2 + r'^2)^{3/2}}{r^2 + 2r'^2 - rr'}$$

(3.2.1) tenglamada  $T$  bilan bo'lakchaga ta'sir etayotgan urinma kuchlar yig'indisi belgilangan. Bu yo'nalishda bo'lakchaga og'irlik kuchining proektsiyasi, Kulon kuchi, hamda qoziqcha orqali bo'lakchaga zarba kuchi ta'sir etadi. Bo'lakcha zarba kuchini qisman so'ndiradi. Shuning uchun bu kuchni bo'lakcha bilan qoziqcha kuchishlari va tezliklarining ayirmasiga proporsional qilib olamiz.  $T = -fN + k(v_0 t - s) + \eta(v_0 - \dot{s})$ , bu yerda  $f$  - keltirilgan ishqalanish ko'effitsienti, (uning hisoblash uchun quyidagi formula tavsiya etiladi  $f = f_0(1 - S/S_0)$ ,  $f_0$  - yopik (tursiz) sirt bilan bo'lakcha orasidagi ishqalanish ko'effitsienti,  $S_0$  - uning yuzasi,  $s$  - turli yuza yopiq qismining yuzasi.),  $v_0$  - qoziqcha chiziqli tezligi.  $k, \eta$  - elastiklik va qovushqoqlik proporsionallik ko'effitsientlari. Odatda yakka bo'lakcha ikkita kolosnik ta'sirida bo'ladi, shuning uchun tenglamada  $T$  ning ikkilangan qiymati olinadi<sup>59</sup>.

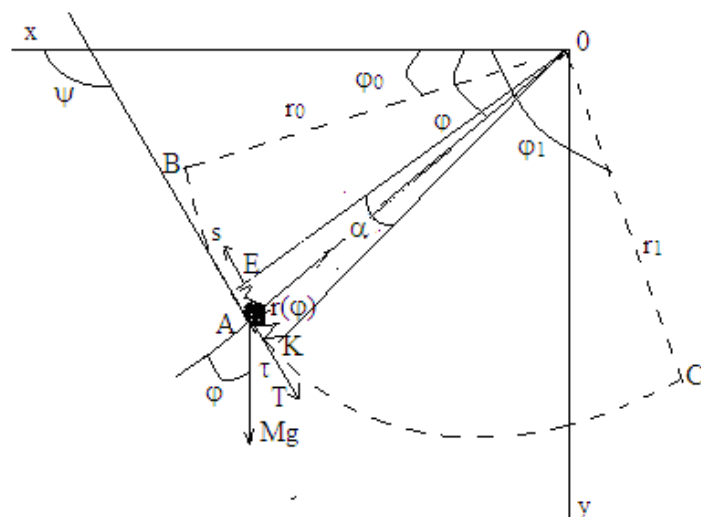
Yuqoridagi ifodalar e'tiborga olinsa, (3.2.1) tenglamalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_0 \ddot{s} = -2k(s - v_0 t) - 2\eta(\dot{s} - v_0) + \frac{M_0 g}{\sqrt{r^2 + r'^2}} [r' \sin \varphi + r \cos \varphi + f r' \cos \varphi - r \sin \varphi] - f M_0 \dot{s}^2 \frac{r^2 + 2r'^2 - rr'}{\sqrt{r^2 + r'^2}} \quad (3.2.2)$$

Bu tenglama bilan birga masofa  $s$  bilan qutb burchagi  $\varphi$  orasidagi differetsial bog'lanishni qaraymiz

$$\dot{s} = \dot{\varphi} \sqrt{r^2 + r'^2} \quad (3.2.3)$$

<sup>59</sup> Coleman B.D. Statistics and independence of mechanical breakdown in fibres, Journal of applied physics. Vol.29. N6, 1958, p.p. 968-983.



3.2.1-rasm. Bo'lakchanning turli yuza sirtida harakat sxemasi

(3.2.2) va (3.2.3) tenglamalar masofa  $s = s(t)$  va qutb burchagi  $\varphi = \varphi(t)$  aniqlash uchun sistemani tashkil etadi. Bu sistema  $s(0) = 0$ ,  $\dot{s} = v_k$ ,  $\varphi(0) = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi}(0) = v_k / \sqrt{r_0^2 + r'^2(\varphi_0)}$  shartlarda integrallanadi, bu yerda  $v_k$  bo'lakchanning boshlang'ich tezligi. Odatda bo'lakcha turli yuzada ikki kolosnik orasida joylashgan bo'lib, elastiklik elementi ta'sirida uning harakati murakkab bo'lib, kolosniklar bilan birgalikda, hamda ularga nisbatan nisbiy harakatda bo'ladi. Shuning uchun uning absolyut ko'chishini yig'indi  $s = v_9 t + s_0(t)$  ko'rinishida olib, (3.2.2) tenglamani nisbiy kuchish  $s_0(t)$  ga nisbatan yozamiz

$$M_0 \ddot{s}_0 = -2ks_0 - 2\eta \dot{s}_0 + \frac{M_0 g}{\sqrt{r^2 + r'^2}} [r' \sin \varphi + r \cos \varphi + f r' \cos \varphi - r \sin \varphi] - f M_0 (v_0 + \dot{s}_0)^2 \frac{r^2 + 2r'^2 - rr'}{\sqrt{r^2 + r'^2}} \quad (3.2.4)$$

$$\dot{s}_0 = \dot{\varphi} \sqrt{r^2 + r'^2} - v_0 \quad (3.2.5)$$

(3.2.4) va (3.2.5) tenglamalari echish uchun quyidagi boshlang'ich shartlar qabul qilinadi  $s_0 = 0$ ,  $\dot{s}_0 = v_k - v_0$ ,  $\varphi(0) = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi}(0) = v_k / \sqrt{r_0^2 + r'^2(\varphi_0)}$

Xususan  $BC$  egri chiziq aylana bo'lsa, u holda  $r = r_0 = r_1$ ,  $r' = 0$  bo'lib, (3.2.2) tenglama  $\varphi = v_0 t / r_0 + \varphi_*(t) + \varphi_0$  tenglikni e'tiborga olgan holda nisbiy  $\varphi_*$  burchakni topish quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\ddot{\varphi}_* = -\frac{2k\varphi_*}{M_0} - \frac{2\eta\dot{\varphi}_*}{M_0} + \frac{g}{r_0} [\cos(\varphi_* + v_0 t / r_0 + \varphi_0) - f \sin(\varphi_* + v_0 t / r_0 + \varphi_0)] - f(\dot{\varphi}_* + v_0 / r_0)^2 \quad (3.2.6)$$

(3.2.6) tenglama  $\varphi_*(0) = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi}_*(0) = (v_k - v_0) / r_0$  shartlarda sonli usul bilan echiladi.  $\pi$ - teoremasidan foydalanib (4) tenglamani o'lchamsiz birliklarda yozamiz  $\varphi_*'' + \omega^2 \varphi_* + 2n\varphi_*' + f(\varphi_*' + \bar{v}_0)^2 - \cos(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau) + f \sin(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau) = 0$  (3.2.7)

Bu yerda

$$\varphi_*' = \frac{d\varphi_*}{d\tau}, \quad \varphi_*'' = \frac{d^2\varphi_*}{d\tau^2}, \quad \tau = t\sqrt{g/r_0}, \quad \omega^2 = \frac{2kr_0}{M_0 g}, \quad n = \frac{\eta}{M_0} \sqrt{\frac{r_0}{g}}, \quad \bar{v}_0 = v_0 / \sqrt{r_0 g},$$

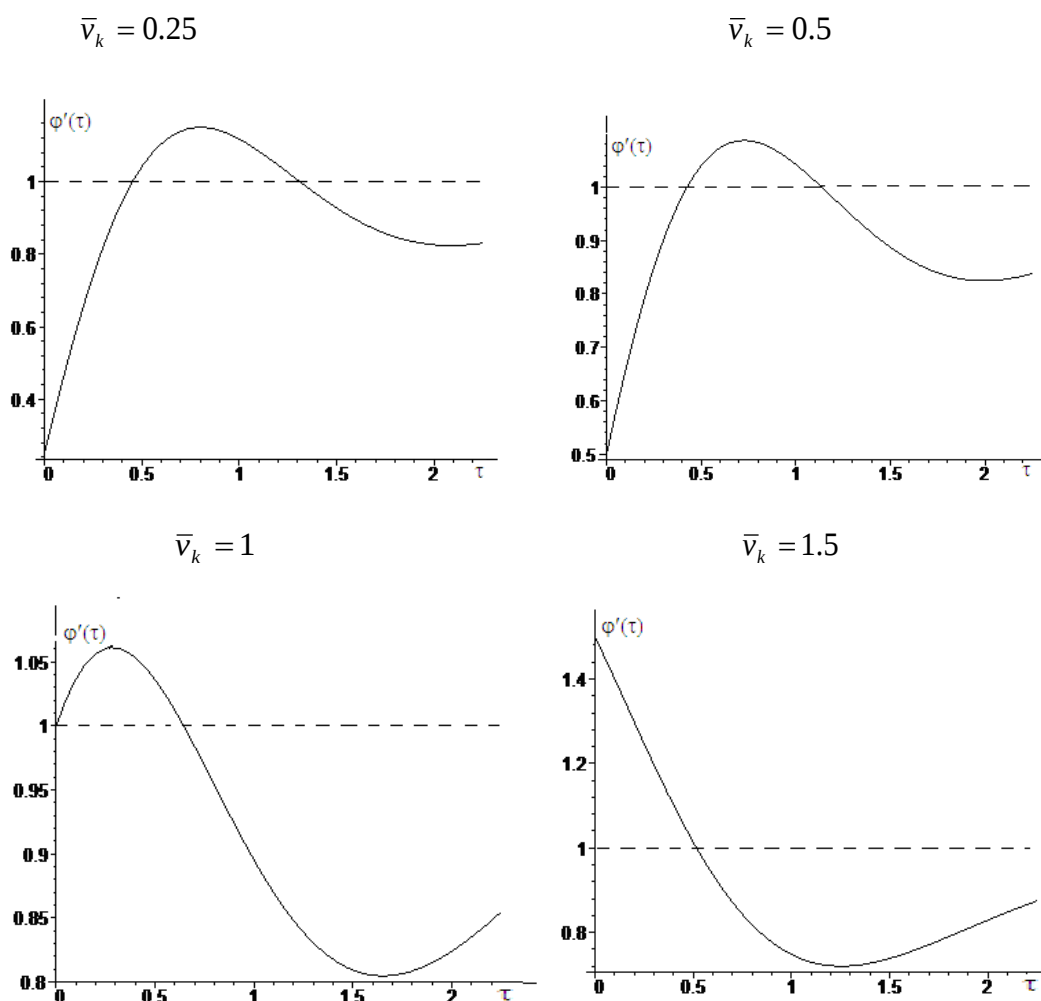
Boshlang'ich shartlar quyidagicha bo'ladi

$$\varphi_*(0) = 0, \quad \dot{\varphi}_*(0) = \bar{v}_k - \bar{v}_0 \quad (\bar{v}_k = v_k / \sqrt{r_0 g})$$

**3.2.1-Misol.** Parametrlar  $f = 0.3$ ,  $\bar{v}_0 = 1$ ,  $\varphi_0 = 30^\circ$ ,  $\varphi_1 = 120^\circ$   $\omega^2 = 5$ ,  $n = 1$  qiymatlarini bo'lsa, bo'lakchanning burchak tezligi har xil  $\bar{v}_k$  ning har xil qiymatlarida  $\varphi'(\tau)$  hisoblansin.

**Echish:** (3.2.7) tenglama *Maple-8* dasturida Runge-Kutta usuli bilan sonli echiladi. 3.2.2- rasmda bo'lakchanning  $BC$  chiziq bo'ylab tezligi  $\varphi'(\tau)$  larning o'lchamsiz vaqt  $\tau = t\sqrt{g/r_0}$  bo'yicha o'zgarish  $\bar{v}_k$  ning har xil qiymatlaridagi grafiklari keltirilgan.

Punktir chiziq bilan bo'lakcha kolosnik bilan absolyut bog'langan holidagi ( $k \rightarrow \infty$ ) tezligi ko'rsatilgan. Grafiklar tahlili bo'lakcha sirtining elastik xususiyati uning tezligiga muhim ta'sir o'tkazishi mumkinligini ko'rsatyapti. Agar bo'lakchanning boshlang'ich tezligi  $v_k < v_0$ , bo'lsa, vaqt davomida bo'lakcha qoziqcha tezligiga erishib to'plangan elastik kuch ta'sirida uning tezligidan qisman oshishi, agar  $v_k \geq v_0$  bo'lsa, bo'lakcha, elastik kuchning qovushqoqlik xususiyati sababli, o'z tezligini yo'qotish mumkinligi kuzatilyapti.



3.2.2-rasm. Bo'lakcha o'lchamsiz burchak tezligi  $\varphi'$  ning  $\bar{v}_k = v_k / \sqrt{gr_0}$  har xil qiymatlarida o'lchamsiz vaqt  $\tau = t\sqrt{g/r_0}$  bo'yicha o'zgarish grafiklari.

Paxta bo'lakchasining turli yuzaning  $BC$  chizig'i bo'ylab harakat tezligi ma'lum bo'lgandan so'ng, A.G.Sevastyanov modeli asosida zarrachalarning bo'lakcha tarkibidan ajralish jarayonini nazariy ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, bo'lakchaning  $BC$  chizig'i bo'ylab harakati davomida massasi kamayib  $M$  ga teng va  $\Delta t$  davomida uning massasi zarrachalar ajralgani sabab  $dM$  ga kamaysin, ya'ni  $M - dM$  ga teng bo'lsin. A.G.Sevast'yanov modeliga ko'ra uning nisbiy kamayishi quyidagi tenglikni bajarishi lozim

$$dM / M = -\lambda \dot{s} \bar{N} dt \quad (3.2.8)$$

Bu yerda  $\lambda$  - proportsionallik koeffitsienti.  $\bar{N} = N / M_0 g$ ,  $N$  - (1) formuladagi normal kuch. A.G.Sevast'yanov modelida bu kuch hisobga olinmagan. Agar  $N \leq 0$

bo'lsa, u holda zarracha ajralish jarayoni bo'lmaydi, chunki bu holda bo'lakcha bilan turli yuza orasida kontakt buziladi. Agar yuqoridagi A.G.Sevast'yanov modeli qo'llaniladigan bo'lsa, u holda  $N > 0$  sharti tekshirilishi lozim bo'ladi. (3.2.8) tenglamani  $M(0) = M_0$  (bu yerda  $M_0$ - bo'lakchanning zarrachalar massasi bilan birgalikdagi massasi) sharti bilan integrallab, topamiz

$$M = M_0 \exp \left( - \int_0^t \lambda \dot{s}(t) \bar{N} dt \right)$$

Xususan  $r = r_0 = const$ , deb olinsa, u holda integralga  $dt = \sqrt{\frac{r_0}{g}} d\tau$ ,

$\dot{s} = (\bar{v}_0 + \varphi'_*) \sqrt{r_0 g}$ ,  $\bar{N} = (\bar{v}_0 + \varphi'_*)^2 + \sin(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau)$  ifodalarni qo'yish kerak:

$$M / M_0 = r_0 \exp \left( - \int_0^\tau \lambda (\bar{v}_0 + \varphi'_*) [(\bar{v}_0 + \varphi'_*)^2 + \sin(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau)] d\tau \right) \quad (3.2.9)$$

Agar A.G.Sevast'yanov modeli qo'llanilsa:

$$M / M_0 = r_0 \exp \left( - \int_0^\tau \lambda (\bar{v}_0 + \varphi'_*) d\tau \right)$$

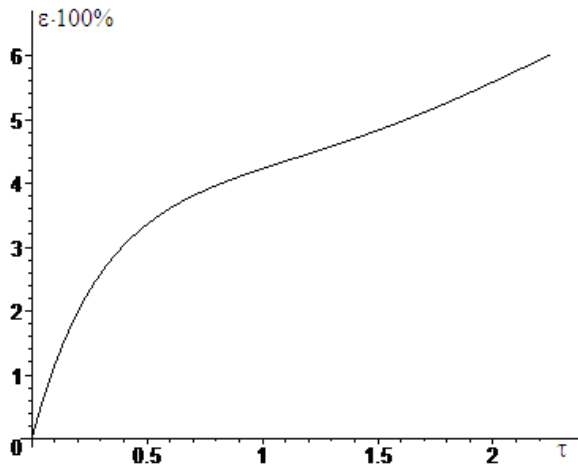
formulasini olamiz va  $N > 0$  sharti tekshirish lozim bo'ladi. Bo'lakchadan ajralib ketgan zarracha miqdori  $M_0 - M$  ga teng bo'lib, ushbu nisbat

$$\varepsilon = \frac{M_0 - M}{M_0} = 1 - r_0 \int_0^\tau \lambda (\bar{v}_0 + \varphi'_*) [(\bar{v}_0 + \varphi'_*)^2 + \sin(\bar{v}_0 \tau + \varphi_0 + \varphi_*)] d\tau \quad (3.2.10)$$

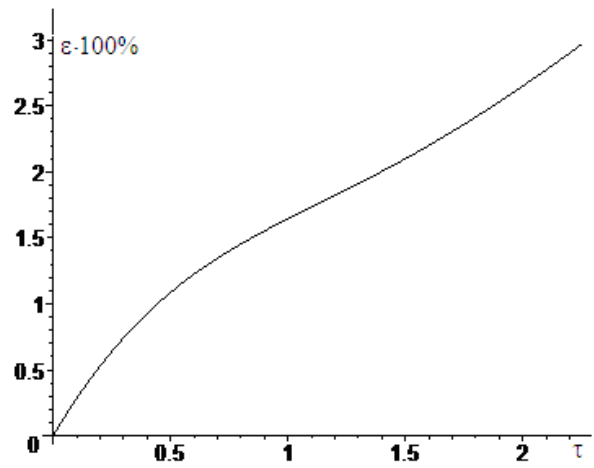
Zarrachalarni ajratishda qo'llanilayotgan texnologik mashinaning tozalash samaradorligini aniqlaydi. 3.2.3-rasmda samaradorlikni (foizda) (3.2.9) (a-grafiklar) va (3.2.10) (b-grafiklar) formulalar yordamida hisobotlash natijalari  $\lambda_0 = r_0 \lambda = const$ , har xil qiymatlarida  $\tau$  bo'yicha o'zgarish grafiklari keltirilgan.

$$\lambda_0 = 0.015$$

a)

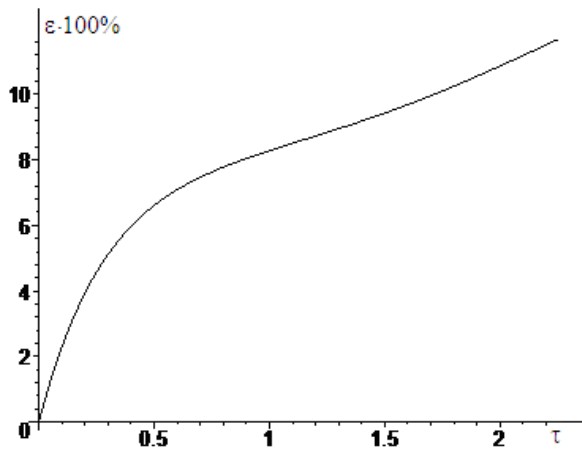


b)

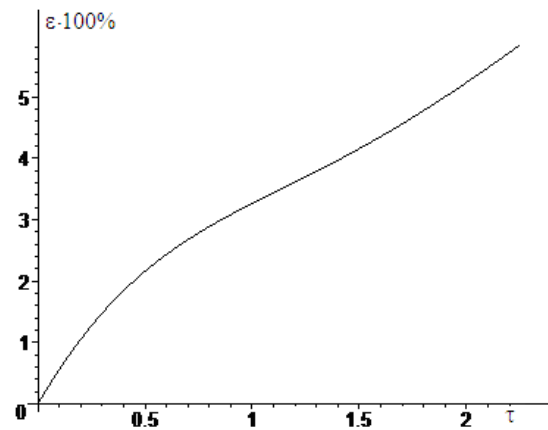


$$\lambda_0 = 0.03$$

a)



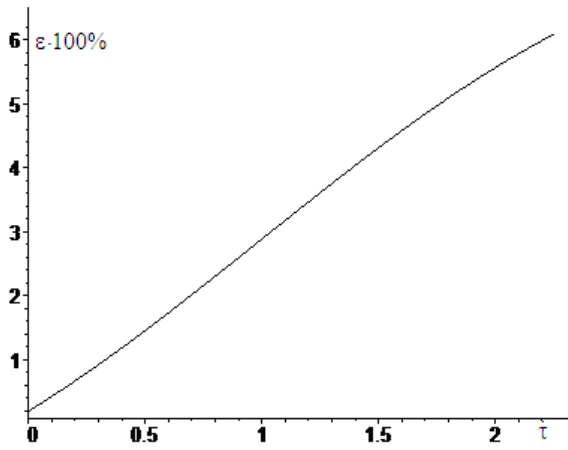
b)



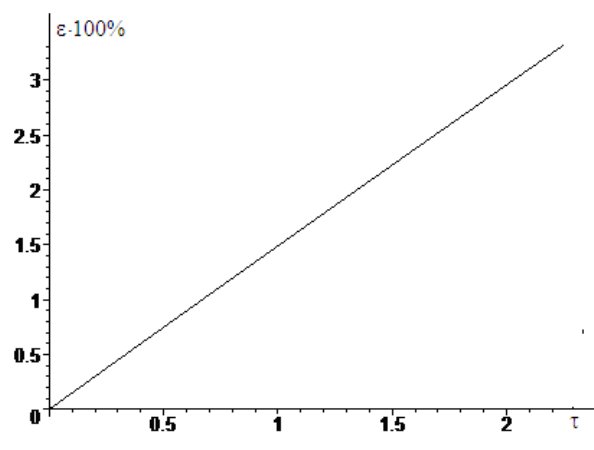
3.2.3- rasm. Zarrachalar ajratish nazariy samaradorligi koeffitsientining (foizda) normal kuch ta'siri e'tiborga olganda (a-chiziqlar) va olmaganda (b-chiziqlar) har xil  $\lambda_0$  da  $\tau$  bo'yicha o'zgarish grafiklari.

$$\lambda_0 = 0.015$$

a)

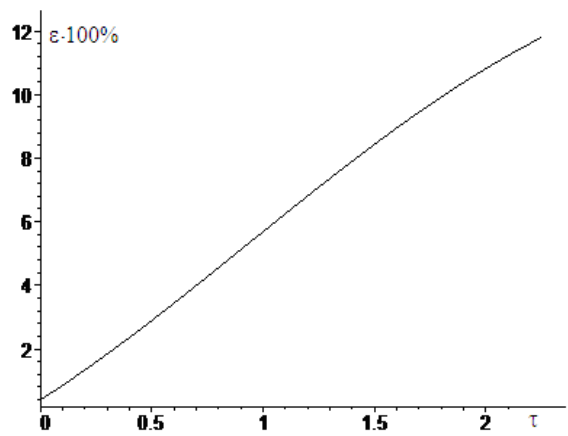


b)

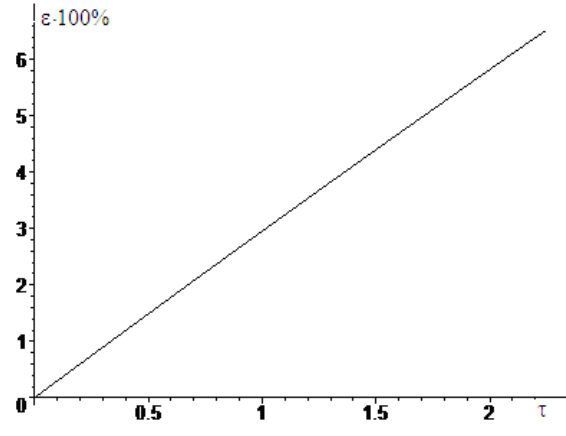


$$\lambda_0 = 0.03$$

a)



b)



3.2.4- rasm. Zarrachalar ajratish nazariy samaradorligi ko'effitsientining normal kuch ta'siri e'tiborga olganda (a-chiziqlar) va olmaganda (b-chiziqlar) har xil  $\lambda_0$  da  $\tau$  bo'yicha o'zgarish grafiklari.

Agar bo'lakchani elastikli va qovushqoqlik xususiyatlarini e'tiborga olinmasa, u holda zarrachalarni ajratish jarayoni bo'lakchani turli sirt ustida normal kuchning bosim ostida qoziqchalarning «sudrash» natijasida sodir bo'lish mexanizmi deb qarash mumkin bo'ladi. U holda  $\varphi_* = 0$ ,  $\varphi' = \bar{v}_0$  bo'lib, yuqorida taklif etilgan model (3.2.10) ga asosan bo'lakcha massasining kamayish tenglamasini quyidagi sodda ko'rinishda yozish mumkin bo'ladi

$$\frac{dM}{M} = -\lambda_0 \bar{v}_0 (\bar{v}_0^2 + \sin \bar{v}_0 \tau) d\tau$$

Bu yerdan  $M(0) = M_0$  sharti bilan integrallab, topamiz

$$M = M_0 \exp[-\lambda_0 (\bar{v}_0^3 \tau + 1 - \cos(\bar{v}_0 \tau + \varphi_0))]$$

Zarrachalarni ajratish samaradorlikni nazariy hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi

$$\varepsilon = 1 - \exp[-\lambda_0 (\bar{v}_0^3 \tau + 1 - \cos(\bar{v}_0 \tau + \varphi_0))] \quad (3.2.11)$$

3.2.4-rasmda samaradorlikni (3.18.11) formula yordamida hisoblash natijalari  $\lambda_0 = r_0 \lambda = \text{const}$ , har xil qiymatlarida  $\tau$  - bo'yicha o'zgarish grafiklari keltirilgan.

Faraz qilaylik tozalash kamerasidagi silindrlil turli yuzaga uzluksiz ravishda sarfi  $Q$  (kg/min) bo'lgan mahsulot kelib tushsin. Quyidagi farazlarni qabul qilamiz:

1) Massaning tozalanish sohasi silindrik qatlam  $R - h < r < R$ ,  $\varphi_0 \leq \alpha \leq \varphi_n$  bo'lib, bu soha  $n$  ta sektordan iborat (bu yerda  $n$  - qoziqchalar soni) .  $\varphi_{j-1} \leq \alpha \leq \varphi_j$  ( $j = 1 \dots n$ ,  $\alpha_n = \varphi_n$ ).

2) Harakatdagi qatlamning qalinligi turli yuza radiusi  $r_0 = R$  ga nisbatan yetarli darajada kichik  $h \ll R$ , shuning uchun  $r = R$

3) Qatlamning harakati statsionar va uning radial' tezligi nolga teng.

4) Qatlamdagi bosim o'zgarmas va urinma tezlik (sirt bo'ylab)  $v$  polyar radiusiga bog'liq emas. Qatlamdagi massaning harakat tenglamasini og'irlik va ishqalanish kuchini e'tiborga olgan holda har bir sektor uchun Eyler formasida yozamiz

$$-\rho_j \frac{v_j^2}{R} = \rho_j g \sin \alpha - N_j, \quad \rho_j \frac{v_j dv_j}{R d\alpha} = \rho_j g \cos \alpha - f N_j \quad \varphi_{j-1} \leq \alpha \leq \varphi_j \quad (3.2.12)$$

Bu yerda  $\rho_j$ ,  $v_j$ ,  $N_j$  -  $j$  sektordagi massaning zichligi, urinma tezligi va normal kuch ifodalari. (3.18.12) ning birinchi tenlamasidan  $N_j$  aniqlab ikkichisiga qo'yamiz va  $v_j$  topish uchun tenglama hosil olamiz.

$$\frac{v_j dv_j}{R d\alpha} = g(\cos \alpha - f \sin \alpha) - f \frac{v_j^2}{R} \quad \varphi_{j-1} \leq \alpha \leq \varphi_j \quad (3.2.13)$$

(3.18.13) tenglamalar  $v_j = v_0$  agar  $\alpha = \varphi_{j-1}$  bo'lganda shartida integrallanadi:

$$v_j = \sqrt{2u_j}, \quad u_j = \frac{v_0^2}{2} \exp[-2f(\alpha - \varphi_{j-1})] + gR \int_{\varphi_{j-1}}^{\alpha} (\cos \alpha - f \sin \alpha) \exp(-2f(\varphi_{j-1} - \alpha)) d\alpha$$

Integrallarni hisoblab,  $u_j$  lar uchun quyidagi ifodalarni olamiz

$$u_j = \frac{v_0^2}{2} \exp[-2f(\alpha - \varphi_{j-1})] + Rg \exp(-2f\alpha) \{F_1(\alpha) - F_1(\varphi_{j-1}) + 2f[F_2(\alpha) - F_2(\varphi_{j-1})]\} / (4f^2 + 1)$$

Bu yerda

$$F_1(\alpha) = (\sin \alpha - 2f \cos \alpha) \exp(2f\alpha), \quad F_2(\alpha) = (\cos \alpha - 2f \sin \alpha) \exp(2f\alpha)$$

A.G.Sevast'yanov modeli asosida har bir sektordagi tola massasining zarrachalar ajralgandan so'ng kamayish differentsial formulasini yozamiz.

$$\frac{d\rho_j}{\rho_j} = -\lambda v_j(\alpha) d\alpha$$

Bu ifodani integrallab, xom ashyo zichligining kamayish rekkurent formulasini olamiz.

$$\rho_j = \rho_{j-1} \exp\left(-\int_{\varphi_{j-1}}^{\alpha} \lambda v_j(\alpha) d\alpha\right)$$

Xususiyl holda massa tezligi o'zgarmas  $v_j = v_0$  va  $\lambda = \text{const}$  bo'lsa, u holda

$$(\lambda_0 = \lambda v_0)$$

$$\rho_j = \rho_{j-1} \exp[-\lambda_0(\alpha - \varphi_{j-1})]$$

Agar tolani tozalashdan oldin zichligi  $\rho_0$  bo'lsa, u holda  $j$  sektordan ajralgan zarrachalarining nisbiy zichlik formulasi quyidagicha bo'ladi

$$\varepsilon_j = \frac{\rho_0 - \rho_j(\varphi_j)}{\rho_0} = 1 - \frac{\rho_j(\varphi_j)}{\rho_0} = 1 - \frac{\rho_{j-1}}{\rho_0} \exp[-\lambda_0(\varphi_j - \varphi_{j-1})]$$

Har bir sektordan ajraladigan zarrachalar nisbiy zichligi

$$\varepsilon_1 = 1 - \exp[-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)], \varepsilon_2 = 1 - \exp[-\lambda_0(\varphi_2 - \varphi_0)], \dots, \varepsilon_n = 1 - \exp[-\lambda_0(\varphi_n - \varphi_0)]$$

Umumiy ajralgan zarrachalar massasi ( $R_n = R(\varphi_n - \varphi_0)$ )

$$m = LR_n h \sum_{j=1}^n \rho_j = LR_n h \exp(-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)) \{1 + \exp[-\lambda_0(\varphi_2 - \varphi_1)] + \dots + \exp[-\lambda_0(\varphi_n - \varphi_0)]\}$$

Agar  $\varphi_j = \frac{\varphi_n}{n} j$ , bo'lsa, u holda

$$\begin{aligned} m &= LR_n h \exp(-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)) \{1 + \exp(-\lambda_0 \frac{\varphi_n}{n}) + \exp(-\lambda_0 \frac{2\varphi_n}{n}) + \dots + \exp[-\lambda_0 \frac{\varphi_n}{n} (n-1)]\} = \\ &= LR_n h \exp(-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)) \frac{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n)}{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n / n)} = LR_n h \exp(-\lambda_0 \varphi_n / n) \frac{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n)}{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n / n)} \end{aligned}$$

### Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar

1. Paxta xom ashyosi tarkibidagi iflosliklarni harakterlash, o'lchamlari.

2. Xom ashyoni mayda zarrachalardan ajratish texnologiyasi haqida ma'lumotlar.

3. Zarrachalar bilan turli yuzdan ajratishda A.G. Sevost'yanov modeli, uning tahlili.

Modelni amalda qo'llash usullari.

4. Turli yuza bo'ylab harakatlanuvchi paxta bo'lakchasining harakat tenglamasi.

5. Bo'lakchanning turli yuzada aylana bo'ylab harakatlanish qonuni, tahlili.

6. Bo'lakchadan mayda zarrachalarni ajratish jarayonini modellashtirish, A.G. Sevost'yanov modelini qo'llash.

7. Iflosliklardan tozalashning samaradorlik koeffitsienti va uni aniqlash.

8. Turli yuzada uzluksiz haraktda bo'lgan mahsulotning statsionar harakat tenglamasi.

Yuzada mahsulot tezligining o'zgarish qonunini aniqlash.

9. Turli yuzada harakatlanuvchi mahsulotda iflosliklarni ajratish modeli.

10. Mahsulot oqimi tarkibidan ajraladigan iflosliklar ajratish samaradorligini hisoblarning nazariy formulasi.

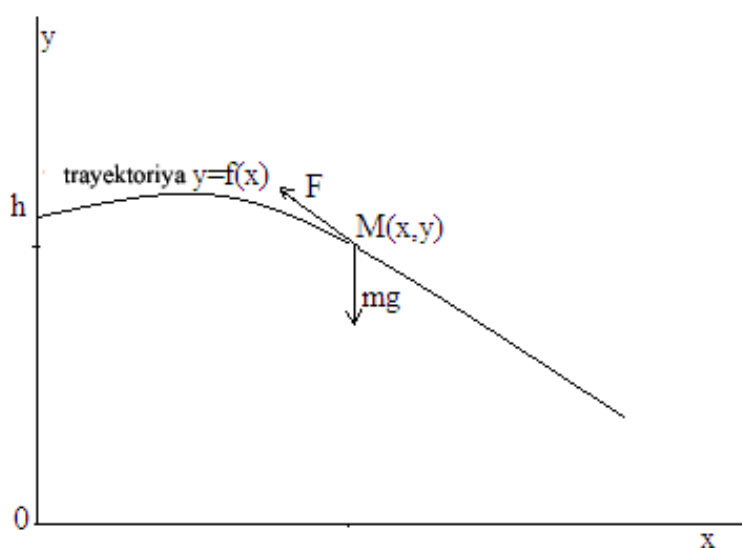
### **3.3.G'ovak muhitlarni uzatish texnologiyasining matematik modellashtirish asoslari**

Ma'lumki, paxta xom ashyosini qayta ishlash jarayonida paxtani saqlash joylari ombor va g'aram maydonlaridan bo'limlarga tashuvchi, hamda mahsulotni bo'limlararo uzatuvchi transport vositasi hozirgi sharoitda pnevmotransport hisoblanadi. Bu vositaning samaradorligi o'z navbatida uzatish jarayonining aerodinamik ko'rsatkichlarigi bevosita bog'liq bo'ladi. Paxta xom ashyosi ko'p komponentli g'ovak tutash muhitlar turkumiga taalluqli bo'lib, uni uzatish aerodinamikasi hozirgacha to'liq o'rganilmagan. Adabiyotda g'ovak muhitlar aerodinamikasi yetarli darjada o'rganilgan bo'lsada, undagi xulosalar, kuzatilgan qonuniyatlar va nazariy baholangan aerodinamik sifat ko'rsatkichlari xom ashyoni uzatish aerodinamikasiga yetarlicha o'z aksini topmagan. Buning sabablaridan biri paxta xom ashyosining mexanik va termodinamik xossalari texnologik zaruriyat nuqtai nazardan o'rganilgan bo'lib, hozirgacha tutash muhit sifatida chuqur tahlil qilinmagan. Buning natijasida ko'p komponentli g'ovak muhitlar uchun olingan amaliy va nazariy natijalar xulosalarini paxta xom ashyosi uchun bevosita qo'llash birmuncha qiyinchiliklarni tug'diradi. Bunday holatning vujudga kelishining eng katta sabablaridan biri paxta xom ashyosini qayta ishlash jarayonidagi muammolar bilan ko'proq texnologlar, injener mutaxassislar shug'ullanib, undagi fundamental tadqiqot izlanishlar yetarli darajada olib borilmagan. Shu munosabat bilan navbatdagi ma'ruzada paxta xom ashyosini havo oqimi vositasida uzatish jarayonlari aerodinamikasini tahlil qilish, uni modellashtirish muammolari bayon etiladi. Ma'ruzada jarayonni modellashtirishning asosiy tamoyillari va usullari keltiriladi.

G'ovak muhit deb havo oqimini qisman o'tkazuvchi, hamda unga qarshilik ko'rsatuvchi xossalarga ega bo'lgan tutash muhitni tushunamiz. Havoning o'tkazuvchanlik xususiyatini uning g'ovakligi yoki g'ovaklik koeffitsienti, qarshilik ko'rsatish xususiyatini aerodinamik qarshilik koeffitsientlari orqali baholanadi. Muhitdan  $v$  dan hajm ajratamiz. Uning  $V_{ck}$  hajmini muhitning o'zi (masalan tola, chigit va x.k.) egallasin, uni shartli ravishda skelet hajmi deb aytamiz, qolgan qismi  $V_x = V - V_{ck}$  esa havo egallagan bo'lsin. Ushbu nisbat  $V_x/V$  muhitning g'ovakligi

deyiladi va uni  $k$  bilan belgilaymiz, nisbat  $V_x/V_{ck}$  esa uning g'ovaklik koeffitsienti deyiladi, uni  $n$  bilan belgilaymiz. Koeffitsient  $n$  bilan g'ovaklik orasida ushbu bog'lanish bor  $n = \frac{V_x}{V_{ck}} = \frac{V_x}{V - V_x} = \frac{k}{1 - k}$ . Shunday qilib g'ovak muhit uchun amalda  $k < 1$ ,  $n > 1$  bajarilish lozim. Biz ma'ruzada faqat muhitning g'ovakliginin e'tiborga olamiz. U parametr muhitning tuzilish strukturasiga, ulushdagi skeletning zichligiga va boshqa ko'p omillarga bog'liq bo'ladi. Odatda g'ovaklik oshganda, muhitning havoni o'tkazuvchanlik ko'rsatkichi oshib boradi. Bu o'z navbatida uning aerodinamik qarshilik koeffitsientini kamaytirishga olib keladi.

Yolg'iz bo'lakchanning havo oqimi ta'siridagi harakatini ko'rib chiqamiz. Harakatni  $xOy$  tekisligiga qaraymiz.  $Ox$  o'qini gorizontal,  $Oy$  o'qini unga perpendikulyar qilib, pastdan yuqoriga yo'naltiramiz (3.3.1-rasm).



3.3.1- rasm. Bo'lakchanning harakat traektoriyasining sxemasi.

Havo oqimining kuchi bo'lakchanning traktoriyasi bo'ylab yo'nalgan bo'lib, uning o'qlardagi proektsiyalari bo'lakcha bilan havo tezliklari ayirmasi vektori (bo'lakcha nisbiy tezligi)  $\vec{v}_h = (v_x - v_{0x})\vec{i} + (v_y - v_{0y})\vec{j}$  ning moduliga proportsional bo'lsin ( bu yerda  $v_x$ ,  $v_y$  - bo'lakcha tezligining koordinata o'qlaridagi proektsiyalari,  $v_{0x}$ ,  $v_{0y}$  - havo oqimi tezligining o'qlardagi proektsiyalari). Havo kuchining vektori

$$\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}, \quad (3.3.1)$$

Bu yerda  $F_x = C_x |F| \cos(x, \vec{F})$ ,  $F_y = C_y |F| \cos(y, \vec{F})$ ,  $|F| = \sqrt{(v_x - v_{0x})^2 + (v_y - v_{0y})^2}$ ,  $C_x$ ,  $C_y$  - proportsionallik koeffitsientlari,  $\cos(x, \vec{F})$ ,  $F_x = \cos(x, \vec{F})$  kuch vektorining yo'naltiruvchi kosinuslari bo'lib, vektorning bo'lakcha harakat traetoriyasi bo'ylab yo'nalgani uchun quyidagi formulalar bilan aniqlanadi  $\cos(x, \vec{F}) = \frac{v_x - v_{0x}}{|F|}$ ,  $\cos(y, \vec{F}) = \frac{v_y - v_{0y}}{|F|}$ . Bu ifodalardan foydalanib (3.19.1) formula quyidagicha yozamiz

$$\vec{F} = C_x (v_x - v_{0x}) \vec{i} + C_y (v_y - v_{0y}) \vec{j} \quad (3.3.2)$$

Agar havo oqimining kuchi nisbiy tezlik modulining kvadratiga proportsional bo'lsa, u holda  $F_x = C_{1x} |F|^2 \cos(x, \vec{F})$ ,  $F_y = C_{1y} |F|^2 \cos(y, \vec{F})$  bo'lib ( $C_{1x}$ ,  $C_{1y}$  - yangi proportsionallik koeffitsientlari), (2) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi

$$\vec{F} = |F| [C_{1x} (v_x - v_{0x}) \vec{i} + C_{1y} (v_y - v_{0y}) \vec{j}] \quad (3.3.3)$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra bo'lakchanning harakat tenglamasini yozamiz

$$m\ddot{x} = m\dot{v}_x = -F_x,$$

$$m\ddot{y} = m\dot{v}_y = -F_y - mg$$

Havo qarshilik kuchini tanlanishiga qarab, uning proektsiyalari  $F_x$  va  $F_y$  (3.19.2) yoki (3.19.3) formulalar bilan ifodalanadi. Faraz qilaylik bo'lakcha gorizontal tekislikdan  $h$  balandlikda boshlang'ich tezliksiz havo oqimi ta'sirida harakat qilsin. Birinchi hol uchun quyidagi tenglamani olamiz

$$m\dot{v}_x = -F_x = C_x (v_{0x} - v_x), \quad m\dot{v}_y = -F_y - mg = C_y (v_{0y} - v_y) - mg \quad (3.3.4)$$

$\pi$  - teorema asosida (4) tenglamalarni quyidagi o'lchamsiz birliklar  $\tau = t \sqrt{\frac{g}{h}}$ ,

$$\bar{v}_x = v_x / \sqrt{gh}, \quad \bar{v}_y = v_y / \sqrt{gh}, \quad \bar{v}_{0x} = v_{0x} / \sqrt{gh}, \quad \bar{v}_{0y} = v_{0y} / \sqrt{gh}, \quad \lambda_x = \frac{C_x}{m} \sqrt{\frac{h}{g}}, \quad \lambda_y = \frac{C_y}{m} \sqrt{\frac{h}{g}}$$

da yozamiz. ( $v'_x = \frac{d\bar{v}_x}{d\tau}$ ,  $\bar{v}'_y = \frac{d\bar{v}_y}{d\tau}$ )

$$\bar{v}'_x = \lambda_x (\bar{v}_{0x} - \bar{v}_x), \quad \bar{v}'_y = \lambda_y (\bar{v}_{0y} - \bar{v}_y) - 1 \quad (3.3.5)$$

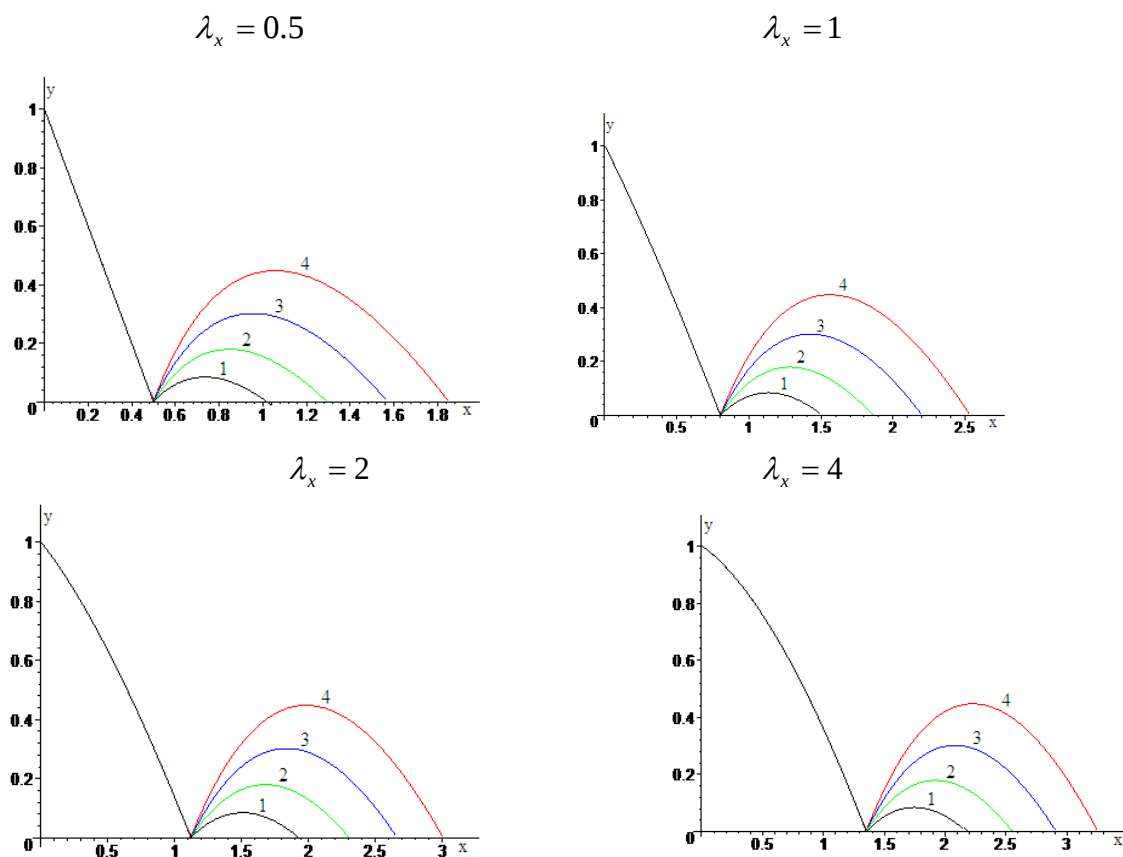
(3.3.5) tenglamalarini  $\bar{v}_{0x} = \text{const}$ ,  $\bar{v}_{0y} = \text{const}$  hol uchun  $\bar{v}_x(0) = 0$ ,  $\bar{v}_y(0) = 0$  - shartlarda integrallaymiz

$$\bar{v}_x = \bar{v}_{1x} = \bar{v}_{0x} (1 - \exp(-\lambda_x \tau)), \quad \bar{v}_y = \bar{v}_{1y} = (\bar{v}_{0y} - 1/\lambda_y) [1 - \exp(-\lambda_y \tau)] \quad (3.3.6)$$

Bo'lakchanning boshlang'ich koordinatasini  $(0, h)$  nuqtada joylashtirib,  $\bar{x}' = \bar{v}_x$   
 $\bar{y}' = \bar{v}_y$  ( $\bar{x} = x/h$ ,  $\bar{y} = y/h$ ) (3.3.6) tenglamalarni  $\bar{x}(0) = 0$ ,  $\bar{y}(0) = 1$  shartlarida  
 integrallab, bo'lakcha harakat qonunini o'lchamsiz birliklarda aniqlaymiz

$$\bar{x} = \bar{x}_1 = \bar{v}_{0x}[\lambda_x \tau - 1 + \exp(-\lambda_x \tau)] / \lambda_y, \bar{y} = \bar{y}_1 = (\lambda_y \bar{v}_{0y} - 1)[\lambda_y \tau - 1 + \exp(-\lambda_y \tau)] / \lambda_y^2 + 1 \quad (3.3.7)$$

Bo'lakchanning (3.3.7) harakat qonunlari  $t = t_1$  momentda uning ordinatasi  
 $y(t_1) = h$  teng bo'lganda o'rinli bo'ladi.  $t > t_1$  da bo'lakchanning tekislikdagi zarbadan  
 so'ng traektoriyasi o'zgaradi. Agar zarbadan keyin tiklanish koeffitsientini  $k$  deb  
 qabul qilinsa, u holda  $t > t_1$  ( $\tau > \tau_1 = t_1 \sqrt{g/R}$ ) harakat qonunlari quyidagi ko'rinishda  
 bo'ladi



3.3.2-rasm. Bo'lakcha harakatining  $\lambda_x$  va  $k$  ning har xil qiymatlardagi harakat

traektoriyalari:  $1 - k = 0.4$ ,  $2 - k = 0.6$ ,  $3 - k = 0.8$ ,  $4 - k = 1$

$$\bar{x} = \bar{x}_2 = \bar{v}_{0x}(\tau - \tau_1) - [\bar{v}_{0x} - \bar{v}_x(\tau_1)]\{1 - \exp[-\lambda_x(\tau - \tau_1)]\} / \lambda_x + \bar{x}_1(\tau_1),$$

$$\bar{y} = \bar{y}_2 = (\bar{v}_{0y}\lambda_y - 1)(\tau - \tau_1) / \lambda_y - [\bar{v}_{0y}\lambda_y - 1 - \lambda_y k |\bar{v}_{1y}(\tau_1)|]\{1 - \exp[-\lambda_y(\tau - \tau_1)]\} / \lambda_y^2$$

3.3.2- rasmda bo'lakcha harakatining  $\lambda_x$  va  $\lambda_y$  ning har xil qiymatlardagi harakat traektoriyalari keltirilgan. Hisobda  $\bar{v}_{0x} = 1$ ,  $\bar{v}_{0y} = 0$ ,  $\lambda_y = 0.5$  deb qabul qilingan.

Grafiklar tahlilida bo'lakchanning tekislikdan qaytganda uning vertikal yo'nalishda maksimal ordinatasi  $\bar{y} \leq 0.5$  tengsizlikni qanoatlantirishi kuzatilgan.

Paxta bo'lakchasi g'ovak muhit tarkibidagi element bo'lib, o'ziga xos aerodinamik ko'rsatkichlar bilan harakterlanadi. Bo'lakchani havo oqimi ta'siri uzatish jarayonida uning harakat qonuniga havoning oqimi aerodinamikasinig o'rnini yetarli darajala baholash lozim bo'ladi. Uchish apparatlari aerodinamikasi tahlilida havo oqimi tomonidan ularga ta'sir etadigan eng muhim ikkita kuch N.E.Jukovskiy kuchlari bo'lib, ulardan biri odatda apparat harakati yo'nalishiga va ikkinchisi unga perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi. Aerodinamikada birinchi kuchni rupara qarshilik kuchi ikkinchi kuch esa, ko'targich kuchi deb aytiladi. Birinchi kuch apparat harakatiga qarshilik ko'rsatadi, ikkinchisi apparat og'irlik kuchiga teskari yo'nalgan bo'lib, uni havoda muallaq turishini ta'minlaydi. Agar havo oqimining tezligi gorizonta ( $0_x$  o'qi bo'ylab) yo'nalgan bo'lsa u holda  $0_x$  o'qi bo'yicha apparatga rupara kuch  $X = c_x(v_x - v_0)$ , vertikal  $0_y$  o'qi bo'yicha unga ko'targich kuchi  $Y = c_y(v_x - v_0)$  ta'sir qiladi. Bu yerda  $c_x$  va  $c_y$  mos ravishda rupara qarshilik, hamda ko'targich kuchlar koeffitsientlari deb aytiladi va ular tajriba asosida aniqlanadi. Ularning nisbati  $\mathcal{G} = c_y / c_x$  apparatning aerodinamik sifat ko'rsatkichini aniqlaydi. Odatda  $\mathcal{G} < 1$  bo'lib,  $\mathcal{G}$  birga yaqin bo'lsa apparat yuqori aerodinamik ko'rsatkichga ega bo'ladi. Aerodinamik kuchlarini e'tiborga olib bo'lakcha harakat tenglamasi (4) ni quyidagich yozamiz

$$m\dot{v}_x = -F_x = c_x(v_{0x} - v_x), \quad (3.3.8)$$

$$m\dot{v}_y = -F_y - mg = C_y(v_{0y} - v_y) + \mathcal{G}c_x(v_x - v_{0x}) - mg \quad (3.3.9)$$

Bu tenglamalarning ushbu  $x(0) = 0$ ,  $\dot{x}(0) = v_{0x}$ ,  $y(0) = h$ ,  $\dot{y}(0) = v_{0y}$  boshlang'ich shartlarda (gorizonta tekislik bilan birinchi marta uchrashgandan so'ng) o'lchamsiz birliklarda yechimi quyidagicha bo'ladi ( $a = \bar{v}_{0y}\lambda_y - 1$ )

$$\bar{x} = \bar{x}_1 = \bar{v}_{0x} [\lambda_x \tau - 1 + \exp(-\lambda_x \tau)] / \lambda_x,$$

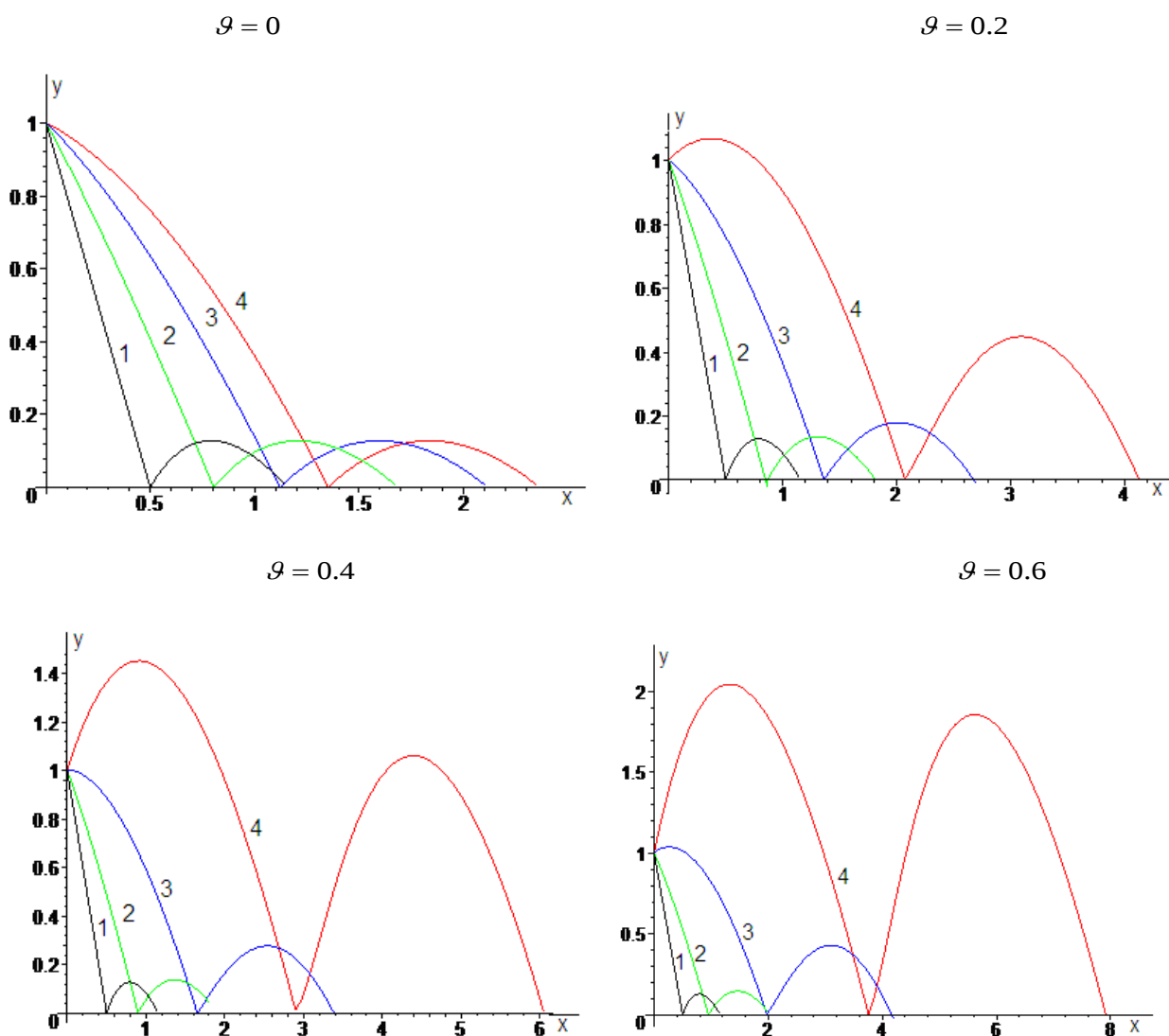
$$\bar{y} = \bar{y}_1 = a \frac{\lambda_y \tau - 1 + \exp(-\lambda_y \tau)}{\lambda_y^2} - \frac{\mathcal{G} \lambda_x v_{0x}}{\lambda_y - \lambda_x} \left[ \frac{1 - \exp(-\lambda_x \tau)}{\lambda_x} - \frac{1 - \exp(-\lambda_y \tau)}{\lambda_y} \right] + 1, \quad \tau \leq \tau_1$$

$$\bar{x} = \bar{x}_2 = \bar{v}_{0x} \{ \lambda_x (\tau - \tau_1) - 1 + \exp[-\lambda_x (\tau - \tau_1)] \} / \lambda_x + \dot{\bar{x}}_1(\tau_1) \{ 1 - \exp[-\lambda_x (\tau - \tau_1)] \} / \lambda_x + \bar{x}_1(\tau_1)$$

$$\bar{y} = \bar{y}_2 = a(\tau - \tau_1) / \lambda_y - [a - \lambda_y k |y'_1(\tau_1)| \{ 1 - \exp[-\lambda_y (\tau - \tau_1)] \} / \lambda_y^2 -$$

$$- \frac{\mathcal{G} \lambda_x \bar{v}_{0x}}{\lambda_y - \lambda_x} \left\{ \frac{1 - \exp[-\lambda_x (\tau - \tau_1)]}{\lambda_x} - \frac{1 - \exp[-\lambda_y (\tau - \tau_1)]}{\lambda_y} \right\}, \quad \tau \geq \tau_1$$

Bu yerda  $a = \lambda_y \bar{v}_{0y} - 1$ ,  $\tau_1$  -o'lchovsiz vaqt,  $\bar{y}_1(\tau_1) = 0$  shartidan aniqlanadi.



3.3.3- rasm. Bo'lakchanning  $k = 0.5$  bulganda  $\lambda_x$  va aerodinamik sifat ko'rsatkich

$\mathcal{G}$  ning har xil qiymatlarida harakat traektoriyalari:

$$1 - \lambda_x = 0.5, 2 - \lambda_x = 1, 3 - \lambda_x = 2, 4 - \lambda_x = 4$$

3.3.3- rasmda bo'lakchanning  $\lambda_x$  va aerodinamik sifat ko'rsatkich  $\mathcal{S}$  ning har xil qiymatlarida harakat traektoriyalari keltirilgan.

Yuqorida havo oqimining kuchi ta'sirida yolg'iz bo'lakchanning harakat traektoriyalari tahlil qilingan edi. Uzatish texnologiyasida g'ovak muhit massasi havo oqimi ta'sirida uzatiladi, yolg'iz bo'lakcha esa uzatishda sodir bo'ladigan ba'zi qonuniyatlarni tahlili uchun ayrim ma'lumotlar olish mumkin, lekin real jarayonni o'rganishda paxta xom ashyosi g'ovak muhit oqimi bilan modellashtrilishi va oqimning harakati o'rganilishi lozim. Shu munosabat bilan ma'ruzaning ikkinchi qismida paxta xom ashyosini ikki komponentli g'ovak muhit sifatida qarash va bu model asosida uzatish texnologiyasini nazariy o'rganish masalalari ko'rib chiqiladi.

Quyidagi farazlarni qabul qilamiz:

1. Uzatish jarayoni statsionar, ya'ni jarayonida oqim vositasida uzatiladigan massa o'zgarmaydi.

2. Muhit ikki komponent, birinchisi havo (ideal suyuqlik), ikkinchisi tola va chigitlardan tashkil topgan elementlar (qattiq jism).

3. Oqimni harakatini o'rganishda akademik X.A.Raxmatulinnig ko'p komponentli muhitlar nazariyasi asos qilib olinadi. Bu modelda umumlashgan fil'tratsiya nazariyasi muhitdagi qattiq jism komponentining harakati e'tiborga olingan.

4. Havo harakati qatlam yo'nalishida bo'lib, harakatdagi muhit oqimi qalinligi o'zgarmas qatlamni tashkil etadi va qatlam balandligi buyicha oqim tezligi uzgarmas.

5. Oqim qatlam yunalishida statsionar harakatda bo'ladi. Oqimdagi birlik vaqt bo'yicha uzatilayotgan muhitning massasini  $Q_0$  (kg/cek) ma'lum (texnologiyada bu kattalik jihozning ish unumdorligi bo'ladi). Koordinata boshini qatlamning boshlang'ich kesimida joylashtiramiz, bu kesimda uning tezligi  $u_{10} = Q_0 / \rho_0 h L$  ga teng bo'ladi. Bu yerda  $\rho_0$  ( $\text{kg} / \text{m}^3$ ) - muhitning agregat zichligi,  $h$  (m) va  $L$  (m)- qatlamning qalinligi va uzunligi.  $O_x$  o'qini qatlamning pastki yuzasi bo'ylab,  $O_y$  o'qini unga perpendikulyar pastdan yuqoriga yo'naltiramiz. Ixtiyoriy kesimda havo va qattiq jism zarrachalarining tezliklar o'qlardagi proektsiyalarini mos ravishda

( $u_1, v_1$ ) va ( $u_2, v_2$ ) bilan belgilaymiz. Ular X.A. Raxmatulin modeliga ko'ra quyidagi tenglamalarni qanoatlantiradi.

$$\rho_1(u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y}) = -\frac{\rho_1}{\rho_1^0} \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_2 - u_1), \quad (3.3.10)$$

$$\rho_1(u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y}) = -\frac{\rho_1}{\rho_1^0} \frac{\partial p}{\partial y} + k(v_2 - v_1) + \rho_1 g, \quad (3.3.11)$$

$$\rho_2(u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial u_2}{\partial y}) = -\frac{\rho_2}{\rho_2^0} \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_1 - u_2), \quad (3.3.12)$$

$$\rho_2(u_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial y}) = -\frac{\rho_2}{\rho_2^0} \frac{\partial p}{\partial y} + k(v_1 - v_2) + \rho_2 g. \quad (3.3.13)$$

Bu yerda  $\rho_i$  - keltirilgan,  $\rho_i^0$  - haqiqiy zichliklar, ( $i = 1, 2$ ),  $p$  - ikkala komponent uchun umumiy bosim,  $k$  - o'zaro ta'sir koeffitsienti.

(3.3.10)-(3.3.13) tengliklar geterogen aralashma uchun o'rinli bo'lgan keltirilgan zichliklar  $\rho_i$  bilan haqiqiy zichliklar  $\rho_i^0$  larini bog'laydigan

$$\frac{\rho_1}{\rho_1^0} + \frac{\rho_2}{\rho_2^0} = 1, \quad (3.3.14)$$

hamda fazalarining zichligi o'zgarmaslik tenglamalari

$$\rho_1 u_1 = \rho_{10} u_{10}, \quad \rho_2 u_2 = \rho_{20} u_{20} \quad (3.3.15)$$

bilan to'ldiriladi

4. Shartga ko'ra harakat havo oqimi yo'nalishida bo'lganligi sababli  $\rho_i = \rho_i(x)$ ,

$u_i = u_i(x)$ ,  $v_i = v_i(x)$ ,  $p = p(x)$  o'rinli bo'lib, quyidagi tengliklar  $\frac{\partial u_i}{\partial y} = 0$ ,  $\frac{\partial v_i}{\partial y} = 0$ ,

$\frac{\partial p}{\partial y} = 0$ , bajariladi va (10)-(13) tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\rho_1 u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = -\frac{\rho_1}{\rho_1^0} \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_2 - u_1), \quad (3.3.16)$$

$$\rho_2 u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = -\frac{\rho_2}{\rho_2^0} \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_1 - u_2), \quad (3.3.17)$$

$$\rho_1 u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} = k(v_2 - v_1) + \rho_1 g, \quad \rho_2 u_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} = k(v_1 - v_2) + \rho_2 g. \quad (3.3.18)$$

(3.3.16)-(3.3.17) tenglamalardan dastlab  $u_1(0) = u_{10}$ ,  $u_2(0) = u_{20}$  shartlarini qanoatlantiruvchi yechimlar aniqlangandan so'ng, (3.3.18) tenglamalardan  $v_1(x)$  va  $v_2(x)$  ning  $v_1(0) = 0$ ,  $v_2(0) = 0$  shartlarini qanoatlantiruvchi yechim topiladi.

(3.3.14) va (3.3.15) ifodalardan  $u_1(x)$  va  $u_2(x)$  orasidagi bog'lanishni topamiz

$$u_2 = u_{20} \frac{(1-\alpha)u_1}{u_1 - \alpha u_{10}} \quad (3.3.19)$$

(3.3.19) dan foydalanib (3.3.16) va (3.3.17)  $u_1(x)$  aniqlash uchun tenglama hosil qilamiz.

$$\frac{d\bar{u}_1}{dx} = \frac{k}{\rho_{10}u_{10}} \frac{\bar{u}_1^2(\bar{u}_1 - \alpha)[\gamma(1-\alpha) - \bar{u}_1 + \alpha]}{(1-\alpha)[\alpha_0\alpha(1-\alpha)\gamma^2 + (\bar{u}_1 - \alpha)^2]} \quad (3.3.20)$$

Bu yerda  $\bar{u}_1 = u_1/u_{10}$ ,  $\gamma = u_{20}/u_{10}$ ,  $\alpha = \rho_{10}/\rho_1^0$ ,  $\alpha_0 = \rho_2^0/\rho_1^0$  (3.3.13) tenglamani  $\bar{u}_1(0) = 1$  shartida integrallaymiz

$$\xi = (1-\alpha) \left[ \frac{d_1}{d_2} \ln \bar{u}_1 + \frac{(\alpha^2 + c)}{\alpha(\alpha + b)} \left( \frac{1}{\bar{u}_1} - 1 \right) + \frac{c}{\alpha^2 b} \ln \frac{\bar{u}_1 - \alpha}{1-\alpha} - \frac{b^2 + c}{d_2} \ln \frac{\bar{u}_1 - \alpha - \gamma(1-\alpha)}{(1-\alpha)(1-\gamma)} \right]$$

$$\text{Bu yerda } \xi = x \frac{\rho_{10}u_{10}}{k}, \quad d_1 = b\alpha^2 - bc - 2c\alpha, \quad d_2 = \alpha^2(b + \alpha)^2, \quad b = \gamma(1-\alpha),$$

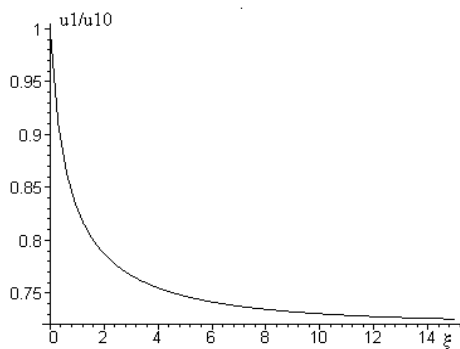
$c = \alpha_0\alpha b\gamma$  (3.3.18) tenglamalar yechimi kvadratda turadi ifodalanadi.

$$\bar{v}_1 = \frac{v_1}{u_{10}} = e^{-2\xi} \int_0^\xi \left[ \frac{\beta_1}{u_1(z)} - F(z) \right] e^{2z} dz, \quad \bar{v}_2 = \frac{v_2}{u_{10}} = F(\xi) - \bar{v}_1(\xi)$$

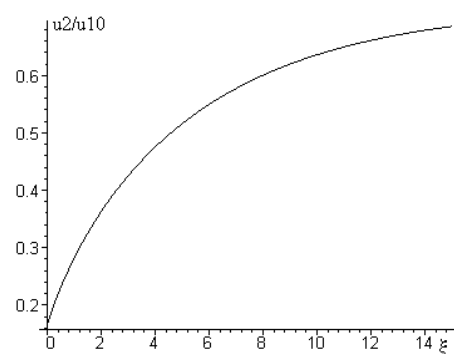
$$\text{Bu yerda } F = \int_0^\xi \left( \frac{\beta_1}{u_1(z)} + \frac{\beta_2}{u_2(z)} \right) dz, \quad \beta_1 = \rho_{10}g/ku_{10}, \quad \beta_2 = \rho_{20}\gamma g/ku_{10}$$

3.3.4- rasmda havo zarracharining tezligi  $u_1/u_{10}$  (a) va qattiq jism komponenti tezligi  $u_2/u_{10}$  (b) larning qatlam yo'nalishida (keltirilgan masofa  $\xi = xk/\rho_{10}u_{10}$  bo'yicha) o'zgarish grafiklari keltirilgan. Hisobda qabul qilingan:  $\rho_1^0 = 1.2\kappa z/\mathcal{M}^3$ ,  $\rho_{10} = 0.8\kappa z/\mathcal{M}^3$ ,  $\rho_2^0 = 100\kappa z/\mathcal{M}^3$ ,  $\rho_{20} = 30\kappa z/\mathcal{M}^3$ ,  $u_{10} = 30\mathcal{M}/c$ ,  $u_{20} = 5\mathcal{M}/c$ ,  $k = 100\kappa z/\mathcal{M}^3 \cdot c$ .

a)



b)



3.3.4-rasm. Havo zarrachalari  $u_1/u_{10}$  (a) va qattiq zarrachalar  $u_2/u_{10}$  (b) tezliklarining qatlam yo'nalishi bo'yicha o'zgarish grafiklari

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Paxta xom ashyosini uzatish texnologiyasida aerodinamikani qo'llash usullari.
2. G'ovak muhitni uzatish jarayonida havo oqimi kuchini baholash va ifodalash.
3. Yolg'iz paxta bo'lakchasi havo oqimi ta'sirida harakatini o'rganish. Havo qarshilik koeffitsienti. Bo'lakchani harakat tenglamasi, uni integrallash.
4. Havoda haraktlanuvchi bo'lakcha aerodinamikasi parametrlari. Rupara qarshilik va ko'targich kuchlar koeffitsientlari va ularni aniqlash.
5. Bo'lakchani aerodinamik sifat ko'rsatkichi koeffitsienti.
6. Havo oqimi va ko'targich kuchlar ta'sirida bo'lakchani harakat qonuni.
7. Ikki komponentli muhit haqida tushuncha. G'ovaklik va g'ovaklik koeffitsienti.
8. Ikki komponentli muhit harakati, X.A. Raxmatulin modeli, tenglamalari.
9. Ikki komponentli muhitning bir o'lchovli harakat tenglamasi, uni integrallash.
10. Ikki komponentli muhitning ikki o'lchovli harakat tenglamasi va integrali.

### **3.4. Elastik muhitning (jismning) qattiq sirtlar bilan o'zaro dinamik ta'sirini modellashtirish asoslari.**

O'zaro bog'lanishda (kontaktda) bo'lgan jimslarning dinamikasi mexanika fanining eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Hozirgi paytda mashina va mexanizmlarda tezliklarning oshib borishi, yangi konstruksion materiallar qo'llanilishi, ularning o'zaro bog'lanishda bo'lgan qo'zg'aluvchi elementlarida yuqori darajada bog'lanish (kontakt) kuchi hosil bo'lishi natijasida, elementlarni bog'lab turuvchi yuzalarda emirilishlar ro'y berib turadi. Bog'lanish yuzalarda hosil bo'ladigan ko'chishlar va ular sababli yuzada hosil bo'ladigan kuchlarini aniqlash va tahlil qilish muammolari bilan shug'ullanadigan yo'nalish jismlarining o'zaro bog'lanishdagi mexanikasi deb aytiladi. Bu yo'nalish bilan ilk bor Gerts, Vinkler va boshqalar shug'ullangan. Shuning uchun bog'lanish kuchi haqida so'z borganda bog'lanishning Gerts qonuni yoki Vinklerning bog'lanish kuchi deb aytiladi. Keyingi paytlarda bu yo'nalishda juda ko'p amaliy va nazariy tadqiqot ishlari olib borilgan. Bu yo'nalishdagi ishlarning umumiy tahlilini ingliz tilidan rus tiliga o'girilgan

K.Djonsonning «Mexanika kontaktного vzaimodeystviya» nomli mognoGRAFIYASIDA tanishib chiqish mumkin. O'zbekistonda bu yo'nalishga taalluqli ishlar akademik T.Rashidov va uning shogirdlari tomonidan olib borilyapti, tadqiqotlar amalda ko'rilish mexanikasi bilan bog'liq bo'lib, yer osti konstruktsiyalarini seysmik bardoshligini ta'minlash, ularning dinamikasini urganish kabi muammolar hal qilinib, bu yo'nalish fanimizda yer osti konstruktsiyalarining seysmodinamikasi deb qabul qilingan.

Dastlab bir - biri bilan bog'lanishda bo'lgan jismlarda hosil bo'ladigan siljishdagi bog'lanish kuchini tahlil qilaylik. Faraz qilaylik ikki jism biror tekislik bo'ylab o'zaro bog'langan bo'lsin. Ularning biri qo'zg'almas bo'lib, ikkinchisiga tekislikka parallel bo'lan kuch ta'sir etsin. Bu kuchning qiymatiga, hamda bog'lanishning mustahkamlik darajasiga qarab, ikkinchi jism birinchisiga nisbatan qo'zg'alishi mumkin. Kragel'skiy va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tajribalarda bog'lanish kuchi dastavvl qo'zg'aluvchi jismning kuchishiga proporsional bo'lishini (bu ko'chish bog'lanish yuzasida ma'lum deformatsiyalar hosil bo'lishligini e'tiborga olib, uni dastavval kuchish deb nom berilgan) va kuch ma'lum qiymatga etgandan so'ng jismlar orasidagi bog'lanish buzilishi sodir bo'lishi kuzatilgan. Kuchning bu qiymatidan so'ng ikkinchi jism birinchisiga (qo'zg'almas holatidagi) nisbatan siljiydi, jismlar deformatsiyanmaydigan bo'lsa, u holda bog'lanish yuzasida siljish kuchi bir xil bo'lib, uni odatda Kulon kuchi  $F_k$  deb aytiladi. Agar bog'lanish kuchini  $F$  bilan belgilasak, u holda agar  $F < F_k$  bo'lsa, bog'lanish kuchini  $F = ku$  deb qabul qilsa bo'ladi ( $k$  - siljishdagi bikirlik koefitsienti deyiladi). Odatda bu kuch bikirlik koefitsienti  $k$  ga teng bo'lgan prujinaning qarshilik kuchi bo'lganligi sababli, bunday tarzda aniqlangan bog'lanish kuchini «prujinali model» yoki Vinklarning elastiklik modeli deb nom berilgan. Endi faraz qilaylik, qo'zg'aluvchi jismga boshlang'ich  $v_0$  tezlik berilgan bo'lsin. Uning massasini  $m$  bilan belgilab, harakat tenglamasini yozamiz

$$m\ddot{u} = -F = -ku \quad (3.4.1)$$

Uning boshlang'ich shartlar  $u(0) = 0$ ,  $\dot{u}(0) = v_0$  dagi yechimi

$$u = u_1 = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

$\omega = \sqrt{k/m}$  - jismning siljishdagi xususiy tebranish chastotasi. Siljishdagi bog'lanish kuchi esa  $F = v_0 \sqrt{mk} \sin \omega t$  qonuniyat bilan o'zgaradi  $t = t_0$  momentda

$$F = F_k = \frac{v_0}{\omega} k \sin \omega t_0 = v_0 m \omega \sin \omega t_0 \quad (3.4.2)$$

tenglik bajarilsa, u holda siljish kuchi Kulon kuchiga erishadi va bu holda jismlar orasida bog'lanish buziladi. (3.20.2) tenglamadan  $t_0$  ni topamiz

$$t_0 = \arcsin \frac{F_k}{v_0 m \omega}$$

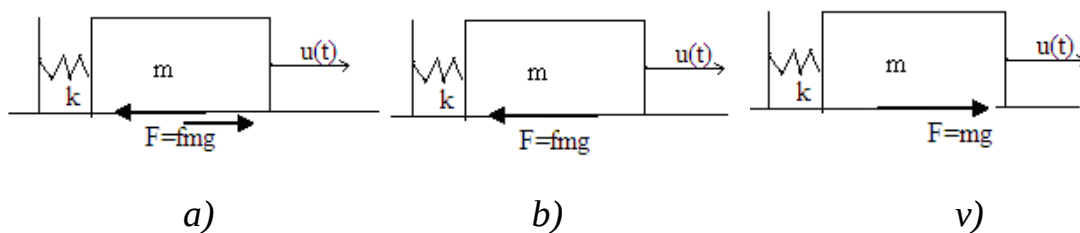
Sinus funksiyaning haqiqiy ildizi mavjudligi shartidan

$$F_k \leq v_0 m \omega \quad (3.4.3)$$

tengsizlikni olamiz. Agar boshlangich tezlik  $v_0$  jism massasi  $m$  va xususiy chastota  $\omega$  uchun (3.4.3) tengsizlik bajarilmasa, u holda qo'zg'aluvchi jism tebranma harakatda bo'lib, jismlar orasida faqat dastaval siljishlar hosil bo'lib ular orasidagi bog'lanish buzilmaydi. Agar parametrlar (3.4.3) shartini bajarsa, u holda  $F = F_k$  uning ishorasi jism tezligiga teskari yo'nalgan bo'ladi. Odatda dinamika masalalarida bu kuch  $F = -F_k \text{sign}(v)$  ko'rinishda olinadi, bu yerda  $\text{sign}(z)$  belgilovchi funksiya bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:  $\text{sign} z = 1$  agar  $z > 0$  bulsa,  $\text{sign} z = -1$  agar  $z < 0$  bo'lsa,  $-1 < \text{sign} z < 1$  agar  $z = 0$  bo'lsa. Sinus funksiya sinining xossasidan  $\omega t_0 \leq \pi/2$ , shunga ko'ra  $t = t_0$  da  $\dot{u}(t_0) = v(t_0) > 0$  bo'lib (1) tenglamaning yechimi

$$u = -F_k (t - t_0)^2 / 2m + v_0 (t - t_0) \cos \omega t_0 + u_1(t_0)$$

Jismlarnng o'zaro bog'lanishini belgilaydigan parametrlarini tanlangan modelda siljishning bikirlik koeffitsient va Kulon kuchining qiymati belgilab beradi. Kulon kuchi jismga ta'sir etayotgan tashqi kuchga bog'liq bo'lishi e'tiborga olamiz. Jismlar bog'lanish yuzasi gorizontal tekislik bo'lib, yuzaga ikki kuch - prujina kuchi  $ku$  va ishqalanish kuchi  $fmg$  kuchlar ta'sir qilsin (3.4.1-rasm)



3.4.1-rasm. Ikki parametrlı (prujina qarshilik , ishqalanish kuchlari) mexanik jarayon modelining sxemasi.

Nyutonnig ikkinchi qonuniga asosan harakat tenglamasini yozamiz

$$m\ddot{u} = -ku - fmg\text{sign}(v) \quad (3.4.4)$$

(3.4.4) tenglamada  $m, k, f$  TO ning ichki parametrlari,  $v_0$  - tashqi parametrlar bo'lib, jismning kuchishi  $u = u(t)$  esa TO ning aniqlanadigan parametri deb qabul qilish mumkin. Jismning chapdan o'ngga harakatini musbat deb qabul qilamiz. Faraz qilaylik jismga musbat yo'nalishida boshlang'ich  $v_0$  tezlik berilgan bo'lsin. U holda boshlang'ich momentlarda  $v > 0$  bo'lib  $\text{sign} v = 1$  bo'lib tenglama 2b-sxemaga ko'ra quyidagicha yoziladi

$$\ddot{u} = -\omega^2 u - fg \quad (3.4.5)$$

(3.4.5) tenglamaning  $u(0) = 0$ ,  $\dot{u}(0) = v_0$  shartlardagi yechimi

$$u = u_1 = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t - \frac{fg}{\omega^2} (1 - \cos \omega t) \quad (3.4.6)$$

(3.4.5) tenglamadan  $\ddot{u}(0) = -fg < 0$  bo'lganligi sababli,  $t = t_1$  momentda jismning tezligi nolga aylanadi, ya'ni  $\dot{u}_1(t_1) = v_0 \cos \omega t_1 - \frac{fg}{\omega} \sin \omega t_1 = 0$  bu yerdan

$t_1 = \frac{1}{\omega} (\arctan g \frac{v_0 \omega}{fg} + n\pi)$ .  $n = 0$  ildizni olamiz. U holda bu momentda jismning kuchishi

$$u_1(t_1) = u_{11} = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t_1 - \frac{fg}{\omega^2} (1 - \cos \omega t_1) = \frac{1}{\omega^2} \sqrt{v_0^2 \omega^2 + f^2 g^2} - \frac{fg}{\omega^2} \quad (3.4.7)$$

Shunday qilib  $t \geq t_1$  da elastik kuch bilan Kulon ishqalanish kuchi muvozanatda bo'lib, jism qo'zg'almas holatda keladi.

Endi jismga musbat yo'nalishida o'zgarmas  $P$  kuch ta'sir etsin.

1b-sxemaga ko'ra (3.4.1) tenglamani quyidagicha yozamiz

$$m\ddot{u} = -ku - fmg + P \quad (3.4.8)$$

Uning  $u(0) = 0$ ,  $\dot{u}(0) = 0$  shartlardagi kuchishi, tezligi va tezlanishi

$$\begin{aligned} u &= u_1 = \frac{1}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - fg \right) (1 - \cos \omega t), \\ \dot{u} &= \dot{u}_1 = \frac{1}{\omega} \left( \frac{P}{m} - fg \right) \sin \omega t, \\ \ddot{u} &= \ddot{u}_1 = \left( \frac{P}{m} - fg \right) \cos \omega t \end{aligned} \quad (3.4.9)$$

Demak jismning qo'zg'alishi uchun  $P > mgf$  sharti bajarilishi lozim.  $t = t_1 = \pi / \omega$  jism tezligi nolga aylanadi.  $t > t_1$ , jism ikki holatda bo'lishi mumkin. Buning uchun uning tezlanishi  $\ddot{u}(t_1)$  ishorasini aniqlaymiz. Agar  $\ddot{u}(t_1) > 0$  bo'lsa, u holda tezlik o'z ishorasini o'zgartirmaydi, shunday qilib elastik kuch bilan ta'sir kuch  $P$  muvozanatda bo'lib, jism qo'zg'almas holatga keladi. Agar  $\ddot{u}(t_1) < 0$  bo'lsa, u holda jism tezligi o'zgarib, u manfiy yo'nalishda harakat qiladi. Shunday qilib ikkinchi holni qaraymiz (3.4.8) tenglamani  $\dot{u} = v < 0$  uchun (1v- sxemaga ko'ra) yozamiz.

$$m\ddot{u} = -ku + fmg + P \quad (3.4.10)$$

$t = t_1$  momentda tezlanish  $\ddot{u}(t_1)$  (3.4.10) foydalanib ishorasini aniqlaymiz

$\ddot{u}(t_1) = -\omega^2 \frac{2}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - fg \right) + fg + \frac{P}{m} = 3fg - \frac{P}{m}$ . Bu ifodadan ko'rinadiki agar  $P > 3fmg$  bo'lsa  $\ddot{u}(t_1) < 0$  sharti bajariladi, aks holda esa jism muvozanat holatda bo'ladi. Shunday qilib agar  $mgf < P < 3mgf$  bo'lsa, tenglama yechimi quyidagicha:  $u = u_1$   $0 \leq t \leq \pi / \omega$  bo'lganda,  $u = \text{const} = u_1(\pi / \omega)$   $t \geq \pi / \omega$  bo'lganda

Faraz qilaylik  $P > 3fmg$  sharti bajarilsin. (3.4.10) tenglamaning  $u(t_1) =$

$\frac{2}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - fg \right)$ ,  $\dot{u}(t_1) = 0$  shartlarda olingan ko'chishi, tezligi va tezlanishi

$$\begin{aligned} u &= u_2 = -\frac{1}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - 3fg \right) \cos \omega t + \frac{P}{m\omega^2} + \frac{gf}{\omega^2}, \quad \dot{u} = \dot{u}_2 = \frac{1}{\omega} \left( \frac{P}{m} - 3fg \right) \sin \omega t, \\ \ddot{u} &= \ddot{u}_2 = \left( \frac{P}{m} - 3fg \right) \cos \omega t \quad \pi / \omega < t < 2\pi / \omega \end{aligned} \quad (3.4.11)$$

(3.4.11) ifodadan jismning navbatdagi tezligi  $t = t_2 = 2t_1 = 2\pi / \omega$  momentda nolga aylanadi. Bu momentda uning musbat yo'nalishda harakat qilishi uchun

$m\ddot{u} = -ku - fmg + P$  o'rinli bo'lib,  $\ddot{u}(t_2) > 0$  bajarilishi lozim.

$u(t_2) = -\frac{1}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - 3fg \right) + \frac{P}{\omega^2 m} + \frac{fg}{\omega^2} = \frac{4fg}{\omega^2}$  tenglikdan va bu shartdan foydalansak

$\ddot{u}(t_2) = -\omega^2 \frac{4fg}{\omega^2} - fg + \frac{P}{m} = \frac{P}{m} - 5fg > 0$  tengsizlikni olamiz. Demak jismning musbat

yo'nalishda harakat qilishi uchun tashqi kuch  $P > 5mg$  shartini bajarishi lozim. Agar  $P < 5mg$  bo'lsa muvozanat hosil bo'ladi va jism  $t \geq 2t_1$  qo'zg'almas holatda bo'ladi.

Shunday qilib agar  $3mgf < P < 5mgf$  bo'lsa, tenglama yechimi quyidagicha:  $u = u_2$

$\pi/\omega \leq t \leq 2\pi/\omega$  bo'lganda,  $u = \text{const} = u_2(2\pi/\omega)$   $t \geq 2\pi/\omega$  bo'lganda

Agar  $P > 5mg$  sharti bajarilsa, jismning harakat qonuni quyidagicha bo'ladi

$$u = u_3 = -\frac{1}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - 5fg \right) \cos \omega t + \frac{P}{m\omega^2} - \frac{gf}{\omega^2}, \quad 2\pi/\omega < t < 3\pi/\omega$$

Bu usulni davom ettirib,  $P$  kuchning qiymatigan qarab, quyidagi yechimlarni olish mumkin. Agar  $(6n-3)fmg < P < (6n-1)fmg$  sharti bajarilsa, jism manfiy tomonga harakat qilib, tenglama yechimi quyidagicha bo'ladi.

$$u = u_{n+1} = -\frac{1}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - (6n-3)fg \right) \cos \omega t + \frac{P}{m\omega^2} + \frac{gf}{\omega^2} \quad (2n-1)\pi/\omega < t < 2n\pi/\omega$$

bo'lganda,  $u = \text{const} = u_{n+1}[(6n-3)\pi/\omega]$ ,  $t > 2n\pi/\omega$  bo'lganda ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

Agar  $(6n-1)fmg < P < (6n+1)fmg$  sharti bajarilsa, jism musbat tomonga harakat qilib, tenglama yechimi quyidagicha bo'ladi

$$u = u_{n+2} = -\frac{1}{\omega^2} \left( \frac{P}{m} - (6n-1)fg \right) \cos \omega t + \frac{P}{m\omega^2} - \frac{gf}{\omega^2} \quad (2n)\pi/\omega < t < (2n+1)\pi/\omega \text{ bo'lganda,}$$

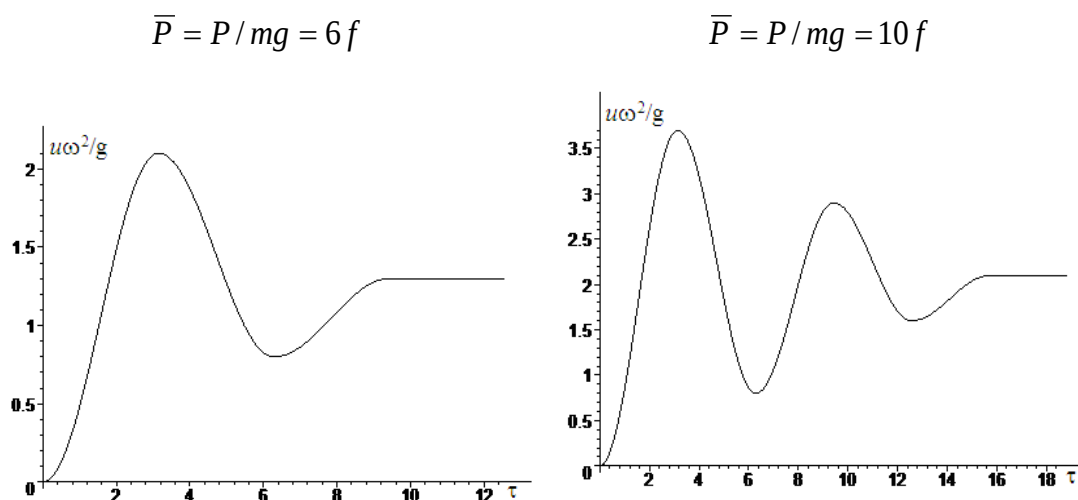
$u = \text{const} = u_{n+2}[(6n-1)\pi/\omega]$ ,  $t > (2n+1)\pi/\omega$  bo'lganda ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

**3.4.1-Misol.** Jismga  $P = 6fmg$  va  $P = 10fmg$  kuchlar ta'sir etganda uning tebranma harakatini aniqlang.

**Echish:**  $P = 6fmg$  bo'lganda, uch intervalni ko'ramiz:  $fmg < P < 3fmg$ ,  $3fmg < P < 5fmg$ ,  $5fmg < P < 7fmg$ .  $u = u_1$  agar  $0 \leq t \leq \pi/\omega$  bo'lsa (musbat yo'nalish),  $u = u_2$ , agar  $\pi/\omega \leq t \leq 2\pi/\omega$  bo'lsa (manfiy yo'nalish),  $u = u_3$  agar  $2\pi/\omega \leq t \leq 3\pi/\omega$  bo'lsa (musbat yo'nalish) va  $u = u_3(3\pi/\omega)$  bo'lsa  $t \geq 3\pi/\omega$  bo'lsa (muvozanat holat).

$P = 10fmg$  bo'lganda  $fmg < P < 3fmg$ ,  $3fmg < P < 5fmg$ ,  $5fmg < P < 7fmg$ ,

$7 fmg < P < 9 fmg$  ,  $5 fmg < P < 7 fmg$  intervallarni ko'rish lozim. 20.2- rasmda jismning  $f = 0.2$  da harakat qonunlarining o'lchamsiz birliklarda  $u\omega^2/g$  ,  $\tau = \omega t$  grafiklari keltirilgan.



3.4.2-rasm. Jismning tekislik sirtida har xil  $\bar{P} = P/mg$  da harakat qonuni.

Endi jismlarning normal yo'nalishdagi o'zaro ta'sir dinamikasini ko'rib chiqamiz. Bu hol mashina va apparatlar elementlarining bir biriga nisbatan zarba hosil qilishi, texnologiyada zarba kuchi hisobida xom ashyoni mayda zarrachalardan ajratish, mahsulotni presslash, jinlash jarayonlarida ko'p uchraydi. Shu munosabat bilan ma'ruzaning ikkinchi qismida deformatsiyalanadigan (elastik g'ovak muhitlar) jismlarining normal yo'nalishdagi o'zaro dinamik ta'sir dinamikasini Ya.G.Panovko va K.Djonson adabiyotlarida keltirilgan modellar asosida tahlil etamiz. Kontakt yuzada o'zaro ta'sir kuchlarini aniqlashda «prujinali matritsa» modelidan foydalanamiz. Bu modelga ko'ra, agar ikki jism biriga normal yo'nalishda o'zaro ta'sirda bo'lsa, ularing kontakt yuzasida har bir nuqta qo'shni nuqtaga bog'liqsiz ravishda ta'sir chizig'i yo'nalishida bir biriga yaqinlashadi. Har bir nuqtaning kuchishidan hosil bo'ladigan kuch uning ko'chishiga proporsional bo'ladi. Shunday qilib yuzada hosil bo'ladigan kuch prujinalarda hosil bo'lgan kuchlar yig'indisiga teng bo'ladi. Agar kontakt yuzada bu kuchlarning yuza bo'yicha tarqalish qonuni ma'lum bo'lsa, u holda kuchlarini yuza bo'ylab integrallab, ularning teng ta'sir etuvchisini torish mumkin. Yuqoridagi farazga ko'ra har bir nuqtada hosil bo'ladigan

bosim kuchi  $p = k_0 u$  ni Vinkler formulasi yordamida hisoblash lozim (bu yerda  $k_0$  - elastik qaytarish (otpor) koeffitsienti). Teng ta'sir etuvchi kuch o'zaro ta'sirdagi jismlar shakliga bog'liq bo'ladi. Biz ma'ruzada eng sodda shaklda bo'lgan deformatsiyalanadigan g'ovak muhitlardan iborat jismlarning o'zaro ta'sir dinamikasini ko'rib chiqamiz.

*1. O'qlari bir-biriga parallel bo'lgan silindrlarning bosimdagi o'zaro ta'sir kuchi.*

Faraz qilaylik o'qlari bir-biriga parallel bo'lgan ikki silindrga ularning o'qlaridan o'tadigan tekislikda etib, markazlarini birlashtiradiga chiziqdan o'tuvchi tarqalgan kuch  $P$  ta'sirida o'zaro kesilgan bo'lsin (3.4.3-rasm). Pastki silindr absolyut qattiq va uning markazi qo'zg'almas, Yuqoridagi silindr deformatsiyalanadigan bo'lib, uning markazi kuch ta'sirida  $u_0$  qiymatga ko'chsin. Dastavval kuch ta'sirida bo'lmaganda silindrlar umumiy yasovchi chiziq bo'yicha kontaktda bo'ladi (3.4.3-rasmda punktir chiziq). Koordinata boshini yuqori silindrning markazida joylashtirib,  $0x$  o'qini o'ngdan chapga,  $0y$  o'qini unga preperdikulyar qilib yuqoridan pastga yo'naltiramiz. Ko'ndalang kesimda hosil bo'ladigan yuqori va pastki tsilindrlar konturlari bo'lib ularning tenglamasi yuqori silindrning ko'chishigacha quyidagicha yoziladi (3.4.3-rasm)

$$y_1^2 + x^2 = R_1^2 \text{ (yuqori silindr)} \quad (3.4.12)$$

$$(y_2 - R_1 - R_2)^2 + x^2 = R_2^2 \text{ (pastki silindr)} \quad (3.4.13)$$

Yuqori silindr markazining ordinatasi  $u_0$  ga ko'chsa

$$(y_1 - u_0)^2 + x^2 = R_1^2 \quad (3.4.14)$$

tenglama olamiz

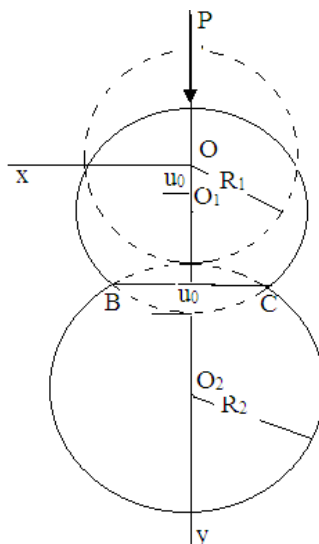
Silindrlarning yaqinlashiish yuzasi eni  $BC$  ga teng bo'lgan tasma (polosa) bo'lib, ularining ixtiyoriy nuqtalarining yaqinlashishi (3.4.12) va (3.4.13) ordinatalar ayirmasidan topiladi

$$u = y_1 - y_2 = u_0 + \sqrt{R_1^2 - x^2} + \sqrt{R_2^2 - x^2} - R_1 - R_2 \quad (3.4.15)$$

(3.20.15) ifodani  $x/R_1$  va  $x/R_2$  bo'yicha darajali qatorga yoyib  $(x/R_1)^4 \approx 0$ ,  $(x/R_2)^4 \approx 0$  va unda yuqori darajadagi xadlarni nolga tenglashtirsak

$$u = u_0 - x^2 / R_1^2 - x^2 / R_2^2 \quad (3.4.16)$$

Silindrlarning o'zaro bog'lanish chegaralarining abstsissalari  $x = x_0$  ( $B$  - nuqta) va  $x = -x_0$  ( $C$  - nuqta) dan iborat bo'lib, ularni (3.4.16) tenglikni nolga tenglashtirib topamiz.



3.4.3- rasm. Silindrlarning bir biriga nisbatan o'zaro ta'sir sxemasi.

$$x_0 = \sqrt{\frac{2u_0 R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \quad (3.4.17)$$

Kontakt yuzadagi bosim  $p = k_0 u$  ni  $-x_0 \leq x \leq x_0$  oraliqda  $k_0 = const$  bo'lganda integrallab, bosim kuchining teng ta'sir etuvchisini topamiz

$$P = k_0 L \int_{-x_0}^{x_0} u dx = 2k_0 L \int_0^{x_0} (u_0 - x^2 / R_1^2 - x^2 / R_2^2) dx = \frac{4k_0 L u_0}{3} \sqrt{\frac{2u_0 R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = k_* (u_0)^{3/2} \quad (3.4.18)$$

Bu yerda  $k_* = \frac{4k_0 L}{3} \sqrt{\frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$ ,  $L$  - silindrlar uzunligi.

2. Shar shaklida deformatsiyalanadigan jismning tekislik bilan o'zaro ta'sir kuchi

Radiusi  $R$  bo'lgan shar normal kuch ta'sirida tekislikka yaqinlashganda, kontakt yuza radiusi  $r_0 = R\sqrt{1 - (1 - u_0 / R)^2}$  bo'ladi. Teng ta'sir etuvchi kuch esa

$$P = k u_0 - \frac{k_0}{3} R^2 [1 - (1 - r_0^2 / R^2)^{3/2}] \quad (3.4.19)$$

Bu tenglikka  $r_0$  ifodasini ko'ysak, kuch  $P$  orasida murakkab bog'lanishni topamiz.  $\sqrt{1-r^2/R^2} \approx 1-r^2/2R^2$   $u_0^2/R^2 \approx 0$  qabul qilinsa, u holda  $r_0 = R\sqrt{2u_0/R}$  bo'lib, kuchning ifodasi

$$P = 2\pi k_0 \int_0^{r_0} r(u_0 - r^2/2R^2) dr = \pi k_0 R u_0^2 \quad (3.4.20)$$

(3.4.18) va (3.4.20) formulalarni solishtirsak,  $u/R$  ning kichkina qiymatlarida ( $u_0/R < 0.1$ ) silindr shaklida jismda o'zaro ta'sir kuchi ko'chishning  $3/2$  darajasiga, sharsimon jism uchun uning kvadratiga proportsional bo'ladi; Agar jismlar o'zaro dinamik ta'sirida (masalan silindrsimon yoki sharsimon jismlar tekislikka boshlang'ich telik bilan o'zaro ta'sirda bo'lsa), u holda dinamikaning quyidagi chiziqsiz tenglamasini echib kuchish  $u_0(t)$  aniqlash mumkin.

$$m\ddot{u}_0 = -P(u_0) \quad (3.4.21)$$

**3.4.2-Misol.** Uzunligi  $L$  ga teng bo'lgan elastik silindr tekislikka yasovchisi bo'ylab  $v_0$  tezlikda uriladi. Silindr markazining maksimal kuchishi  $u_{0m}$  (mm) ni, silindrning tekislik bilan zarbada bo'lish vaqti  $T$  (sek) ni va zarba kuchi  $P_0$  (N) ni va aniqlang.

**Echish:** (3.4.18) formuladan o'zaro ta'sir kuchini topamiz  $P = k_* u_0^{3/2}$ ,

$$k_* = \frac{4k_0 L}{3} \sqrt{\frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \text{ Tekislik uchun } R_2 \rightarrow \infty \text{ deb olsak } k_* = \frac{4k_0 L \sqrt{R_1}}{3} \text{ ifodani olamiz.}$$

Tenglama (3.4.21)ni  $m\ddot{u}_0 = -k_* u_0^{3/2}$   $u_0(0) = 0$ ,  $\dot{u}_0(0) = v_0$  shartlarda integrallaymiz.  $\dot{u}_0 = y(u_0)$  yordamchi funksiya tanlaymiz. U holda  $\ddot{u}_0 = y'(u_0)\dot{u}_0 = yy'(u_0)$ . Shunday qilib (3.4.21) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi  $yy'(u_0) = -k_* u_0^{3/2}$  bu tenglamani  $y(0) = v_0$  shartda interallab topamiz  $y = \sqrt{v_0^2 - 2k_* u_0^{5/2}/5}$ , endi esa  $\dot{u}_0 = y(u_0)$  tenglamani  $u_0(0) = 0$  sharti bilan integrallab, ko'chish  $u_0$  ni kvadraturada aniqlaymiz.

$$t = \int_0^{u_0} \frac{du_0}{\sqrt{v_0^2 - 2k_* u_0^{5/2}/5}}$$

Ko'chishning maksimal qiymati  $y(u_{0m}) = \sqrt{v_0^2 - 2k_* u_{0m}^{5/2} / 5} = 0$  tenglamadan aniqlanadi, shunday qilib  $u_{0m} = \left( \frac{25v_0^4}{4k_*^2} \right)^{1/5}$ , zarbaning davom etish vaqti  $T = 2t(u_{0m}) = 2 \int_0^{u_{0m}} \frac{du_0}{\sqrt{v_0^2 - 2k_* u_0^{5/2} / 5}}$ . Zarba kuchi  $P = k_* u_0^{3/2}$  formula bilan hisoblanadi. Hisobda  $v_0 = 3\text{M/c}$ ,  $R_1 = 0.012\text{M}$ ,  $l = 0.03\text{M}$ ,  $k_0 = 10\text{H / MM}^3$  qabul qilamiz. U holda quyidagi natijalarni olamiz:  $u_{0m} = 3\text{MM}$ ,  $T = 0.002\text{cek}$ ,  $P = 0.62\text{H}$ . Agar  $v_0 = 5\text{M/c}$  bo'lsa, u holda  $u_0 = 4.5\text{MM}$ ,  $T = 0.0018\text{cek}$ ,  $P = 2.1\text{H}$

### **Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar**

- 1.O'zaro bir biri bilan bog'liq bo'lgan jismlar kontakt yuzalaridagi kuchlarni aniqlash. Gerts va Vinkler modellari. Kulon ishqalanish kuchi tushunchasi.
- 2.Kulon kuchi ta'sirida elastik elementli boshlang'ich tezlikka ega bo'lgan jism harakat qonuni.
- 3.Elastik element (prujina) li jismning Kulon va tashqi kuch ta'sirida harakati.
- 4.Tashqi kuch ta'sirida jismning musbat yunalishda harakat qilish sharti.
- 5.Tashqi kuch ta'sirida jismning manfiy yunalishda harakat qilish sharti.
- 6.Texnologiyada sodir buladigan zarba jarayonlari va ularning texnologiyadagi ijobiy va salbiy o'rinlari.
- 7.O'zaro dinamik ta'sirda bo'lgan silindrik jismlarning kontakt yuzalaridagi bosim kuchini aniqlashda prujina modelidan foydalanish.
- 8.Kontakt yuzadagi bosim kuchining teng ta'sir etuvchisini aniqlash.
- 9.O'zaro dinamik ta'sirda bo'lgan sharsimon jismlarning kontakt yuzalaridagi bosim kuchini aniqlash.
- 10.Tekislik bilan uchrashgan elastik silindrning maksimal kuchishin, zarba vaqtini va kuchini aniqlash.

## 4-BOB

### TEXNOLOGIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRISHDA

#### AERODINAMIKANI QO'LLASH ASOSLARI

##### 4.1.Jismlarning havo oqimi bilan o'zaro ta'siri va aerodinamikasi asoslari.

##### Paxta bo'lakchalarining havo ta'siridagi surilish jarayonlarini o'rganish.

Jinlash jarayonini faollashtirish uchun qo'shimcha tadbirlarni amalga oshirish mumkin. Bunday tadbirlardan biri havo oqimi ta'siridan foydalanib, paxta bo'lakchasini arrali silindr tishida joylashish holati va uning harakatini o'zgartirish mumkin. Bundan tashqari havo oqimi ta'sirida toladan ajratilgan chigitni jinlash zonasida qisqa muddatda uzoqlashtirish imkoniyati ham tug'iladi. Shu maqsadda eng avval havo oqimini jismlarga ta'sir etadigan kuchlar haqida ma'lumotlarni keltiramiz. Havo oqimini xossalari, ularning jismlar bilan o'zaro ta'sir kuchlari F.A.Saadi, B.S.Sajin va boshqalar tomonidan har tomonlama chuqur o'rganilgan. Oqim ta'sirida jismda oqim tezligiga qarab aerodinamik kuch hosil bo'ladi. Agar oqimning tezligi yuqori bo'lmasa odatda bu kuchning qiymati havo va jism tezliklariga proporsional bo'ladi. Faraz qilaylik havo oqimi ta'sirida jism ikki o'lchovli XOY sistemasida traektoriya tenglamasi  $y = y(x)$  bo'lgan BC egri chiziqda harakat qilsin (4.1.1-rasm). Oqimning tezlik vektorini  $\vec{V}_0 = \{V_{0x}, V_{0y}\}$ , bo'lakcha tezlik vektorini  $\vec{V} = \{V_x, V_y\}$  bilan belgilaymiz. Agar  $\vec{V}_0$  vektornin OX o'qi tashqil qilgan bilan burchagini  $\alpha_0$  belgilasak, u holda 4.1.1- rasmdan foydalanib

$$V_{0x} = |\vec{V}_0| \cos \alpha_0, V_{0y} = -|\vec{V}_0| \sin \alpha_0 \quad (4.1.1)$$

tengliklar hosil qilamiz. Havo qarshilik kuchi vektori  $\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y)$  aerodinamika qonuniga ko'ra bo'lakchanning nisbiy tezligi  $\vec{V}_0 - \vec{V}$  vektori bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Agar bu kuchning moduli

$$|\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y)|,$$

nisbiy tezlik moduli

$$|\vec{V}_0 - \vec{V}| = \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2}$$

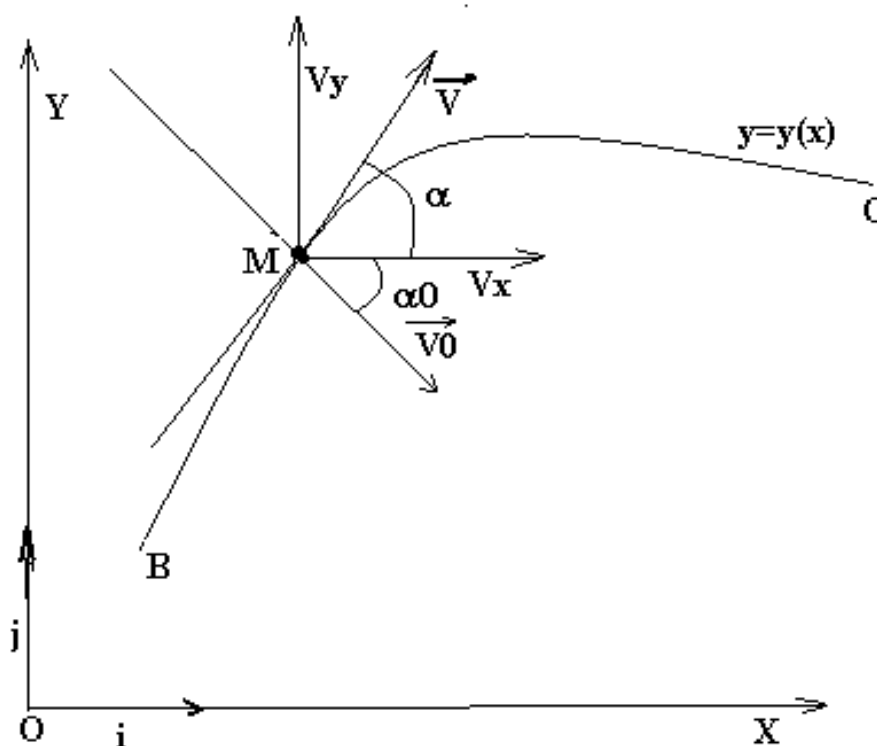
deb belgilansa, u holda havo oqimi ta'siridagi kuchni quyidagi vektor orqali yozish mumkin.

$$\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y) = |\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y)| \left[ \frac{V_{0x} - V_x}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|} \vec{i} + \frac{V_{0y} - V_y}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|} \vec{j} \right]$$

Bu yerda  $(\vec{i}, \vec{j})$   $OX$  va  $OY$  uqlari buylab yo'nalgan birlik vektorlar. Shunday qilib havo oqimi ta'siridagi kuchning  $OX$  va  $OY$  o'qlaridagi proektsiyalarini quyidagi formulalar orqali ifodalanadi.

$$F_x = |\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y)| \frac{V_{0x} - V_x}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|},$$

$$F_y = |\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y)| \frac{V_{0y} - V_y}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|} \quad (4.1.2)$$



4.1.1-Rasm. Paxta bo'lakchasi havo oqimining ta'sirida harakati sxemasi.

Faraz qilaylik havo qarshiligi nisbiy tezlikka proporsional bo'lsin, u holda kuch vektorining nisbiy tezlikka bog'lanish qonuni quyidagicha bo'ladi.

$$\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y) = C_0 (\vec{V}_0 - \vec{V})$$

Bu yerda  $C_0$  - tajriba orqali aniqlanadigan koeffitsient.

Bu kuchning moduli ushbu formula

$$|\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y)| = C_0 \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2}$$

orqali ifodalanib, uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari quyidagicha bo'ladi.

$$F_x = C_0 \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2} \frac{V_{0x} - V_x}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|} = C_0 (V_{0x} - V_x) \quad (4.1.3)$$

$$F_y = C_0 \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2} \frac{V_{0y} - V_y}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|} = C_0 (V_{0y} - V_y) \quad (4.1.4)$$

(4.1.3) va (4.1.4) formulalarni amalda havo oqimining kichkina tezliklikda bo'lganda foydalanish mumkin.

Endi faraz qilaylik havo oqimining kuchi nisbiy tezlikning kvadratiga proporsional bo'lsin, ya'ni

$$\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y) = C_1 (\vec{V}_0 - \vec{V})^2$$

Bu yerda  $C_1$  - tajriba orqali topiladigan koeffitsient.

Vektor moduli va uning kvadrati xossasidan foydalanib topamiz.

$$\vec{F}(V_{0x} - V_x, V_{0y} - V_y) = C_1 [(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2] \quad (4.1.2)$$

formula bu holda ko'rinishni oladi

$$\begin{aligned} F_x &= C_1 [(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2] \frac{V_{0x} - V_x}{\sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2}} = \\ &= C_1 (V_{0x} - V_x) \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2}, \end{aligned} \quad (4.1.5)$$

$$\begin{aligned} F_y &= C_1 [(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2] \frac{V_{0y} - V_y}{\sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2}} = \\ &= C_1 (V_{0y} - V_y) \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2} \end{aligned} \quad (4.1.6)$$

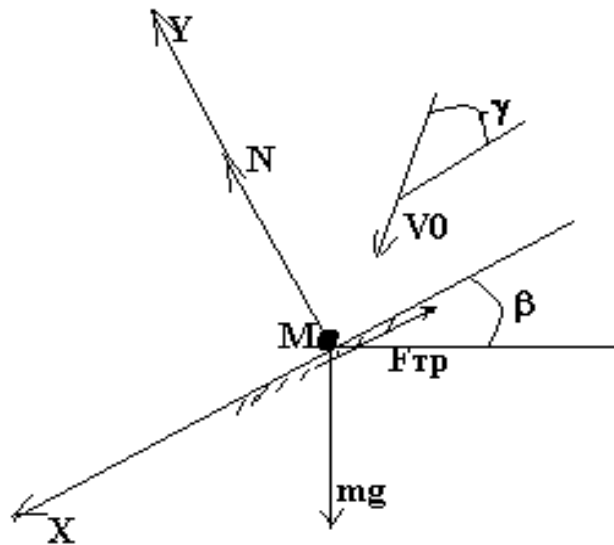
(4.1.5) va (4.1.6) formulalar katta tezlikdagi oqimlar uchun o'rinli bo'ladi

Endi quyidagi masalani ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik paxta bo'lakchasi gorizont bilan  $\beta$  burchak tashkil etayotgan qiya tekislikda  $t = 0$  momenta muvozanat holatda bo'lib unga  $t > 0$  havo oqimi ta'sir qilsin. Bo'lakchanning xarakat qonunini o'rganib chiqamiz (4.1.2- rasm).  $OX$  - o'qini qiya tekislik bo'ylab,  $OY$  uqini unga

perpendikulyar yo'naltiramiz. Havo oqimining vektori qiya tekislik bilan  $\gamma$  burchak hosil qilsin ( $0 \leq \gamma \leq \pi/2$ ). Havo oqimining kuchini nisbiy tezlikga proporsional deb olamiz. Olingan koordinata uqlari uchun  $V_{0x} = V_0 \cos \gamma$ ,  $V_{0y} = V_0 \sin \gamma$ ,  $V_y = 0$  U holda havo oqimi kuchlarining  $OX$  va  $OY$  o'qlaridagi proektsiyalari quyidagicha bo'ladi.

$$F_x = C_0 \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2} \frac{V_{0x} - V_x}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|} = C_0 (V_0 \cos \gamma - V_x) \quad (4.1.7)$$

$$F_y = C_0 \sqrt{(V_{0x} - V_x)^2 + (V_{0y} - V_y)^2} \frac{V_{0y} - V_y}{|\vec{V}_0 - \vec{V}|} = C_0 V_0 \sin \gamma \quad (4.1.8)$$



4.1.2-rasm. Paxta bo'lakchasining havo oqimi ta'sirida qiya tekislik ustidagi harakati sxemasi

Bo'lakchaga ta'sir etadigan kuchlar: Og'irlik kuchining qiya tekisligidagi proektsiyasi  $F_g = mg \sin \beta$ ,  $F_{mp} = fN$  havo oqimining kuchi  $F_x$ . Normal kuch  $N$  ning ifodasi 4.1.2- rasmga ko'ra

$$N = mg \cos \beta + F_y$$

Shunday qilib

$$F_{mp} = f(mg \cos \beta + F_y) = f(mg \cos \beta + C_0 V_0 \sin \gamma)$$

Bo'lakchanning massasini  $m$  deb olib uning qiya tekislik bo'ylab harakat tenglamasini tuzamiz

$$m\dot{V}_x = F_x + mg \sin \beta - F_{mp}$$

Bu tenglamaga  $F_x$  va  $F_{mp}$  kuchlarning ifodasini qo'ysak

$$m\dot{V}_x = C_0(V_0 \cos \gamma - V_x) + mg(\sin \beta - f \cos \beta) - fC_0V_0 \sin \gamma \quad (4.1.9)$$

Bu tenglamani  $V_x = 0$   $t = 0$  bo'lganda sharti bilan echib, bo'lakcha tezligini  $V_x = V_x(t)$  ni aniqlaymiz. So'ngra bo'lakchani qiya tekislik ustidagi ko'chishini  $u = u(t)$  deb,  $\frac{du}{dt} = V_x(t)$  tenglamani  $u(0) = 0$  sharti bilan echib bo'lakchani harakat qonunini aniqlaymiz.

Bo'lakchani qiya tekislik ustida  $t = 0$  harakat boshlashi uchun tezlanish  $V_x(0) > 0$  bo'lishi kerak. Unda (4.1.3) tenglamadan quyidagi tengsizlik olamiz

$$V_x(0) = C_0V_0 \cos \gamma + mg \sin \beta - f(mg \cos \beta + C_0V_0 \sin \gamma) > 0 \quad (4.1.10)$$

Bu tengsizlikdan havo oqimining tezligi shartini olamiz

$$V_0 > V_* = \frac{mg(f \cos \beta - \sin \beta)}{C_0(\cos \gamma - f \sin \gamma)}$$

(4.1.9) tenglamaning  $V_x(0) = 0$  shartdagi echimi quyidagicha bo'ladi

$$V_x = \frac{\lambda}{\mu}[1 - \exp(-\mu t)] \quad (4.1.11)$$

Bu yerda  $\lambda = \mu(\cos \gamma - f \sin \gamma) + g(\sin \beta - f \cos \beta)$ ,  $\mu = C_0 / m$

(4.1.11) tenglamani  $u(0) = 0$  shart bilan integrallab bo'lakchani qiya tekislik ustidagi harakat tenglamasini olamiz

$$u = \frac{\lambda}{\mu^2}[\mu t - 1 + \exp(-\mu t)]$$

Xususan  $\beta = 0$  hol uchun  $V_* = \frac{mgf}{C_0(\cos \gamma - f \sin \gamma)}$  formula olamiz.  $V_*$  tezlik havoning bo'lakchani qo'zg'atish tezligi deb aytiladi, bu tezlik musbat bo'lishi uchun  $\cos \gamma > f \sin \gamma$  bajarilishi lozim.

(4.1.3) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz

$$\dot{V}_x + \mu V_x = A_0 \quad (4.1.12)$$

Bu yerda

$$\mu = \frac{C_0}{m}, \quad A_0 = \frac{C_0V_0(\cos \gamma - f \sin \gamma) + mg(\sin \beta - f \cos \beta)}{m}$$

(4.1.12) tenglamaning  $V_x = 0$ ,  $u(0) = 0$  shartlari bilan tezlik va ko'chish uchun echimlarini olamiz.

$$V_x = \frac{A_0}{\mu}[1 - \exp(-\mu t)], \quad u = \frac{A_0}{\mu^2}[\mu t - 1 + \exp(-\mu t)]$$

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Havo oqimi haqida tushuncha. Ta'sir kuchlari ularning ifodasi.
2. Havo oqimi kuchi nisbiy tezlikka proportsional bo'lsa uning uqlardagi proektsiyasi.
3. Havo oqimi kuchi nisbiy tezlik kvadratiga proportsional bo'lsa uning uqlardagi proektsiyasi.
4. Bo'lakchaning ixtiyoriy traektoriyasi bo'ylab ta'sir qiladigan havo oqimining kuchini aniqlash.
5. Qiya tekislikda harakatlanadigan bo'lakchaga ta'sir etadigan kuchlar va ularining ifodasi.
6. Qiya tekislikda bo'lakchaning havo kuchi nisbiy tezlikka proportsional bo'lganda harakat tenglamasi va uning tahlili.
7. Qiya tekislikda bo'lakchaning havo kuchi nisbiy tezligi kvadratiga proportsional bo'lganda harakat tenglamasi va uning tahlili.
8. Paxta bo'lakchasining qiya tekislik ustida harakatlanishi shartini aniqlash.
9. Qiya tekislik ustida bo'lakchaning umumiy harakat tenglamasini integrallash va uning tahlili.
10. Bo'lakcha harakat tenglamasini xususiy ko'rinishi va uni integrallash

### **4.2. Havo va paxta xom ashyosi aralashmasi oqimi harakatini ikki tezlikli muhit yordamida modellashtirish**

Yuqorida yolg'iz paxta bo'lakchasining havo oqimi ta'siridagi harakati ko'rilgan edi. Amalda chigitli paxtaning dastlabki ishlash jarayonlarida paxta xom ashyosi yolg'iz bo'lakcha ko'rinishida bo'lishi kamdan kam uchraydi. Ko'pincha texnologik jarayonlarda mashinalarining ishchi organlari bilan yolg'iz bo'lakchaning emas, balki paxta massasining ular bilan o'zaro ta'sirda bo'lishi uchraydi. Shunga ko'ra havo oqimi yordamida paxtani quvurlardan jo'natish, undan havoni ajratib olish jarayonlarini, uning quritish barabanlaridagi harakatini o'rganish uchun paxta xom ashyosini to'tashgan muhitlar orqali izohlash zarur bo'ladi. Bu yerda havo va paxta bo'lakchalari birgalikdagi aralashma yaxlit to'tash muhit hosil qilib, uning harakati

havo zarrachalari bilan xom ashyo bo'lakchalari orsidagi o'zaro ta'sirlanish qonuniga bog'liq ravishda aniqlanadi. Bunday muhit ikki komponentdan. Ya'ni havo zarrachalari va paxta bo'lakchalaridan iborat bo'lib, ularning tezliklari bir biridan farq qiladi. Buning natijasida muhitning xar bir nuqtasida komponentlarning tezliklari ayirmasiga proporsional bo'lgan kuch hosil bo'ladi. Odatda bunday muhitdar kup tezlikli ( bizning holda ikki tezlikli) muhit deb qaraladi, muhit holatini va uning harakat qonunlarini o'rganish uchun ayrim gipotezalar qabul qilinadi. Ilk bor akademik X.A.Raxmatullin tomonidan ko'p komponentli muhitlar nazariyasi taklif etilgan bo'lib, unda eng muhim gipotezalardan biri, muhitning xamma komponentirlari uchun bosim bir xil deb qabo'l qilinadi. Agar muhitning komponentlarida biri qovushqoq suyuqlik, ikkinchisi esa haraktlanuvchi elastik muhit bo'lsa, u holda suyuq komponent uchun bosim, deformatsiyalanadigan qattiq jism ko'rinishdagi komponentlar holatini aniqlash uchun esa Guk qonuni qabo'l qilinadi. U ko'rinishdagi ikki komponentli muhit Bio-Frenkel modeli deb aytiladi, uning yordamida ayrim amaliy masalalarning echimlari Ya.U.Saatov, B.M.Mardonov ishlarida keltirilgan. Shunday qilib, agar, deformatsiyalanadigan komponentda siljish deformatsiyasi e'tiborga olinmasa, hamda undagi o'rtacha gidrodinamik bosim havo bosimiga teng deb olinsa, u holda akademik X.A.Raxmatullin tomonidan taklif etilgan ikki komponentli muhit modelini olish mumkin. Adabiyotda bunday muhitlar geterogen aralashma deb aytiladi va uning harakati ko'p tezlikli muhitlar asosida o'rganiladi. Bunday muhitlar uchun boshlang'ich (haqiqiy) zichliklar tushunchasi beriladi. Havo va paxta xom ashyosi aralashmasi uchun bunday kattaliklarini  $\rho_1^{(0)}$  va  $\rho_2^{(0)}$  bilan belgilaymiz. Faraz qilaylik hajmi  $V$  bo'lgan idishda aralashma ikki komponentdan tashkil topsin Unda  $V_1$  qismini birinchi komponent (havo)  $V_2$  qismini esa ikkinchi komponent (pahta bo'lakchalari) egallagan bo'lib. ularing zichliklari mos ravishda  $\rho_1$  va  $\rho_2$  bo'lsin. Massaning saqlanish qonuniga ko'ra

$$\rho_1^{(0)}V_1 = \rho_1 V, \quad \rho_2^{(0)}V_2 = \rho_2^{(0)}(V - V_1) = \rho_2 V \quad (4.2.1)$$

tengliklarni yozish mumkin. Odatda ushbu nisbat  $V_1/V$  - muhitntng g'ovakligi deb aytiladi, bu nisbatni  $m$  bilan belgilaymiz, (1.2.1) fomularga ko'ra

$$m = \frac{V_1}{V} = \frac{\rho_1}{\rho_1^{(0)}}, 1 - m = \frac{V - V_1}{V} = \frac{V_2}{V} = \frac{\rho_2}{\rho_2^{(0)}} \quad (4.2.2)$$

Shunday qilib muhitniing  $m$  qismini havo,  $1-m$  qisman esa paxta bo'lakchalar egallaydi. (4.2.1) tengliklarni quyidagicha yozish mumkin

$$\rho_1 = m\rho_1^{(0)}, \rho_2 = (1-m)\rho_2^{(0)} \quad (4.2.3)$$

Bu ifodalardan quyidagi tenglik kelib chiqadi.

$$\frac{\rho_1}{\rho_1^{(0)}} + \frac{\rho_2}{\rho_2^{(0)}} = 1 \quad (4.2.4)$$

Shunday qilib, muhit komponentlarini aniqlashda  $m$  ning ma'lum bo'lishi yetarli bo'ladi. Agar xom ashyosida tola va chigitlar erkin harakatda bo'lsa (masalan xom ashyo valiginin harakatani jaraenida), u holda muhitni uch komponentli deb qabul qilish kerak. Havoning g'ovakligi  $m_1$ , tola va chigitlar mos ravishda hajmning  $m_2$  va  $m_3$  qismlarinin egallashsa ular uchun quyidagi tenglik o'rinli bo'lib

$$m_1 + m_2 + m_3 = 1$$

havo, tola va chigitlarining galdagi zichliklari  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\rho_3$  mos ravishda quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi.

$$\rho_1 = m_1\rho_1^{(0)}, \rho_2 = m_2\rho_2^{(0)}, \rho_3 = (1-m_1-m_2)\rho_3^{(0)} \quad (4.2.5)$$

Bu yerda  $\rho_1^{(0)}$ ,  $\rho_2^{(0)}$ ,  $\rho_3^{(0)}$  - havo, tola va chigitlarning xaqiqiy zichliklari.

Masalan G.I.Miroshnichenko darsligida chigitli paxta uchun tola va chigit uchun quyidagi ma'lumotlar keltirilgan: havo va tola hajmning  $m_1 + m_2 = 0.43$  qismini, chigit (puslog'i bilan birga) esa  $m_3 = 0.37$  qismini egallaydi. Agar xom ashyodan tola chiqishi 33% bo'lsa, u holda  $m_1 = 0.1$   $m_2 = 0.33$  deb qabo'l qilish mumkin.

Agar jinlanmagan chigitli paxta (ya'ni tolalar chigitlar bilan yaxlit (agregat) muhit tashkil etadi), ko'riladigan bo'lsa, quyidagi keltirilgan keltirilgan zichlik tushunchasida foydalanish tavsiya etiladi.

$$(1-m_1)\rho_* = m_2\rho_2 + (1-m_2-m_1)\rho_3$$

Bu yerda  $1-m_1 = V_*/V$  teng bo'lib,  $V_*$  - chigitli paxtada chigit va tolaning egallaydigan hajmi.

Bunday hollarda tola va chigit yaxlit birgalikda xom ashyoning komponentlaridan biri bo'ladi, havo esa uning ikkinchi komponentasi deb qaralishi mumkin, shunga ko'ra (4.2.4) tenglikni bunday holda quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{\rho_1}{\rho_1^{(0)}} + \frac{\rho_*}{\rho_*^{(0)}} = 1$$

Bu yerda  $\rho_*^{(0)}$  quyidagi tenglikdan

$$(1 - m_{10})\rho_*^{(0)} = m_{20}\rho_2^{(0)} + (1 - m_{20} - m_{10})\rho_3^{(0)} \text{ aniqlanadi}$$

Ikki komponentli muhitning statsionar holdagi bir o'lchovli harakatini ko'rib chiqamiz. X.A.Raxmatullin modeliga ko'ra, oqimning harakat tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin.

$$\rho_1 u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = -\frac{\rho_1}{\rho_1^{(0)}} \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_2 - u_1) \quad (4.2.5)$$

$$\rho_2 u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = -\frac{\rho_2}{\rho_2^{(0)}} \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_1 - u_2), \quad (4.2.6)$$

Bu yerda  $u_1(x)$  va  $u_2(x)$  komponentlar tezligi,  $p(x)$  - ikkala komponent uchun bir xil bo'lgan bosim,  $k$  - havo bilan chigitli paxta orasida o'zaro ta'sirlanishuv koeffitsienti (4.2.3) tengliklardan foydalanib (4.2.5) va (4.2.6) tenglamalari quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$m\rho_1^{(0)} u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = -m \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_2 - u_1) \quad (4.2.7)$$

$$(1 - m)\rho_2^{(0)} u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = -(1 - m) \frac{\partial p}{\partial x} + k(u_1 - u_2), \quad (4.2.8)$$

(4.2.3) tengliklarga ko'ra muhit komponentlarining zichligi muhitning g'ovakligi orqali ifodalanadi. Agar har bir komponenti siqilmaydigan ideal muhit deb qaralsa, u holda moddaning saqlanish qonuniga asosan har bir komponenti uchun quyidagi tengliklar o'rinli bo'ladi.

$$\rho_1 u_1 = \rho_{10} u_{10}, \quad \rho_2 u_2 = \rho_{20} u_{20} \quad (4.2.9)$$

yoki (4.2.3) tenglikdan foydalansak:

$$m\rho_1^{(0)} u_1 = m_0 \rho_1^{(0)} u_{10}, \quad (1 - m)\rho_2^{(0)} u_2 = (1 - m_0)\rho_2^{(0)} u_{20},$$

Bu yerda  $m_0$ , - muhitning biror nuqtasida berilgan g'ovakligi,

$u_{10}, u_{20}$  - shu nuktadan komponentlarinig berilgan tezliklari.

(4.2.3) va (4.2.9) ifodalardan foydalanib  $u_1(x)$ ,  $u_2(x)$  lar orasidagi bog'lanishni topamiz.

$$\bar{u}_2 = \frac{\beta \bar{u}_1}{\bar{u}_1 - \lambda} \quad (4.2.10)$$

Bu yerda  $\bar{u}_i = u_i / u_{10}$ ,  $\beta = (1 - \lambda)u_{20} / u_{10}$ ,  $\lambda = \rho_{10} / \rho_1^{(0)}$

(4.2.6) tenglamalardan bosim chiqarib tashlab hosilalar  $\frac{du_1}{dx}$ ,  $\frac{du_2}{dx}$  orasidagi

bog'lanishni topamiz:

$$\bar{u}_1 \frac{d\bar{u}_1}{dx} - \gamma \bar{u}_2 \frac{d\bar{u}_2}{dx} = \bar{k}(\bar{u}_2 - \bar{u}_1)$$

Bu yerda  $\gamma = \rho_2^{(0)} / \rho_1^{(0)}$ ,  $\bar{k} = k / \rho_1^{(0)} u_{10}$  (4.2.10) bog'lanishdan foydalanib

hosila  $\frac{du_1}{dx}$  ni topamiz.

$$\frac{d\bar{u}_1}{dx} = \frac{\bar{k}(\beta + \lambda - \bar{u}_1)(\bar{u}_1 - \lambda)^2}{(\bar{u}_1 - \lambda)^3 + \gamma \lambda \beta^2} \quad (4.2.11)$$

(4.2.10) tenglamani echish uchun zarur bo'lgan boshlang'ich shartlar odatda masalaning qo'yilishiga qarab aniqlanadi. Faraz qilaylik muhit kesim yuzasi o'zgarmas  $S_0$  ga teng bo'lgan quvurda harakatlansin. U holda  $x = 0$  kesim yuzasidan har bir komponent (havo va chigitli paxta) uchun bir birlik vaqt oralig'ida quyidagi miqdorda massa oqimi o'tadi

$$Q_1 = \rho_{10} u_{10} S_0, \quad Q_2 = \rho_{20} u_{20} S_0 \quad (4.2.12)$$

Odatda  $Q_1$  va  $Q_2$  texnologiyada mos ravishda havo va paxta xom ashyosi sarflari deb aytiladi. Bu tengliklardan tezliklar  $u_{10}$  va  $u_{20}$  larni topamiz.

$$u_{10} = \frac{Q_1}{\rho_{10} S_0}, \quad u_{20} = \frac{Q_2}{\rho_{20} S_0}$$

Aniqlangan tezliklar yordamida boshlang'ich va ixtiyoriy kesimlardagi g'ovaklik  $m$  qiymatlari quyidagi formulalar yordamida topiladi:

$$m_0 = \rho_{10} / \rho_1^{(0)} \text{ yoki } m_0 = 1 - \rho_{20} / \rho_2^{(0)}$$

$$m = \frac{\rho_{10}u_{10}}{\rho_1^{(0)}u_1} \text{ yoki } m = 1 - \frac{\rho_{20}u_{20}}{\rho_2^{(0)}u_2}$$

Muhitdagi bosimni topish uchun (4.2.5) va (4.2.6) tenglamalarni hadma-had qo'shamiz, u holda (4.2.4) tenglikka ko'ra ushbu tenglamani olamiz.

$$\rho_{10}u_{10} \frac{du_1}{dx} + \rho_{20}u_{20} \frac{du_2}{dx} = -\frac{dp}{dx}$$

Tenglamani boshlangich shartlar  $u_1(0) = u_{10}$ ,  $u_2(0) = u_{20}$ ,  $p(0) = p_0$  integrallab, dinamik bosim  $\Delta p = p - p_0$  ni topamiz

$$\Delta p = \rho_{10}u_{10}(u_{10} - u_1) + \rho_{20}u_{20}(u_{20} - u_2)$$

Quyida xususiy hollarni ko'rib chiqamiz.

1. Paxta xom ashyosining tezligi nolga teng. Havo oqimi qo'zg'almas paxta massasi orasidan o'tadi. Yuqoridagi formulalarda  $u_2 = 0$  deb qabo'l qilamiz. U holda (4.2.9) ifodaning ikkinchisi aynan bajariladi. Uning birinchisidan o'zgaruvchi  $x$  ning ixtiyoriy qiymatida havoning (4.2.3) tenglikdan xom ashyoning zichligi (uning egallaydigan hajmining o'zgarishi tufayli) ni va muhit g'ovakligini aniqlaymiz.

$$\rho_1 = \rho_{10}u_{10}/u_1, \quad \rho_2 = \rho_2^{(0)}(1 - \frac{\rho_{10}u_{10}}{\rho_1^{(0)}u_1}), \quad m = \frac{\rho_{10}u_{10}}{\rho_1^{(0)}u_1}$$

Bu ifodalardagi noma'lum havo tezligi  $u_1$  va bosim  $p$  larni topish uchun (4.2.5) va (4.2.6) tenglamalarda  $u_2 = 0$ ,  $\rho_1 = \rho_{10}u_{10}/u_1$  deb qabul qilamiz

$$\rho_{10}u_{10} \frac{du_1}{dx} = -\frac{\rho_{10}}{\rho_1^{(0)}} \frac{u_{10}}{u_1} \frac{dp}{dx} - ku_1$$

$$0 = -(1 - \frac{\rho_{10}u_{10}}{\rho_1^{(0)}u_1}) \frac{dp}{dx} + ku_1$$

Bu sistemadan  $\frac{du_1}{dx}$  va  $\frac{dp}{dx}$  larni aniqlaymiz.

$$\frac{du_1}{dx} = -\frac{k}{\rho_{10}} \frac{u_1}{(u_1 - a_1u_{10})}, \quad \frac{dp}{dx} = -\rho_{10}u_{10} \frac{du_1}{dx}$$

Bu tenglamalarni  $u_1(0) = u_{10}$ ,  $p(0) = p_0$  shartlarda integrallab, topamiz

$$u_{10} - u_1 - au_{10} \ln \frac{u_1}{u_{10}} = -\frac{kx}{\rho_{10}} \tag{4.2.13}$$

$$p = p_0 + \rho_{10}u_{10}(u_{10} - u_1), \quad a_1 = \rho_{10} / \rho_1^{(0)}$$

2. Havo oqimining tezligi nol bo'lgan shaxtada vaznli paxta xom ashyosi harakatalanadi. Xom ashyoning shaxtaning boshlang'ich kesimi  $x = 0$  dagi sarfi  $Q_2$  ga teng. Shaxta balandligi bo'yicha havo, xom ashyo zichliklari va xom ashyo tezligining taqsimlanish qonunlarini topamiz. Shaxtaning kesim yuzasini o'zgarmas va uni  $S_0$  bilan belgilaymiz. (4.2.5) va (4.2.6) tenglamalarda  $u_1 = 0$ ,  $\rho_2 = \rho_{20} u_{20} / u_2$ ,  $u_{20} = Q_2 / S_0 \rho_{20}$ ,  $\rho_1 = \rho_{10} (1 - \frac{\rho_{20} u_{20}}{\rho_2^{(0)} u_2})$  deb olamiz va uning vaznini hisobga olamiz. U holda (4.2.5) va (4.2.6) tenglamalar quyidagi ko'rinishni oladi.

$$0 = -(1 - \frac{\rho_{20} u_{20}}{\rho_2^{(0)} u_2}) \frac{dp}{dx} + k u_2 \rho_{20} u_{20} \frac{du_2}{dx} = -\frac{\rho_{20}}{\rho_2^{(0)}} \frac{u_{20}}{u_2} \frac{dp}{dx} - k u_2 + \frac{g \rho_{20} u_{20}}{u_2}$$

Bu sistemadan hosila  $\frac{du_2}{dx}$  ni aniqlaymiz

$$\frac{du_2}{dx} = \frac{k}{\rho_{20}} \frac{(u_2 - a_2 u_{20})b - u_2^2}{u_2(u_2 - a_2 u_{20})}$$

Bu yerda  $a_2 = \rho_{20} / \rho_2^{(0)}$ ,  $b = g \rho_{20} / k$

$u_2(x)$  ushbu integral bilan ifodalanadi

$$\int_{u_{20}}^{u_2} \frac{u(u - a_2 u_{20}) du}{(u - a_2 u_{20})b - u^2} = \frac{kx}{\rho_{20}} \quad (4.2.14)$$

3. Paxta xom ashyosining massasi havoning o'zgarmas bosimi ta'sirida harakatlanadi.

Bunday holda bosimning  $x$  ning chegaralangan intervali  $0 < x < L$  da o'zgarish qonunini  $p = p_0 + \Delta p x / L$  ko'rinishda olamiz, Bu yerda  $\Delta p = p_L - p_0$  bo'lib,  $p_0$  va  $p_L$   $x = 0$  va  $x = L$  kesimlardagi bosimlar.  $p$  ning ifodasini (4.2.5) va (4.2.6) tenglamalarga qo'yib (4.2.4) va (4.2.9) tengliklardan foydalanib,  $u_1(x)$  va  $u_2(x)$  topish uchun sistema olamiz.

$$\rho_{10} u_{10} \frac{du_1}{dx} = -\frac{\rho_{10} u_{10}}{\rho_1^{(0)} u_1} \frac{\Delta p}{L} + k(u_2 - u_1) \quad (4.2.16)$$

$$\rho_{20} u_{20} \frac{du_2}{dx} = -\frac{\rho_{20} u_{20}}{\rho_2^{(0)} u_2} \frac{\Delta p}{L} + k(u_1 - u_2), \quad (4.2.17)$$

Bu tenglamalarni xadma- xad kushib, natijani integrallab,  $u_1(x)$  va  $u_2(x)$  orasidagi bog'lanishni topamiz

$$\rho_{10}u_{10}(u_1 - u_{10}) + \rho_{20}(u_2 - u_{20}) = -\Delta p / L$$

Bu tenglikdan  $u_2$  ni  $u_1$  orqali ifodalab  $u_2 = -u_1 \frac{\rho_{10}u_{10}}{\rho_{20}u_{20}} + \frac{\Delta p + \rho_{20}u_{20}^2 + \rho_{10}u_{10}^2}{\rho_{20}u_{20}}$  uni

(4.2.16) tenglamaga qo'yamiz.

$$\frac{du_1}{dx} = -\frac{c_2u_1^2 + c_1u_1 + c_0}{u_1}$$

Bu yerda  $c_0 = \frac{a_1\Delta p}{\rho_{10}L}$ ,  $c_2 = \frac{k}{\rho_{10}u_{10}}(1 + \rho_{10}u_{10} / \rho_{20}u_{20})$ ,  $c_1 = -\frac{k}{\rho_{10}u_{10}} \frac{\Delta p + \rho_{20}u_{20}^2 + \rho_{10}u_{10}^2}{\rho_{20}u_{20}}$

Oxirgi ifodani integrallab, topamiz

$$\sqrt{4c_0c_2 - c_1^2} \ln \frac{c_2u_{10}^2 + c_1u_{10} + c_0}{c_2u_1^2 + c_1u_1 + c_0} + 2c_1 \left[ \arctan \frac{2c_2u_1 + c_1}{\sqrt{4c_0c_2 - c_1^2}} - \arctan \frac{2c_2u_{10} + c_1}{\sqrt{4c_0c_2 - c_1^2}} \right] = x$$

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar.**

1. Havo va paxta xom ashyosi aralashmasi va uni xarakterlaydigan parametrlar haqida tushuncha.
2. Havo va paxta xom ashyosini ikki komponentli muhit deb qarash. G'ovaklik va zichliklar haqida ma'lumotlar.
3. Ikki komponentli muhitning bir o'lchamli harakat tenglamasi. Noma'lumlar soni, ularni aniqlash uchun tenglamalar soni.
4. Getergon tizimlar, haqiqiy va keltirilgan zichliklar, massaning saqlanish qonunlarining tadbirlari.
5. Muhit komponentlari harakat tenglamalarining sistemasining tahlili, noma'lumlar sonini kamaytirish.
6. Muhit komponentlari tezliklarini aniqlash formulalari.
7. Muhit g'ovakligini va bosimni aniqlash formulalari.
8. Paxta xom ashyosi qo'zg'almas bo'lganda, havo oqimi tezligi, bosim va g'ovaklikni aniqlash.
9. Vaznli paxta xom ashyosi oqimining vertikal shaxtadagi harakati tezligini va bosimni aniqlash.
10. O'zgarmas bosim ta'sirida ikki komponentli muhitning harakati, uning tezliklarini aniqlash.

#### **4.3.Paxta xom ashyosini havo oqimi yordamida uzatish texnologiyasi aerodinamikasini modellashtirish.**

Paxta xom ashyosini tayyorlangan g'aramlardan kerakli texnologik bo'limlarga uzatish uchun havo oqimi yordamida amalga oshiriladi. Buning uchun maxsus uzatuvchi quvurlardan foydalaniladi. Quvurlarning (doira) diametrlari uzatiladigan mahsulotning miqdori va uni uzatish tezligiga bog'liq bo'lib, uzatmaning ish unumdorligiga bevosita bog'liq bo'ladi. Undagi paxta xom ashyosining zichligi  $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$ , quvurdagi uning tezligi  $v \text{ m}/\text{s}$ , quvur radiusi  $R(\text{m})$  va uzatmaning mahsulot uzatish imkoniyati  $Q (\text{kg}/\text{s})$  (qisqacha uzatma ish unumdorligi) orasida quyidagi bog'lanish mavjud bo'ladi.

$$Q = \rho v S = \pi \rho v R^2 \quad (4.3.1)$$

Agar mahsulot quvurda statsionar harakatda bo'lsa, u holda bir-birlik vaqt oralig'ida quvurning ixtiyoriy kesimidan o'tadigan mahsulotning massasi o'zgarmas bo'lib, quyidagi tenglik (massaning saqlanish qonuni) o'rinli bo'ladi.

$$\pi \rho_0 v_0 R^2 = \pi \rho v R^2$$

Bu yerda  $\rho_0, v_0$  biror kesimda mahsulotning ma'lum bo'lgan zichligi va tezligi,  $\rho, v$  - ularning quvurning ixtiyoriy kesimidagi qiymatlari. Bu tenglikdan mahsulot zichligi va uning tezligi orasidagi bog'lanish hosil bo'ladi.

$$\rho = \rho_0 \frac{v_0}{v} \quad (4.3.2)$$

(4.3.1) formula odatda tarkibi yaxlit (yoki shu ko'rinishga keltiriladigan) mahsulotdan, iborat bo'lgan muhitlar uchun o'rinli bo'lib, quvur kesimida mahsulot bir xil tezlikka ega bo'lishi zarurligini talab qiladi. Bu bog'lanishni aralashma ko'rinishdagi mahsulotga qo'llaniladigan bo'lsa, u holda keltirilgan kattaliklardan foydalanish lozim bo'ladi. Ox o'qini quvur o'qi bo'ylab yo'naltiramiz. Faraz qilaylik muhit ikki turdagi mahsulot aralashmasidan (havo va paxta xom ashyosi) tarkib topgan bo'lsin.  $x=0$  kesimdan muhitning g'ovakligi  $m_0$ , komponentlarning zichliklari mos ravishda  $\rho_{10}, \rho_{20}$  va tezliklari  $v_{10}, v_{20}$  ga teng bo'lsin. Har bir komponentning (mahsulotning) haqiqiy zichligi mos ravishda  $\rho_1^{(0)}, \rho_2^{(0)}$  bo'lsin.

Yuqorida bayon etilgan ma'ruzadagi natijalarga asoslanib quyidagi tengliklarni yozish mumkin.

$$\rho_{10} = m_0 \rho_1^{(0)}, \rho_{20} = (1 - m_0) \rho_2^{(0)} \quad (4.3.3)$$

Ixtiyoriy kesim yuqoridagi kattaliklarni mos ravishda  $m$ ,  $\rho_1$  va  $v_1$  deb qabul qilinsa, quyidagi tengliklar o'rinli bo'ladi.

$$\rho_1 = m \rho_1^{(0)}, \rho_2 = (1 - m) \rho_2^{(0)} \quad (4.3.4)$$

Agar uzatilayotgan mahsulotning har bir komponentasi uchun ish unumdorliklarini  $Q_1$  va  $Q_2$  deb olinsa, u holda (4.3.1) tenglik asosida quyidagilarni yozish mumkin.

$$Q_1 = \rho_{10} v_{10} S = \pi m_0 \rho_1^{(0)} v_{10} R^2 = \pi \rho_1 v_1 R^2 = \pi m \rho_1^{(0)} v_1 R^2 \quad (4.3.5)$$

$$Q_2 = \rho_{20} v_{20} S = \pi (1 - m_0) \rho_2^{(0)} v_{20} R^2 = \pi \rho_2 v_2 R^2 = \pi (1 - m) \rho_2^{(0)} v_2 R^2 \quad (4.3.6)$$

Muhitda mahsulotning umumiy sarfi

$$Q = Q_1 + Q_2 = \pi R^2 [m_0 \rho_1^{(0)} v_{10} + (1 - m_0) \rho_2^{(0)} v_{20}] = \pi R^2 [m \rho_1^{(0)} v_1 + (1 - m) \rho_2^{(0)} v_2] \quad (4.3.7)$$

(4.3.5) –(4.3.7) tengliklar umumiy bo'lib, har bir komponenta va aralashma uchun o'rinli bo'ladi. Agar komponentlar bir xil tezlikka ega bo'lsa, ya'ni  $v_{10} = v_{20} = v_0$ ,  $v_1 = v_2 = v$  bo'lsa, unda (4.3.7) tenglikni quyidagi ko'rinishni oladi.

$$Q = Q_1 + Q_2 = \pi R^2 [m_0 \rho_1^{(0)} + (1 - m_0) \rho_2^{(0)}] v_0 = \pi R^2 [m \rho_1^{(0)} + (1 - m) \rho_2^{(0)}] v$$

Quyidagi formulalar yordamida muhitning keltirilgan zichliklari tushunchasini yozamiz.

$$\rho_k^{(0)} = m_0 \rho_1^{(0)} + (1 - m_0) \rho_2^{(0)}, \rho_k = m \rho_1^{(0)} + (1 - m) \rho_2^{(0)} \quad (4.3.8)$$

U holda muhitdagi mahsulot sarfi uchun yozish mumkin

$$Q = \pi \rho_k^{(0)} v_0 R^2 = \pi \rho_k v R^2 \quad (4.3.9)$$

Shunday qilib bir tezlikli aralashma uchun (4.3.1) va (4.3.2) formulalarni (4.3.8) tengliklar bilan  $\rho_k^{(0)} = m_0 \rho_1^{(0)} + (1 - m_0) \rho_2^{(0)}$  ifodalanadigan keltirilgan zichliklar yordamida yozish lozim bo'ladi. (4.3.8) formula tahlilida kesimning ixtiyoriy kesimida zichligi muhit g'ovakligi orqali ifodalanadi.

Yuqoridagi 4.2-mavzuda keltirilgan X.A.Raxmatullin tenglamalari asosida quvurda harakatlanayotgan muhit komponentalarining ixtiyoriy kesimidagi tezliklari

va zichligini aniqlaymiz. Muhitdagi paxta xom ashyosi quvurning ichki sirti bilan kontaktda bo'ladi deb qabul qilamiz, buning natijasida quvur sirtida muhit tomonidan ta'sir etadigan bosim kuchi hosil bo'lib, bu kuchni sirtidagi bosim deyiladi va uning qiymati  $p_c = k_0 p$  ga teng bo'ladi. Bu yerda  $k_0$  - tajriba asosida aniqlanadigan sirt bosimi koeffitsienti. Bu bosimning ta'siridan quvurning sirtida qarshilik kuchi hosil bo'ladi. Biz bu yerda paxta xom ashyosi bilan sirt orasidagi Kulonning ishqalanish kuchini hisobga olamiz, unda ixtiyoriy kesimda bir birlik uzunlikdagi ishqalanish kuchi ( $f$ -ishqalanish koeffitsienti).

$$q = 2\pi R(1-m)fk_0 p \quad (4.3.10)$$

formula yordamida aniqlanadi.

Bu kuchni e'tiborga olgan holda 2 ma'ruza (1.3.5) va (1.3.6) tenglamalarni quyidagicha yozamiz.

$$\rho_1 u_1 \frac{du_1}{dx} = -\frac{\rho_1}{\rho_1^{(0)}} \frac{dp}{dx} + k(u_2 - u_1) \quad (4.3.11)$$

$$\rho_2 u_2 \frac{du_2}{dx} = -\frac{\rho_2}{\rho_2^{(0)}} \frac{dp}{dx} + k(u_1 - u_2) - 2\pi R k_0 f(1-m)p, \quad (4.3.12)$$

(4.3.5) va (4.3.6) formulalardan foydalanib tezliklar  $u_1, u_2$  ni g'ovaklik  $m$  orqali ifodalab, (4.3.11) va (4.3.12) tenglamalarni  $\frac{dm}{dx}$  va  $\frac{dp}{dx}$  ga nisbatan echamiz.

$$\frac{dm}{dx} = \frac{m(1-m)[kF_0(m) - 2\pi R k_0 f m^2 (1-m)^2 p]}{F_{10}(m)} \quad (4.3.13)$$

$$\frac{dp}{dx} = \frac{m(1-m)[kF_0(m) - 2\pi R k_0 f m^2 (1-m)^2 p]F_{20}}{F_{10}(m)} - 2\pi R k_0 f(1-m)p \quad (4.3.14)$$

Bu yerda

$$F_0 = m_0(1-m)u_{10} - m(1-m_0)u_{20}, \quad F_{10} = \rho_{10}u_{10}^2 m_0^2 (1-m)^2 + \rho_{20}u_{20}^2 m^2 (1-m_0)^2,$$

$$F_{20} = \rho_{10}u_{10}^2 m_0^2 (1-m)^2 - \rho_{20}u_{20}^2 m^2 (1-m_0)^2$$

(4.3.13) va (4.3.14) sistema  $m(0) = m_0 = Q_1 / 2\pi R \rho_{10} v_{10}$ ,  $p(0) = p_0$  shartlar yordamida g'ovaklik  $m$  va bosim  $p$  ni topish uchun sonli usulda echiladi.

Xususiy hollarini ko'rib chiqamiz.

1. Havo oqimi qo'zg'almas paxta xom ashyosiga ta'sir etadi. Bunda  $u_2 = u_{20} = 0$  deb qabul qilish kerak. (4.3.13) va (4.3.14) tenglamalar quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\frac{dm}{dx} = \frac{km}{m_0(1-m)\rho_{10}u_{10}} - \frac{2\pi Rk_0 fm^3}{m_0^2 \rho_{10} u_{10}^2} p$$

$$\frac{dp}{dx} = \frac{km_0 u_{10}}{m(1-m)} - 2\pi Rk_0 fp$$

2. Agar quvur sirtidagi qarshilik kuchi hisobga olinmasa, ya'ni  $f = 0$  bo'lsa, u holda

$$\frac{dm}{dx} = \frac{km}{m_0(1-m)\rho_{10}u_{10}}, \quad \frac{dp}{dx} = \frac{km_0 u_{10}}{m(1-m)} \quad (4.3.15)$$

Bu tenglamalarni  $m(0) = m_0$ ,  $p(0) = p_0$  shartlarda integrallaymiz:

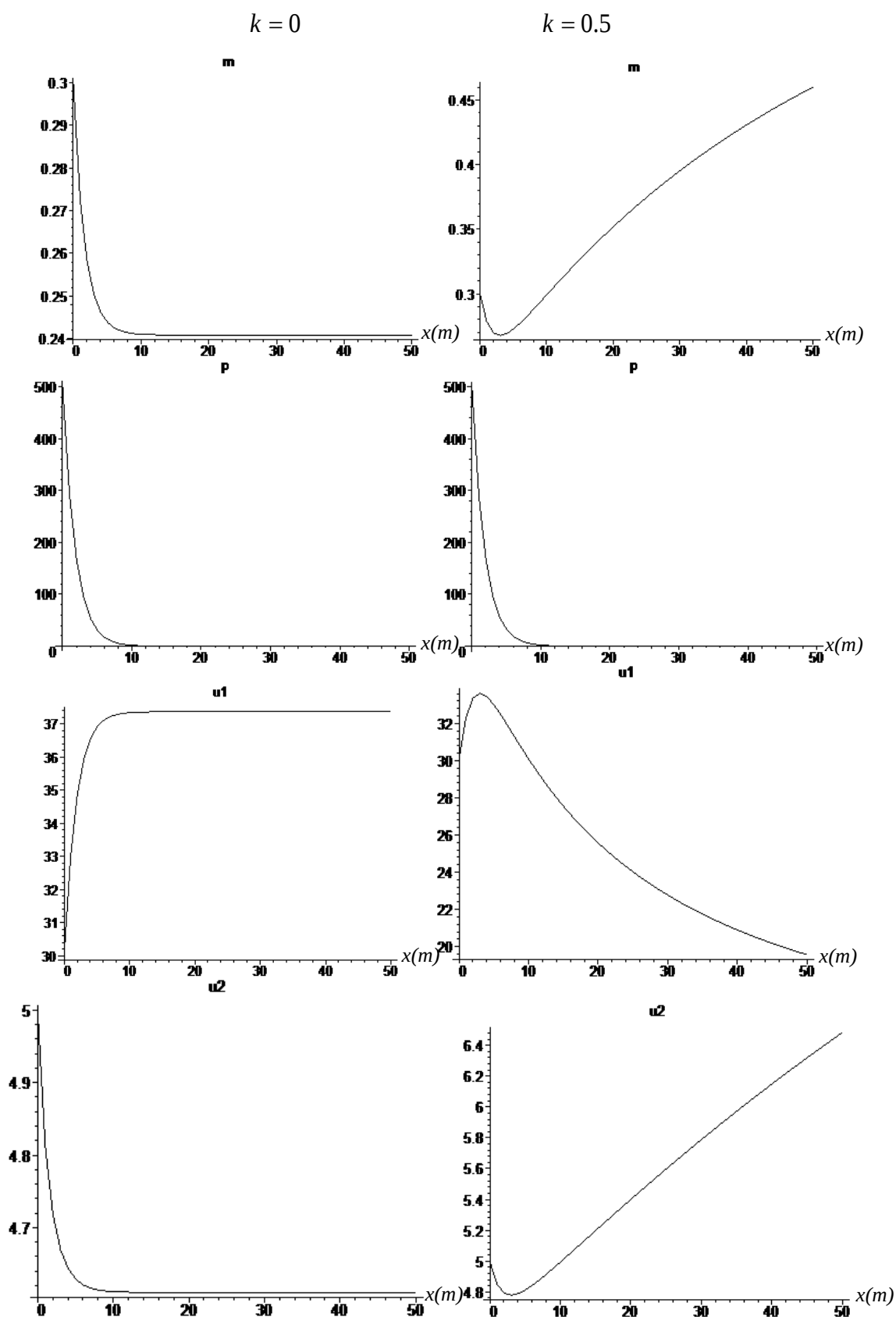
$$m_0 - m + \ln \frac{m}{m_0} = \frac{kx}{m_0 \rho_{10} u_{10}}, \quad p = p_0 + m_0 \rho_{10} u_{10}^2 (1 - m_0 / m)$$

Bosim uchun formulani quyidagicha yozish mumkin

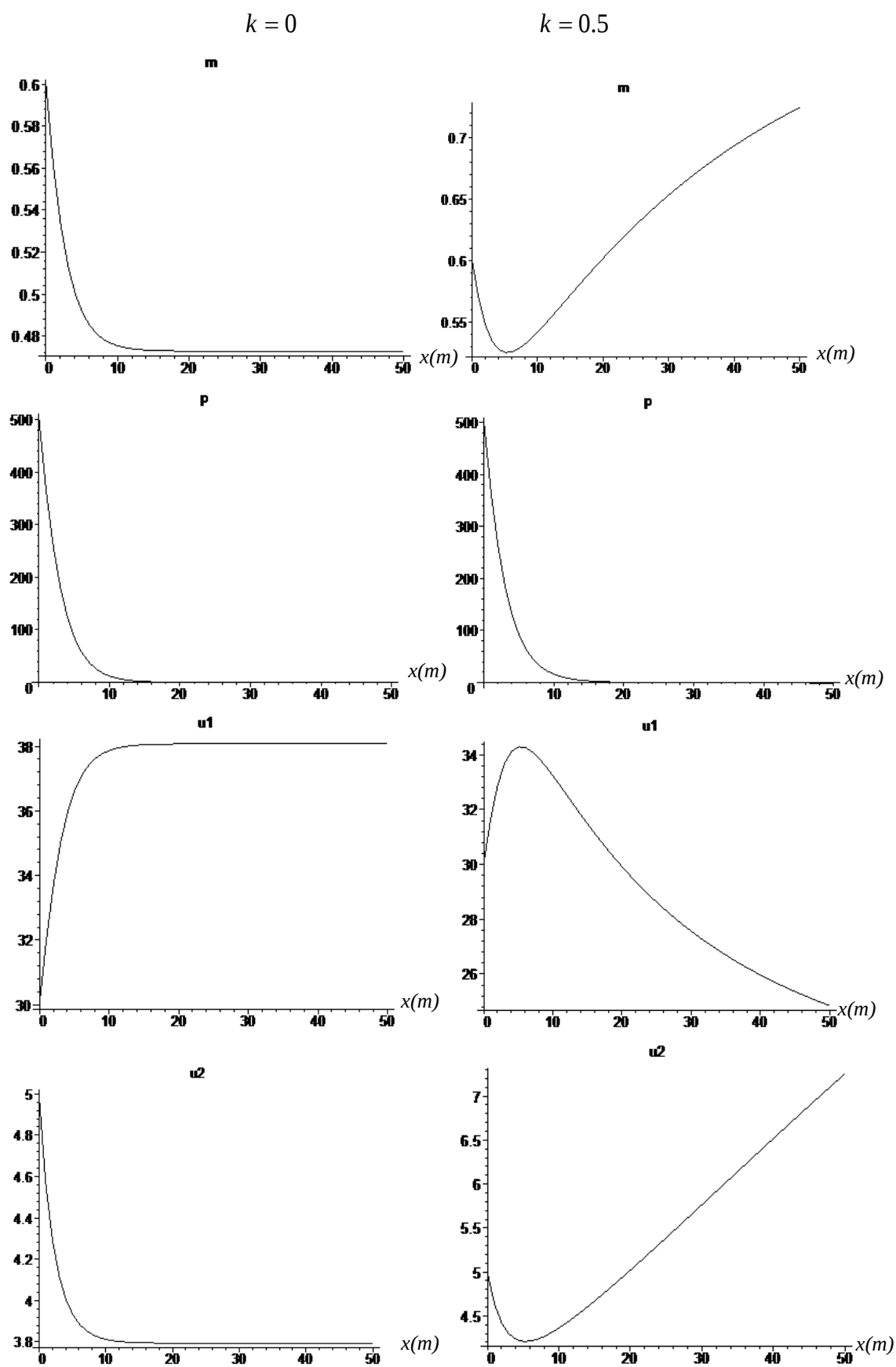
$$\frac{p - p_0}{m_0 \rho_{10} u_{10}^2} + \ln(1 - \frac{p - p_0}{m_0 \rho_{10} u_{10}^2}) = \frac{kx}{m_0 \rho_{10} u_{10}}$$

Shunday qilib ko'rilyotgan xol uchun g'ovaklik va bosim o'zgaruvchi  $x$  ning oshkormas funktsiyalari bo'lib ifodalanadilar. (4.3.15) tengliklarda  $0 < m < 1$  bo'lganda  $\frac{dm}{dx} > 0$ ,  $\frac{dp}{dx} > 0$  shartlari bajarilgani sababli  $m(x)$  va  $p(x)$  funktsiyalar monoton o'suvchi bo'ladi. (4.3.13) va (4.3.14) tenglamalarni usulda echish uchun *Maple* tilidagi dasturda foydalanamiz. 4.3.1 va 4.3.2 rasmlarda muhit g'ovakligi  $m(x)$ , bosim  $p(x)$ , havo tezligi  $u_1(x)$  va xom ashyo tezliklarining havo oqimining xom ashyoni so'rish koeffitsienti  $k$  va boshlang'ich g'ovaklik  $m_0$  ning ikkita qiymatlarida quvur o'qi  $x$  buylab uzgarishlari keltirilgan Xisoblarda quyidagi qiymatlar kabo'l qilingan.  $\rho_{10} = 1\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $\rho_{02} = 50\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $u_{10} = 30\text{m}/\text{s}$ ,  $u_{20} = 5\text{m}/\text{s}$ ,  $L = 50\text{m}$ ,  $k_0 = 0.5$ ,  $f = 0.3$

Hisob natijalarinng tahlilidan, koeffitsient  $k$  ning aralashmadagi bosim ta'siri amalda yo'qligi, bu koeffitsient muhit g'ovakligiga, komponentlar tezligiga katta ta'siri borligi kuzatilgan.  $k = 0$  bo'lganda har bir komponentni harakatga keltiruvchi kuch faqat havo oqiminig kuchi hisoblansa,  $k = 0.5$  bo'lsa, komponent tezliklari ayirmasiga proporsional bo'lgan kuchning ta'siri natijasida xom ashyo qo'shimcha tezlikka ega bo'lib, havo oqimi esa o'z navbatida o'z tezligini yuqotishi mumkinligi kelib chiqadi.



4.3.1- Rasm. Muhit g'ovakligi  $m$  bosim  $p$ , havo oqimi tezligi  $u_1$ , xom ashyo tezligi  $u_2$  larning boshlang'ich g'ovaklik  $m_0 = 0.3$  va koeffitsient  $k$  ning ikkita qiymatlarida quvur o'qi bo'ylab o'zgarishi.



4.3.2- Rasm. Muhit g'ovakligi  $m$  bosim  $p$ , havo oqimi tezligi  $u_1$ , xom ashyo tezligi  $u_2$  larning boshlang'ich g'ovaklik  $m_0 = 0.6$  va koeffitsient  $k$  ning ikkita qiymatlarida quvur o'qi bo'ylab o'zgarishi.

### **Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar**

1. Quvurlar yordamida paxta xom ashyosini uzatish bo'yicha bajarilgan ishlar tahlili, uning afzallik tomonlari.
2. Quvurlarda harakatlanuvchi paxta xom ashyosiga ta'sir etadigan kuchlar
3. Paxta xom ashyosiga ta'sir etuvchi havo oqimining asosiy parametrlari. Boshlang'ich tezlik va g'ovaklikni xom ashyo va havo miqdorlari orqali ifodalash.
4. Havo oqimi ta'siridagi paxta xom ashyosi harakat tenglamasini yozish.
5. Ikki komponentli muhit tenglamalarini g'ovaklik va bosim uchun yozish.
6. Quvur sirtidagi qarshilik kuchining e'tiborga olmaganda tenglamalarni ko'rinishini keltirish.
7. Paxta xom ashyosi qo'zg'almas bo'lganda tenglamalarni yozish.
8. Paxta xom ashyosini quvurda uzatish tenglamalarining xususiy hollari.
9. Tenglamalarni dastur yordamida echish, havoning surish koeffitsientining parametrlarga ta'sirini baholash.
10. Boshlang'ich g'ovaklikning havo, paxta xom ashyosi tezliklari ta'sirini baholash.

## **5-BOB**

### **PAXTANI DASTLABKI ISHLASH VA URUG'LIK CHIGIT TAYYORLASH (PDIUCHT) TEXNOLOGIYASIDA ISSIQLIK TARQALISH VA PAXTA XOM ASHYOSINI QURITISH JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH**

#### **5.1.Paxtani dastlabki ishlash va chigitli urug'ni tayorlash (PDIUCHT) texnologiyada hisob ishlarini tashkil etishda qo'llaniladigan asosiy fizik qonunlar va ularning nazariy izlanishda qo'llanilishi.**

Texnologik jarayonni yaxlit tarzda boshqarish ansha murakkab masala bo'lib, uning samaradorligi, uni tashkil etuvshi jarayonlarning imkoniyati, qaydarajada o'rganilganiga bog'liq bo'ladi. Shuni nazarda tutib, navbatdagi ma'ruzada xar bir bosqishda jarayonlarni nazariy tahlil qilib ularga ta'sir qiluvshi omillarga baho beramiz. Nazariya haqida gap ketganda, biz ma'lum matematik bog'lanishlar foydalangan holda, miqdoriy natijalar asosida xulosalar qilamiz. Matematik formulalar mohiyati bu yerda chuqur tahlil qilinmaydi, bu masala boshqa mahsus jarayonlarni matematik modellashtirish kursida o'rganiladi.

Yuqorida tahlil qilingan texnologik bosqishda ketma ketligi va ularning o'zaro uzviy bog'langanligi e'tiborga olsak, PDIUSHT texnologiyasi murakkab tizimni tashkil etib, tizimning samarador ishlashi uchun ba'zi talablarni qondirish zarur ekanligini ko'ramiz. Shu maqsadda ma'ruzani yakunida bosqishlar va ularning vazifalari, nazariy asoslanishi zarur bo'lgan muammolar navbatdagi va yakunlangan bosqishlarni uzviy bog'laydigan masalalar ustida to'xtalamiz. Bu xulosani bayon etish uchun shartli ravishda quyidagi 5.1.1-jadvaldan foydalanamiz.

Shartli raviashda keltirilgan jadval texnologiyani yaxlit va yagona tizimni ifodalaydi. Ko'rinib turibdiki PDIUCHT texnologiyasi "Murakkab tizim" bo'lib, uni tarkibi ketma-ket amalga oshiriladigan aftanom tizimlar: g'aramlash va saqlash – uzatish – quritish – tozalash – jinlash - tola tozalash-zishlash- presslash) majmuasini tashkil etadi.

## 5.1.1-jadval

| <b>Texnologik jarayon bosqishlari</b>                                                  | <b>Texnologik jarayon maqsadi va uni amalgam oshirish usullari</b>                                                                                                               | <b>Nazariy o'rganish va asoslash zarur bo'lgan muammolar</b>                                                                                                                                                     | <b>Kutiladigan natijalar</b>                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1- Bosqish. Xom ashyoni g'aramlash va saqlash                                          | Paxta xomashyosini tabiiy sifat ko'rsatkishlarini saqlagan holda keyingi bosqishga tayorlash                                                                                     | Nazariy izlanishlar g'aramdagi paxta massasining bosimini bir tekisda saqlash va namlikni taminlashni asoslash va tavsiyalar berish                                                                              | G'aram balandligi va boshlang'ish namlik berilganda, keyingi etapda uzatiladigan paxta xomashyosini zishlik va namlik etiladi                                                          |
| 2- Bosqish. Paxta xom ashyosini uzatish va qilish                                      | Garamdagi paxtani zarur maydonshaga uzatish, havoni ajratib olish, tozalash qisman iflosliklaridan tozalash                                                                      | Paxta massasini quvurlardagi (havo tasirida) harakatini tekis ta'minlash separatorlarda yig'ilib qolishga qo'ymaslik uchun havo tezligi va quvur parametrlarini asoslash                                         | Belgilangan xom ashyo miqdorini kerakli maydonshaga uning tabiiy sifatlarini saqlagan holda yetkazib berish bo'lakchalarga ajratib berish                                              |
| 3-Bosqish. Xom ashyosini belgilangan miqdorda quritish                                 | Boshlang'ish namlikka ega bo'lgan paxta massasini quritib, belgilangan namlikdagi xom ashyoni tayorlash sifat ko'rsatkishlarini saqlab qolish quritish qurilmalarini jalb qilish | Havo tola va chigitdan tarkib topgan ush komponentloi muhitda iisqlik almashuv va tarqalish paxta bo'lakchalarini quritishning nazariy o'rganish                                                                 | Paxta massasida namlikni kamaytirib uni keyingi bosqishga tayyorlab berish.                                                                                                            |
| 4-Bosqish. Paxta xom ashyosini iflosliklardan tozalash                                 | Xomashyo tarkibidagi mayday va yirik iflosliklardan ajratish uchun kolosnikli panjarada zarba berish usulini amalgam oshirish                                                    | Paxta bo'lakchalarini kolosnik sirti bilan o'zaro zarba kuchini hisoblash, uning panjara sirtida harakatini nazariy o'rganish tozalash samaradorligini baholash                                                  | Paxta xom ashyosini tarkibidan mayday va yirik iflosliklaridan ajratib, uning tabiiy sifatlarini saqlagan holda jinlashga tayorlash                                                    |
| 5-Bosqish. Chigitli paxtadan tolani ajratib olish (jinlash) va tukli shigni linterlash | Ishshi kamerada xomashyo valigini xosil qilish undan arrali tishlar yordamida chigitdan tolani ajratish tukli chigit linter mashinasiga uzatish va undan momiq ajratib olish     | Xomashyo valigi harakatini va uning arrali tishlar bilan ilashish va tolani tishlardan ajratib olish jarayonini modellashtirish usuli bilan nazariy o'rganib shiqish. Tukli chigitdan momiq ajratishni o'rganish | Chigitdan ajratilgan uzun va kalta tolali (lint) paxta massasini xosil qilish. Urug'li chigitni saralab olish. Texnologik jarayon davomida tola sifatli sinfiga alohida e'tibor berish |
| 6-Bosqish. Tolaning iflosliklardan tozalash                                            | Jindan uzatilgan tola massasini yig'ish va undan zarba va sudrash usuli bilan iflosliklarni ajratib olish                                                                        | Tola massasiga beriladigan zarba, havo so'rg'ishlaridagi bosim va massaning kondensor fazasidagi harakat nazariy o'rganiladi                                                                                     | Tola va lint talab darajasidagi iflosliklaridan tozalanadi va taraladi. Sifat ko'rsatkishlarini kuzatib boriladi                                                                       |
| 7-Bosqish. Paxta tolasini zishlash (presslash)                                         | Tola massasini reglament bo'yisha zishlab, toylar (kiplar) tayorlanadi, uning uchun pres mashinalar parametrlari aniqlanadi.                                                     | Tola massasining zishlanish (vaqt bo'yisha) asosida uning zishligi hisoblanadi, uning hajmi va shakli tanlash asoslanadi. Mexanizatsiya va avtomatlashtirish tavsiya etiladi                                     | Reglament talablariga javob beradigan toylar tayorlanadi, undagi zishlik va bosim belgilanadi.                                                                                         |

Majmuaning samarador texnologiyasini tuzish shartlaridan eng muximlari xar bosqish jarayonida qo'yilgan maqsadni unumli amalgam oshirilishi xar bir bosqish yakunida mahsulot sifat navbatdagi bosqish boshlanish darajasiga javob berishi, texnologiya uzluksiz davom etishi, uni boshqarib turish imkoniyati mavjud bo'lib turishi kerak. bu shartlarni amalda bajarilishi uchun xar bir bosqish xar tamonlama tahlil qilinishi, jarayon parametrlarni tanlash xam nazari xam tajribaviy usullar bilan yyetarlicha asoslangan bo'lishi kerak.

Bundan tashqari xar bir bosqich yakunida olinadigan natijalar talabga javob berishi, keyingi bosqish jarayonini muvaffaqiyatli borishiga imkoniyat yaratish lozim. Shunday shart bajarilgan holda, texnologiyani yaxlitligi, uni uzluksiz samaradorligi ta'minlanishi mumkin. Shu nuqtai nazardsan xar bir bosqish jarayoniga nazariy yondashuv masalasini ko'rib chiqamiz. Ularni amalgam joriy wilish yo'llari konkret hisob ishlarini bajarish keyingi maruzalarda bayon etiladi.

Yuqorida keltirilgan jadvalga ko'ra 1-bosqish bu g'aramlash va saqlash bo'lib, bu yerda biz ko'proq chigitli paxta massasini stasionar xolatini o'rganish bilan sheklanamiz. Nazariy izlanishdan maqsad xosil bo'lgan g'ramlarda mahsulotning fizikaviy xolatini aniqlashdan iborat bo'ladi. Bu yerda nazariya yordamida g'aramda talabga javob beradigan zishlikni ta'minlash uchun ma'lum namlikka ega bo'lgan paxta massasidan tashkil topgan g'aram balandligini aniqlash masalasi qo'yiladi. Bu masala to'laligisha prof. M.T.Xojiyevning ilmiy ishlarida bayon etilgan. Bu yerda biz ayrim natijalarini bilan shegaralanamiz. G'aramni kesim yuzasi o'zgaruvshan modul orqali unda xosil bo'ladigan kuchlanishni aniqlaymiz. OX o'qini yuqoridan pastga yo'naltirilib koordinata boshini yuqori kesimda joylashtiramiz. Ixtiyoriy kesimda xosil bo'ladigan bosim P bosim deb olsak u holda elementning muvozanat xolatidan ushbu tenglama olingan

$$\frac{d(Sp)}{ax} = S\rho g \quad (5.1.1)$$

Bu yerda  $S=S(x)$  kesim yuza,  $\rho$  ixtiyoriy kesim yuzasidagi zishlik. Kesim yuzasidagi zishligi eksperemental usul bilan bosim va zishlik orasidagi bog'lanishni ma'lum deb olamiz ya'ni  $\rho = \varphi(p) * \rho_0$ . Bu yerda  $\rho_0$  g'aramning boshlang'ish

kesim yuzasidagi zishlikni e'tiborga olib (3.1) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz.

$$S \frac{dp}{dx} + S'(x)p = \gamma_0 \varphi(p) \quad (\gamma_0 = \rho_0 g)$$

(5.1.1) tenglamaning yeshimi  $p(0) = 0$  sharti bilan umumi holda sonli usul bilan eshiladi.

Xususiy xollarni ko'ramiz:  $\varphi(p) = 1 + Bp$ , deb qabul qilamiz. Bosim, zishlik oshgan sari oshib boradi B-koeffitsient tajribaviy aniqlanadigan o'zgarmas sonlar.

Bu holda (5.1.1) da integral hisoblanib quyidagi formulani olamiz.

$$p = \frac{\gamma_0 \exp(B\gamma_0 x)}{S(x)} \int_0^x S(z) \exp(-B\gamma_0 z) dz \quad (5.1.2)$$

Zichlik esa quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\rho = \rho_0 \left[ 1 + \frac{\gamma_0 B \exp(B\gamma_0 x)}{S(x)} \int_0^x S(z) \exp(-B\gamma_0 z) dz \right] \quad (5.1.3)$$

$S = S_0(1 + kx)$  bo'lgan. Ya'ni g'aramning yuzasi yuqoridan pastga o'zgarganda oshib boradi (klin shaklida g'aram). U holda

$$p = \frac{\gamma_0 (B\gamma_0 + k)}{(B\gamma_0)^2 (1 + kx)} [1 - \exp(-B\gamma_0 x)] + \frac{B\gamma_0^2 kx}{(B\gamma_0)^2 (1 + kx)} \quad (5.1.4)$$

$$\rho = \rho_0 \left\{ 1 + \frac{B\gamma_0 (B\gamma_0 + k)}{(B\gamma_0)^2 (1 + kx)} [1 - \exp(-B\gamma_0 x)] + \frac{(B\gamma_0)^2 kx}{(B\gamma_0)^2 (1 + kx)} \right\} \quad (5.1.5)$$

(5.1.5) formulaga  $\rho = \rho_x$  ruxsat berilgan zichlik  $x = h_x$  bo'lganda shartidan foydalanib, g'aram uchun ruxsat berilgan balandlik topiladi.

$$\left\{ 1 + \frac{B\gamma_0 (B\gamma_0 + k)}{(B\gamma_0)^2 (1 + kh_*)} [1 - \exp(-B\gamma_0 h_*)] + \frac{(B\gamma_0)^2 kh_*}{(B\gamma_0)^2 (1 + kh_*)} \right\} = \frac{\rho_0}{\rho_*} \quad (5.1.6)$$

Agar g'aramning balandligi  $h > h_*$  shartini bajarsa, paxta sifatini buzilishiga olib kelishi mumkin.

2-bosqich alohida nazariy o'rganiladigan jarayon bo'lganligi sababli bu yerda biz faqat quvurda paxta harakatini modellashtirish bilan cheklanamiz. Matematik

model sifatida quvurdagi paxta massasini siqiluvchan muxim deb qaraymiz va uni harakatini gidrodinamika tenglama statsionar yordamida o'rganamiz.

Quvurning ixtiyoriy kesim yuzasida paxta massasining tezligini  $\mathbf{v}(\mathbf{x})$ , bosimni  $p(\mathbf{x})$  va zichligini  $\rho(\mathbf{x})$  deb belgilanemiz. Koordinata boshini quvurning boshlanishida joylashtirib  $\mathbf{x}$  o'qini kerakli yo'nalishida joylashtiramiz. Quvur boshlanishida paxta tezligi  $v_0$  bosim  $p=0$ ,  $\rho = \rho_0$  havo tezligini deb qabul qilamiz. Odatda akad. X.A.Raxmatullinning ikki komponentli muhit modeli qo'llanilsa havo tezligi xam noma'lum bo'lib qoladi. Biz bu yerda sof bir komponentli muhit gidrodinamik model, qo'llab, X.A.Raxmatullin modeliga ko'ra havo bilan paxta massasi orasida kuch ularning tezliklari ayirmasiga proporsional deb olamiz. U holda paxta massasining statsioanar harakat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\rho v \frac{dv}{dx} = -\frac{dp}{dx} - k(v - v_0) \quad (5.1.7)$$

Bu yerda  $k$ -havo qarshilik koeffisienti. (5.1.7) tenglama noma'lumlar  $v, p, \rho$  bo'lganligi sababli ular odatda ikki bog'lanish mavjud bo'lishi kerak. Birinchi bog'lanish massasining saqlanish berdi. Quvur kesim yuzasi o'zgarmas bo'lganligi sababli, bu qonun quyidagicha yoziladi.

$$\rho_0 * v_0 = \rho * v \quad (5.1.8)$$

Ikkinchi bog'lanish paxta massasining ekspremental aniqlanadigan siqilish qonunini beradi. Biz bu yerda bu qonunni quyidagicha olamiz

$$\rho = \rho_0(1 + Bp) \quad (5.1.9)$$

Bu yerda B-tajriba asosida topiladi (5.1.9) dan bosim  $P$  ni topib (5.1.8) dan foydalanamiz.

$$p = \frac{1}{B} \left( \frac{v_0}{v} - 1 \right) \quad (5.1.10)$$

Shunday qilib (5.1.7) va (5.1.10)  $v$  va  $p$  larni topish uchun sistema bo'lib xizmat qiladi. (5.1.7) tenglamadan (5.1.10) yordamida  $p$  yo'qotib,  $v(x)$  uchun bitta tenglama xosil qilamiz.

$$\left( 1 - \frac{a^2}{v^2} \right) \frac{dv}{dx} = \frac{k}{\rho_0 v_0} (v_0 - v) \quad (5.1.11)$$

Bu yerda  $a^2 = 1/B\rho_0$ . Parametr B-massasining siqilish imkoniyatini xarakterlaydi, uni o'lchov birligi  $\text{n/m}^2$  bo'lib katta qiymatlarda massa ko'p deformatsiyalanadigan kichik qiymatlarida ko'proq deformatsiyalanishni belgilaydi. Odatda  $B = 1/E$  (E-paxta massasining yung moduli) deb olinsa  $a^2 \approx E/\rho_0$  bo'lib parametr paxta massasidagi tovush tezligini ifodalashi mumkin. Shuni e'tiborga olinadigan bo'lsa massaning kichik tezliklarida  $a^2/v^2 \gg 1$  deb olish mumkin. U holda (5.1.11) tenglamaning  $x = 0$  da  $v = v_0$  bo'lgandagi sharti bilan yechimini olamiz.

$$\frac{kx}{\rho_0 v_0} = \frac{1}{a^2} \left[ \frac{1}{2}(v_0^2 - v^2) + v(v_0 - v) + v_b^2 \ln \frac{v_0 - v_b}{v - v_b} \right]$$

Bu formulani quyidagicha ko'rinishga keltiramiz.

$$\frac{kx}{\rho_0 v_0} = \frac{v_b^2}{a^2} \left[ \frac{1}{2} \frac{v_0^2 - v^2}{v_b^2} + \frac{v_0 - v}{v_b} + \ln \frac{\frac{v_0}{v_b} - 1}{\frac{v}{v_b} - 1} \right]$$

$v_b \gg v$  deb olinsa, taqribiy formula olinadi  $v = v_0 - \frac{a^2}{v_b^2} \frac{kx}{\rho_0 v_0} v_b$

Bu qonunlardan ko'rinish turibdiki, massaning siqilish natijasida uning tezligi quvur bo'ylab borar ekan va  $x = x_x = \rho_0 v_0^2 v_b / k$  kesim nolga aylanadi.

5.1.7 bosqichlar paxtani dastlabki ishlash va chigitli paxta tayorlash texnologiyasining asosiy bosqichlari hisoblangani uchun ularni nazariy asoslarini maruzalardan bajarish bayon etiladi. Bu yerda ayrim muammolar ustida to'xtalib o'tamiz.

3- bosqichdagi nazariy tomondan xal qilinishi mumkin bo'lgan muammo, paxta massasini muhit sifatida qabul qilib undagi teplo fizik va namlik tarqalishini belgilovchi xossalarni tajribaviy aniqlashdan iborat. Shunday tajribalar natijasidan A.Q.Usmonqulov ishlarida keltirilgan va tahlil qilingan.

Birinchi muammo bu yerda quritish qurilmasining samaradorligini oshirish. Bu yo'nalishda A.P.Parpiyev, B.G.Qodirov, A.I.Uldjoshkov va boshqalarning bajargan tadqiqot ishlari alohida ahamiyatga egadir.

Chigitli paxtani (4-bosqich) iflosliklardan tozalashda eng katta muammo tozalash mashinalarining samaradorligi yyetarli darajada emas. Bu muammo xal qilish tozalash mashinalarining tozalash jarayonini alohida A.E.Lugachev, I.D.Madumarovlarning ishlarida o'z aksini topgan. Paxtani jinlash (5-bosqich) muammolari M.T.Tillayev tomonidan keng o'rganilgan, foydali tavsiyalar berilgan. Bu yerda eng katta muammo arra tishlari joylashgan yuzadan unumli foydalanish taminlashdan iborat.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Paxtani dastlabki ishlash va urug'lik chigit tayerlash texnologiyasining asosiy bosqichlari. Ularning mohiyati.
2. Chigitli paxtani g'aramlash va saqlash texnologiyasini nazariy o'rganishdan asosiy maqsad, tizimli yondashuvni qo'llash usullari.
3. Chigitli paxtani uzatish jarayonlarini o'rganishdan asosiy maqsad, nazariy o'rganish usullari.
4. Quritish jarayoni texnologiyasi mohiyati, ularni nazariy o'rganishdan maqsad. Kutiladigan natijalar va tavsiyalar.
5. Paxta xom ashyosini iflosliklardan tozalash texnologiyasi mohiyati, uni nazariy o'rganishdan maqsad.
6. Jinlash bosqichining vazifasi, texnologiyaning nazariy o'rganish tartiblari, uni amalga oshirishdan asosiy maqsad.
7. Tolani iflosliklardan tozalash, mohiyati, nazariy o'rganish zarur bo'lgan jarayonlar, asosiy maqsad.
8. Paxta tolasini zichlash texnologiyasi bosqichi. Unda qo'yiladigan asosiy maqsad, uni nazariy o'rganish zarurligi.
9. Chigitli paxtani uzatishda ta'minlagichning vazifasi uning parametrlarini tanlashni nazariy asooslash.
10. Chigitli paxtani uzatishda ta'minlagich zonasida xom ashyo tezligini aniqlash va uni boshqa parametrlar bilan bog'lash.

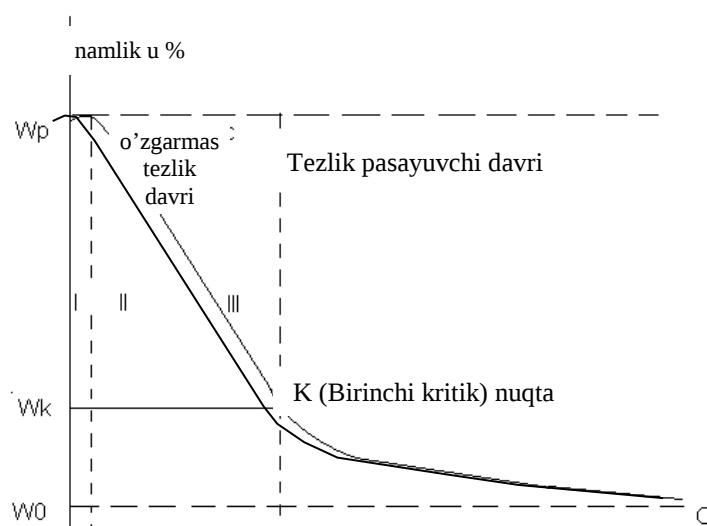
## **5.2. Paxta xom ashyosi uni quritish ob'ekti sifatida o'rganish va tahlil qilish, teplofizik xossalardan ma'lumotlar.**

Chigitli paxta xomashyosi zichligini tez o'zgartirish qobiliyatiga ega bo'lgan muhit bo'lib, uni birinchi navbatda tutash muhit deb qarash va termodinamik jarayonlar odatiy holda ro'y beradi deb qabul qilish mumkin. Zichlikning vaqt va fazoviy koordinatalarda o'zgarib turishi, undagi jarayonlar natijasini koordinata bo'yicha o'rtacha qiymatlarini, aniqrog'i matematik statistika usullari bilan o'rganib, tahlil qilish mumkin. Bunday hollar zichlik va boshqa teplofizik va namlik paxta massasida tasodif fizik kattaliklar bo'lib qoladi. Biz ma'ruzalarimizda determinantlashgan nazariya bilan ish ko'ramiz. Shuning uchun issiqlik, namlik va boshqa mexanik xossalarni belgilovchi parametrlar uchun qonuniyatlar universal shaklda olinadi deb faraz qilamiz.

Chigitli paxtani quritishda eng muhim parametr uning quritish tezligi bo'lib, u odatda quritish tezligi kinetikasi orqali ifodalanadi. Quritish kinetikasi bilan vaqt orasidagi bog'lanish uch davrdan iborat bo'lib (quritish tezligi bilan namlik orasidagi bog'lanish), birinchi davr qisqa vaqtda o'tib, unda muhit faqat qiziydi. Ikkinchi davr o'zgarmas tezlik bilan ifodalanib bu davrda harorat o'zgarmas bo'lib, quritish intensivligi o'zgarmas bo'ladi. Uchinchi davr quritish tezligi pasayib boradi va jarayonning hamma parametrlari o'zgarib boradi. Birinchi va ikkinchi davrlar birgalikda boshlang'ich davr deb aytiladi, uni birlashtirib, A.V.Likov, A.B.Ivanovlarning adabiyotida o'zgarmas tezlik davri deb aytiladi.

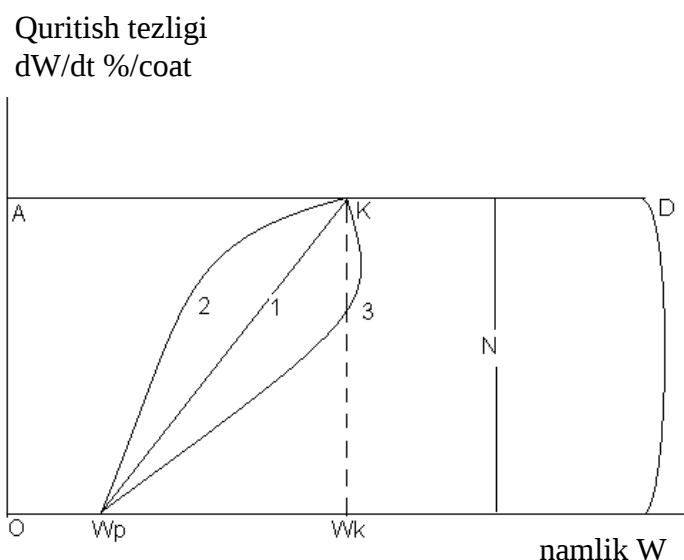
5.2.1-rasmda quritish jarayonida namlik (%) bilan vaqt orasidagi bog'lanish ko'rsatilgan.

Quritish jarayonida namlik kamayib boradi, quritish tezligi bilan namlik orasidagi bog'lanish 5.2.2-rasmda berilgan.



5.2.1-Rasm. G'ovak kapillyar jismning quritish chizig'i.

I-boshlang'ich qizitish davri. II-o'zgarmas tezlik davri. III-tezligi pasayuvchi quritish davri.  $W_K$  - kritik namlik



5.2.2-rasm. Quritish tezligining grafiklari.

5.2.2-rasmda egri chiziqlar quritish tezligining grafiklari bo'lib, ular ho'l (nam) materiallarga xos bo'ladi va ularni quritish tezligi chiziqlari deyiladi. Bu chiziqlarni  $W$  o'qining teskari yo'nalishda qarab tahlil qilamiz. Eng avval shunisi diqqatga sazovorki, o'qining AD qismi boshlang'ich namlik deb olinsa namlikning DK bo'lagi hamma materiallar uchun deyarli bir xil bo'ladi. Chiziqlarning bu zonasi 1-rasm bilan solishtirganimizda, jarayonning tezlik bilan qizitish qismiga to'g'ri keladi. Chiziqlar tahlilidan ko'ramizki, quritish jarayonining boshlanishida quritish tezligi qisqa vaqt oralig'ida o'zgarmas qiymatni ( $\frac{dW}{dt} = N\% / coam$ ) qabul qiladi. Kritik namlik  $K$

Quritish tezligi  
dW/dt %/coat

O Wp Wk namlik W

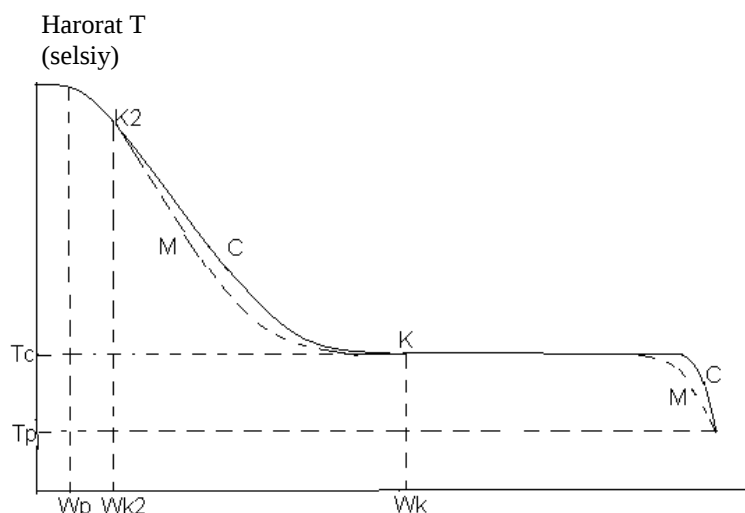
A K K2 K2 N D

4 5 6

namlik W

5-egri chiziq g'ovak materiallar (non mahsulotlari)da kuzatiladi, u chiziqlar boshqa botiqlik abtsissa o'qiga qaragan bo'lsa, kritik nuqtadan so'ng botiqlik ordinata

o'qiga qaragan bo'ladi. Bunda teskari holat 6-chiziqda kuzatiladi, bunday ko'rinish tezligi shunday chiziqlardan iborat bo'lgan materiallar kam uchraydi. Quritish jarayonning xarakteriga haroratning ta'siri katta bo'ladi. 5.2.4-rasmda materialning markaziy (M) va sirtida (S) harorat va namlik orasida bog'lanish grafiklari keltirilgan.



5.2.4-Rasm. Nam materiallar uchun tipik temperatura chiziqlar (M-markaziy qatlamning, S-qatlamning sirti.)

Quritishning boshlang'ich davrida sirtning namligi kamayganda sirdagi harorat  $T_0$  dan tezda ko'tariladi va undan keyin o'zgarmas  $T_s$  qiymatni qabul qiladi. ( $T_s$ -ho'l termometr harorati yoki parlanayotgan suyuqlik harorati). Bu harorat birinchi kritik nuqta K gacha davom etadi va namlik kamaygan sari temperatura ko'tariladi va muvozanatdagi namlikka etgandan so'ng  $T=T_r$  tashqi muhit (havo)haroratni qabul qiladi. Markaziy qatlamda quritishning boshlang'ich davri qisman sustlik bilan o'sadi, shuning uchun ho'l termometr haroratiga kechroq erishadi. O'zgarmas tezlik davrida harorat chiziqlari bir xil bo'ladi. Shunday qilib birinchi davrda (quritishning tezligi harorat o'zgarmas bo'lgan davr) harorat o'zgarmas bo'lib materialning ichida harorat gradienti hosil bo'lmaydi. Quritish tezligining ikkinchi davrida sirt va markaziy qatlamlarda harorat oshadi va qisman harorat gradienti hosil bo'lishi kuzatiladi, muvozanat namlikka yotganda materialning hamma nuqtalari bir xil haroratga erishadi.

Yuqorida tahlil qilingan harorat chiziqlar katta amaliy ahamiyatga ega. Bunday kuzatilayotgan qonuniyatlar katta haroratda yuqori chekli namlika ega

bo'lgan. Materiallarni samarador quritish sabablarini ochib berishi mumkin. Agar namlik birinchi kritik qiymatga  $Tk_1$  ega bo'lsa, u holda materiallning harorati (5.2.4-rasmga ko'ra) ho'l termometr haroratiga yaqin bo'ladi, tashqi muhitning harorati kritik qiymatidan yuqori bo'lmasa, material xossasiga ziyon etkazilmaydi. Namlik kritik qiymatidan kamaygandagina haroratni oshirib borishi mumkin.

Yuqorida bayon etilganlarni e'tiborga olib quyidagi xulosani qilish mumkin. O'zgarmas tezlikda quritish o'zgarmas harorat bilan xarakterlansa, kamayuvchi tezlik bilan amalga erishiladigan quritish jarayonida haroratni oshirish zarur bo'lib qoladi. Bu qonuniyat nam paxta massasini quritish chegarasini nazariy o'rganishga asos bo'lib xizmat qiladi.

Issiqlik va modda almashuv qonuniyatlarini ifodalash uchun ba'zi tushunchalar bilan tanishib chiqamiz. Bu tushunchalar A.V.Lisov monografiyasiga asoslanib beriladi.

Quruq havo bilan suv bug'ining aralashmasi havoning namligini hosil qiladi. Odatdagi havoda hamma vaqt suv bug'i tarkib topadi. Havodagi bosim quruq havo va suv bug'i ta'sirida bo'lgan bosimlar yig'indisiga teng bo'ladi:

$$p_{\sigma} = p_{nap} + p_{\epsilon}$$

bunda  $p_{nap}$ ,  $p_{\epsilon}$  -bug' va havoning normal bosimlari.

Nam havo quyidagi fizik xossalar bilan xarakterlanadi. Harorat, bosim, hajm, solishtirma og'irlik, namlik, namlik miqdori, bug'ning portsial bosim, issiqlik miqdori. Absolyut va nisbiy nam tushunchalari amalda ishlatiladi. Havoning absolyut namligi deb  $1m^3$  havodagi (ya'ni  $1m^3$  aralashmadagi) suvning miqdoriga aytiladi va uni keyinchalik  $\gamma_n$ -belgilaymiz. Dalton qonuniga ko'ra aralashmaning hajmi uni hosil qiluvchi har bir komponentning hajmiga teng, shuning uchun havoning absolyut namligi, suv bug'ining solishtirma og'irligiga teng bo'ladi. Havoning nisbiy namligi deb, absolyut namlikning suv bug'ining maksimal og'irligi nisbatiga teng, bug'  $1m^3$  havodan o'sha haroratda va portsial bosimga ega bo'lishi lozim. Shunday qilib nisbiy namlik ushbu nisbat bilan aniqlanadi. ( $\gamma$  -bug'ning havodagi  $1m^3$  maksimal og'irligi).

$$\varphi = \gamma_n / \gamma_{\max}$$

Agar xavo xarorati  $T < 100^0 C$  bo'lsa bug' bosimi barometrik bosimga teng bo'lmaydi, u holda  $\gamma_{\max}$  to'yingan bug'ning miqdoriga teng bo'ladi, ya'ni

$$\gamma_{\max} = \gamma_h, \varphi = \varphi_h = \gamma_n / \gamma_h$$

Agar Klapeyron qonuni o'rinli deb olinsa, bosimlarni topish uchun quyidagi formulalardan foydalanamiz.

$$p_n = \gamma_n \frac{RT}{\mu_n}, p_h = \gamma_h \frac{RT}{\mu_h}$$

$\mu_n = \mu_h = \mu$ -bug'ning molyar og'irligi ( $\mu = 18$ ).  $p_n$ -to'yingan bug'dagi bosim,  $R$ -universal gaz o'zgarmasi, quritish qurilmalarni hisoblashda o'ng'aylik uchun 1 kg quruq havo tanlab olinadi va uning hajmi quyidagicha bo'ladi:

$$V = \frac{RT}{\mu_g p_g}$$

$\mu_g$  -quruq havoning molyar og'irligi ( $\mu_g = 29$ ).

1 kg quruq havoga nisbatan olingan nam havodagi suv bug'ining miqdori, havoning namlik miqdori (vlagoderjanie) deb ataladi. Agar bug'ning miqdori  $ep$  da berilsa, u holda namlik miqdori  $d=1000x$  bo'ladi, bunda  $x$ -bug'ning aralashmadagi  $kg$  o'lcham birligida bo'lgan miqdori.  $d$  ni topish uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$d = 6220 \frac{p_n}{p_g - p_n}$$

Shunday qilib, agar barometrik bosim  $R_b$ , berilgan bo'lsa, u holda namlik miqdori bug'ning partsial bosimi orqali ifodalanadi.

Nam havoning solishtirma og'irligi uchun formula

$$\gamma_{cn} = 1.293 \frac{273}{T} (1 - 0.378 p_n / p_g) = 1.293 \frac{273}{T} (1 - 0.378 \varphi p_h / p_g)$$

Quruq havoning solishtirma og'irligi:

$$\gamma_g = 1.293 \frac{273 p_g}{T p_g}$$

Normal xolatda  $p_e = p_o = 760$ ,  $E = 273^0 K$ , u holda  $\gamma_e = 1.293 \text{ kg/m}^3$ . Oxirgi ikki formulani solishtirib, ko'ramizki nam havoning solishtirma og'irligi partsial bosim ta'sirida quruq havodan kam bo'lar ekan.

Endi havoning teplofizik xossalarini ko'rib chiqamiz. Nam havoning 1 kg o'zgarmas bosimda va quruq havo issiqlik sig'imiga nisbatan qiymati topiladi.

$$C_m = \frac{c_e + x c_n}{1 + x}, \quad C'_m = c_e + x c_n$$

Bu yerda

$$[C_m] = \frac{\text{kkal}}{\text{grad.kg.nam havo}}$$

$c_e$ -quruq havo issiqlik sig'imi  $c_e = 0.24$ ,  $c_n = 0.48$ -bug'ning issiqlik sig'imi,

$$x = 0.622 \frac{p_n}{p_o - p_n}.$$

Adiabatik jarayonda (bu jarayonda bug'lanish faqat atrof havo ta'sirida hosil bo'ladi) havo sovib, suvning bir qismi bug'lanadi (partsial bosim oshganda, uning miqdori ham oshadi), suvning harorati pasayib, nam termometr haroratiga tenglashadi. Ushbu ayirma  $\zeta = t_c - t_h$  quritish potentsiali deb ataladi, bunda  $t_s$ -nam havoning,  $t_n$ -to'yingan (nam termometr) havoning harorati.

Nam materiallarda issiqlik va massa almashuv jarayoni murakkab bo'ladi va jarayon teplofizikaning alohida masalasi bo'lib qoladi. Harorat juda yuqori bo'lmagan va bug'lanish intensivligi past bo'lgan hollarda suvning nam material sirtida bug'lanish quyidagi Dal'ton formulasi yordamida hisoblanadi.

$$q_m = 0.04075 w^{0.8} (P_n - P_n) \text{ kg/m}^2 \cdot \text{soat}$$

$w$  -havoning material sirti ustidagi tezligi,  $P_n$  -havo oqimidagi bosim,

$P_n$  - material sirtidagi qatlamdagi to'yingan suv bug'ida bosim.

Bosimlar  $P_n$ ,  $P_n$  -jadval yordamida aniqlanadigan kattaliklar.

Noizotermik holatlarda nam havoda moddaning to'liq oqimi diffuziyalanadi, termodifferentsial va molyar oqimlar yig'indisiga teng bo'ladi.

$$q_m = q_{mg} + q_{mt} + q_{mn}$$

Bunda

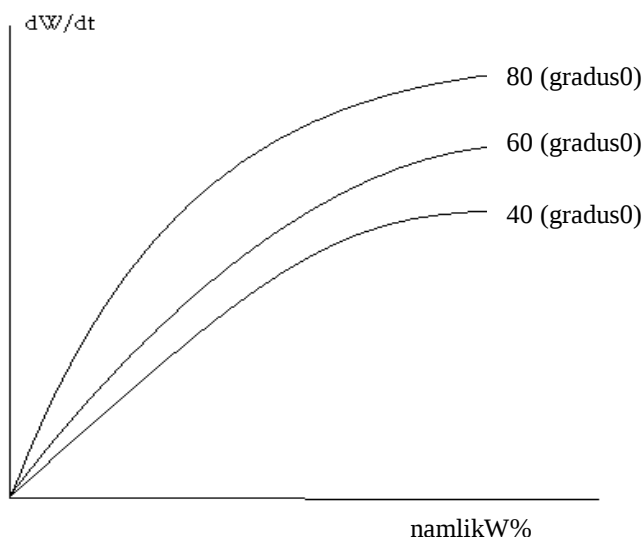
$$q_{mg} = -D \nabla W_1,$$

$$q_{mt} = - [W_1 + k_T (W_1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} W_2)] \nabla T$$

$$q_{mn} = V \cdot W_1$$

D-diffuziya koeffitsienti,  $W_1$  va  $W_2$  –namlik konsentratsiyalari, T-xarorat (Kel’vinda),  $k_T$ -termodiffuzion koeffitsient,  $\mu_1$  va  $\mu_2$ -suyuqlik va molyar gazlarning og’irligi, V-sirtga normal yo’nalgan oqim tezligi.  $\nabla$ -gradient operatori, ya’ni sirtning normalini buyicha xosila.

Nam paxta xomashyosi va to’qimachilik materiallari ko’pchilik kolloid kapillyar g’ovak jismlarga kiradi va ularda qurish jarayonini ularning fizika-mexanika xossalari bog’liq bo’ladi. Bunday materiallarning qurish jarayonida ular deformatsiyasi (hajmi kamaytirish, usadka) asosiy rol o’ynaydi. Agar kapilyarlar elastik bo’lsa, namlanish davrida kapillyarlarning o’lchamlari oshadi quritish jarayonida kamayadi. Sirtidagi kapilyarlarning namlikni qabul qilishi osonlashadi, 5.2.5-rasmda to’qimachilik materiallari quritish tezligi chizig’i berilgan.



5.2.5-rasm. Quritish tezligi chizig’i(har xil haroratda)

Olingan grafiklardan ko’rinib turibdiki, egri chiziqlarning botiqligi ordinata o’qiga qaragan, bu esa namlik almashish koeffitsientining kamayishi bilan birga bir qatorda

quritish jarayonida uning o'lchamlari (qalinligi) ham kamayganidan darak beradi. Agar material qalinligini  $h$ , namlik almashish koefitsientini  $\beta$ , namlik o'tkazish koefitsienti  $k\lambda$  deb olinsa, u holda quritish kinetikasining tenglamasi A.V.Likovning tavsifi bilan quyidagicha yoziladi:

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{1}{h} \frac{W - W_p}{4\beta h + \pi^2 k}$$

bunda  $W_p$  -muvozanat namlik.

Agar quritish jarayonida o'zgarmas tezlik davri bo'lmasa, u holda  $\beta \ll k$  (chunki namlik uzatish tezligi namlik olish tezligidan yuqori bo'ladi). To'qima materiallarda bu hol o'rin bo'lgani uchun  $\frac{1}{k} \ll \frac{1}{\beta}$  bo'ladi va yuqoridagi tenglama

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{\beta}{h} (W - W_p) -$$

ko'rinishni oladi. Bunday materiallarda namlik adsorbtsion va osmatik kuchlar bilan bevosita bog'liq bo'ladi. Adsorbtsion namlik deb, issiqlik bilan birga ajraladigan namlik miqdoriga aytiladi. Quritish jarayonida sodir bo'ladigan issiqlik va massa almashuvlari kriterial bog'lanishlar orqali ham ifodalash mumkin. Agar namlik ajralish bug'lanishsiz bo'lsa, u holda Nudsen soni (kriteriyasi) o'rinli bo'ladi.

$$Nu = A \cdot Pr \cdot Re^m \cdot \theta^k$$

bunda  $A$  -o'zgarmas son,  $Pr$  -Prandtl kriteriyasi,  $Re$  =Reynol'ds kriteriyasi,  $\theta$  -harorat faktori.

Katta tezlikda harakat qilayotgan gazlar uchun  $\theta \approx 1$  deb olinadi.

$$Nu = A Re^m$$

Agar namlik ajratish bug'lanish bilan bo'lsa u holda

$$Nu = A Re^m (1+K)^m$$

kriteriy o'rinli bo'ladi, Bu yerda  $K = mL / \rho_g g$   $m$  -bug'lanish intensivligi,  $\rho_g$  -havo zichligi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Paxtani quritish kinetikasi va quritish chizig'i va uning tahlil.
2. Quritish tezligi grafigi, uning tahlili. Quritish davrlari ularning mohiyati. Kritik nuqtalar, muvozanat namliklar. Gigroskopik namlik tushunchasi.
3. Nam materiallar uchun tipik temperatura chiziqlar ularning tahlili. Nam termometr tushunchasi.
4. O'zgaras va kamayuvchi tezliklardagi quritish jarayonlarida haroratning o'zgarish qonuniyatlari.
5. Havo bosimining tarkibi, havoning nisbiy namlik tushunchasi. To'yingan bug' va to'yingan nisbiy namlik tushunchasi. Havodagi namlik miqdorini topish formulasi.
6. Nam havoning issiqlik sig'imini topish formulasi. Quritish potentsiali va uning fizik ma'nosi.
7. Noizotermik holatlarda nam havoning tarkibi va uning tahlili.
8. Paxta xom ashyosi va to'qimachilik materiallrining quritish tezliginin xarakaterlash ularning haroratga qarab o'zgarishi qonuniyatlari.
9. Qalinligini  $h$ , namlik almashish koeffitsientini  $\beta$ , namlik o'tkazish koeffitsienti  $k$   $\lambda$ bo'lgan chigitli paxta qatlami uchun quritish kinetikasining tenglamasi.
10. Adsorbtsion namlik tushunchasi, uning quritish jarayonidagi roli. Quritish jarayonida uchraydigan kriteriylar va ularning ifodalari.

### 5.3. Quritish jarayonning kinetikasidan foydalanish va quritish chizig'ining quritish tezligi o'zgarmas va pasayuvchi davrlardagi tenglamalari.

Namlikning material ichida harakati, yuqori va ta'kidlab o'tganimizda namlik va harorat gradientlariga proportsional bo'ladi.

$$i = -k\gamma_{10}(\nabla u + \delta \nabla T) \quad (5.3.1)$$

Cheksiz kichkina hajm uchun bog'lanish differentsial formulasini olib, quyidagi tenglamani beradi:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k(\Delta u + \delta \Delta T) \quad (5.3.2)$$

Bu yerda  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$  Laplas operatori.

Agar harorat gradienti kichkina bo'lsa, ya'ni  $\Delta T \rightarrow 0$  bo'lsa, u holda (5.3.2) tenglama ko'rinishda bo'ladi.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k\Delta u \quad (5.3.3)$$

(5.3.2) tenglamani echishda quritish jarayoni ikki davrdan iborat ekanligini va ular uchun boshlang'ich va chegaraviy shartlar har xil bo'lishini e'tiborga olish zarur.

(5.3.2) tenglama echimi yordamida materialning ixtiyoriy momentda namlikni topish mumkin. Namlik uchun olingan natijalarni hajm bo'ylab integrallasak, u holda namlikning o'rtacha qiymati bilan vaqt orasida bog'lanishni olamiz. Bunday bog'lanish quritish jarayonning nazariy olingan quritish chizig'ini beradi. Shunday yo'l bilan biz yuqorida olingan tajribaviy chiziqlarni chiziqlarni nazariy asoslashimiz mumkin. Shu munosabat bilan ikkala davr uchun quritish chiziqlarini olib, ularning tahlilini beramiz.

1. Quritish tezligi o'zgarmas bo'lganda quritish chizig'i olish uchun differentsial tenglama, uning echimi va tahlili.

Faraz qilaylik boshlang'ich momentda materialning hamma nuqtalarida namlik bir xil bo'lib,  $w = w_0$  ga teng bo'lsin. Oldingi ma'ruzalarimizda keltirilgan chegaraviy shartlar quritish jarayoning butunlay davomida o'rinli bo'ladi. Bu shartga ko'ra materialning ichki nuqtalaridan sirtga qo'shni namlik butunlay bug'ga (havoga) aylanadi, shunday qilib chegarada (material sirtida) quyidagi shart bajariladi:

$$-k\gamma_0(\nabla u)_n = B(p_m - p_n) = m \quad (5.3.4)$$

Bu yerda  $m$ -bug'lanish intensivligi,  $p_m = p_{\text{um}}$  to'yingan bug'ning o'zgarmas haroratidagi bosimi,  $p_n$  - partsial bosim. Misol uchun bir o'lchovli qalinligi  $h$  qatlam masalasini ko'ramiz. U holda koordinata boshini qatlamning  $x = 0$  yuzasida o'rnatib,  $Ox$  o'qini vertikal pastga qarab yo'naltiramiz. Qo'shimcha shart uchun  $x=0$  chegarada namlik gradienti nol' deb olamiz; ya'ni (masala simmetriyaga ega):

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad x = 0 \quad \text{bo'lganda} \quad (5.3.5)$$

(5.3.3) tenglamaning (5.3.4) va (5.3.5) shartlarini qanoatlantiruvchi echimlari quyidagicha bo'ladi:

$$u = u_0 - \frac{m}{h\gamma_0} \left\{ \tau - \frac{h^2 - 3x^2}{6k} + \frac{2h^2}{k} \sum_{n=1}^{\infty} \cos \frac{\pi n x}{h} \exp(-\pi^2 n^2 k \tau / h^2) \right\}$$

$$u = u_0 - \frac{m}{h\gamma} \left( \tau - \frac{h^2 - 3x^2}{6k} \right) \quad \frac{k\tau}{h^2} > 0.54 \quad \text{bo'lganda} \quad (5.3.6)$$

Bu formulani qatlamni yarim qalinligi bo'yicha integrallab namlikning o'rtacha qiymatini topamiz.

$$w_{cp} = \frac{1}{h} \int_0^h u dx \quad \text{integrallab topamiz}$$

$$w_{cp} = w_0 - \frac{100m}{h\gamma_0} \tau = w_0 - N\tau \quad (5.3.7)$$

$$N = 100m / h\gamma$$

Shunday qilib  $N$  o'zgarmas tezlikda quritish tezligini nazariy topilgan qiymati % / soat. (5.3.7) ifodadan ko'rinib turibdiki quritish chizig'i eng boshdan to'g'ri chiziq bo'lishi kerak ekan, uning proportsionallik koeffitsienti  $m$  bo'lib, odatda A.V.Likov adabiyotida  $m = (1 - \varepsilon)\gamma_0 q$  bilan belgilanib,  $\varepsilon$ -fazoviy o'tish koeffitsienti deb aytiladi. Materialdagi namlikning to'liq miqdori (lokal) quyidagi yig'indidan iborat;

$$du = du_m + \varepsilon du$$

Bu yerda  $du_m$ –namlikning faqat suyuqlik holda ko'chishi ( $\varepsilon = 0$ )  $du_m = 0$   $\varepsilon = 1$  bo'lsa, namlikni bug'ning kondensatsiyalanishi tufayli yoki namlikning bug'lanishi natijasida ko'chishni aniqlaydi. Shunda fazoviy o'zgarishi koeffitsienti uchun  $0 \leq \varepsilon \leq 10 \leq$  tengsizlik o'rinlidir. Shunday qilib kriteriy orqali

$$N = \frac{100(1-\varepsilon)q}{h}$$

formula bilan ifodalanadi.

Bunday quritish chiziqlari odatda yupqa materiallarda kuzatiladi, bunday materiallar juda tez qiziydi va quritish intensivligi tez orada o'zgarmas qiymati qabul qiladi. Agar material qatlami qalin bo'lib, uning isitish solishtirma yuzasi kichik bo'lsa, u holda boshlang'ich holda quritish chizig'i botiqligi ordinata o'qiga qaragan bo'lib, biroz vaqt o'tgandan so'ng to'g'ri chiziq holatiga ega bo'ladi. Quritish intensivligi bilan uning tezligi orasidagi bog'lanishni umumiy holda:

$$N = 100mS / G_c$$

qurinishda yozib, bu qiymatni tajriba asosida aniqlash mumkin bo'ladi.

(5.3.6) va (5.3.7) formulalar yordamida qatlam uchun kritik namlik  $w_{k1}$  ni topishimiz mumkin. (5.3.6) formulada  $x = h$  deb olib:

$$100u = Uk - 100[u_0 - \frac{m}{h\gamma_0}(\tau_k + h^2 / 3k)] = w_0 - \frac{100m\tau_k}{h\gamma_0} - \frac{100mh}{3\gamma_0k}$$

ikkinchi tomondan (5.3.7) formula  $w_{k1} = w_0 - N\tau_k$  kurinishda ezib,  $w_{k1}$  ni topamiz

$$w_{k1} = 100(u_k + \frac{m}{3k\lambda_0}) = U_k + \frac{Nh^2}{3k}$$

kolloid material uchun  $U_k = U_z$ ,  $U_z$  gigroskopik namlik.

Bu formulaning tahlili shuni ko'rsatadiki birinchi kritik namlik  $w_{k1}$  quritish rejimiga (tezligiga) bog'liq ekan. Tezlik N va qalinlik oshgan sari kritik namlik qiymati kamayadi. Shunday qilib qalin qatlamli materiallar kritik namlik nuqtasi, yupqa materiallarga nisbatan vaqtlitroq hosil bo'lar ekan. Ba'zi qalinlikda kritik namlik boshlang'ich namlikdan katta bo'lib qolish mumkin. U holda tenglikdan

$$w_0 = w_{k1} = U_k + \frac{Nh^2}{3k}$$

qatlam qalinligi  $h$  topamiz.

$$h = h_0 = \sqrt{\frac{3(w_0 - U_k)k}{N}}$$

Agar  $h > h_0$  bo'lsa, u holda quritish chizig'ida o'zgarmas tezlikda mos keladigan qism bo'lmaydi, quritish tezligi jarayonning boshlanishidan kamayuvchi chiziqli (vaqt bo'yicha) bo'lib qoladi.

2. Quritish tezligi kamayuvchi bo'lgan davrda quritish tezligi tenglamasini olish va uning tahlili.

Quritish tezligi kamayuvchi davrda namlik o'tkazish koeffitsient  $k$  namlikka bog'liq bo'lib, uni tajriba asosida aniqlash mumkin. U holda yuqoridagi (5.3.2) tenglama echish murakkablashadi. (5.3.2) tenglama quyidagi shartlar asosida echamiz qo'shimcha koeffitsient  $k$  ni o'zgarmas deb olamiz.

$$u = u_m - \frac{x^2}{h^2}(u_m - u_n) \quad \tau = 0 \text{ bo'lganda} \quad (5.3.9)$$

$$k\gamma_0 \frac{\partial u}{\partial x} + m = 0 \quad x = h \text{ bo'lganda} \quad (5.3.10)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad x = 0 \text{ bo'lganda} \quad (5.3.11)$$

Bu yerda  $u_m$  qatlamning markazidagi namlik

(5.3.10) shartdagi  $m$ -bug'lanish intensivligi bo'lib quyidagicha aniqlanadi.

$$m = B(p_m - p_n) = \beta\gamma_0(u_n - u_p) \quad (5.3.12)$$

$p_m = p_n \frac{bu_n}{a + u_n}$  olaylik, bunda  $p_m$ -material chegaradagi hosil bo'lgan bug'ning

bosimi,  $p_n$ -nam havodagi bug'ning (partial) bosimi,  $u_n$  -material sirtidagi namlik,  $u_p$ -materialdagi muvozanat holdagi namlik,  $a, b$ -o'zgarmas sonlar.

(5.3.12) formulada  $\beta$ -koeffitsient o'zgaruvchi bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\beta = \frac{a\beta_0}{a + u_n} \quad (5.3.13)$$

(5.3.13) formuladan ko'rinadiki,  $u_n$  oshgan sari (ya'ni material sirtidagi namlik) namlik o'tkazish koeffitsienti kamayar ekan.  $\beta$  koeffitsienti o'zgarmas deb qabul qilamiz va (5.3.10) shartini quyidagicha yozamiz.

$$k\gamma_0 \frac{\partial u}{\partial x} + \beta\gamma_0(u_n - u_p) = 0 \quad x = h \text{ bo'lganda}$$

(5.3.2) tenglamaning (5.3.9), (5.3.11) va (5.3.13) shartlarni qanoatlantiruvchi ifodalar A.V.Likov tomonidan quyidagicha keltirilgan:

$$U = U_p + \sum_{n=1}^{\infty} A_n [U_n - U_p - 2(U_M - U_n)(1/Hh - 1/\mu_n^2)] \cos \mu_n \frac{x}{h} \exp(-\mu_n^2 F_0) \quad (5.3.14)$$

Bu yerda  $U = 100u$ ,  $U_p = 100u_p$ ,  $U_n = 100u_n$   $Hh$  - Bio kriteriyasi,  $F_0 = k\tau/h^2$  - Fur'e kriteriyasi,  $\mu_n$  - trantsendent tenglama  $ctg\mu_n = \mu_n/Hh$  echimlari

$$A_n = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n}$$

(5.3.14) echimni qatlam bo'yicha integrallab  $W = \frac{1}{h} \int_0^h U dx$ , topamiz:

$$W - W_p = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \sin \mu_n}{\mu_n} [U_n - U_p - 2(U_n - U_p)(1/Bi - 1/\mu_n^2)] \exp(-\mu_n^2 F_0) \quad (5.3.15)$$

(5.3.15) formulada materialning o'rtacha (qatlam bo'yicha) namligi bilan vaqt orasida bog'lanishni ifodalaydi, shuning uchun bu ifodani nazariy olingan quritish chizig'i deb atash mumkin. Bu formulani olishda quyidagi shartlar qabul qilingan edi: 1) namlik koeffitsientlari o'zgarmas; 2) material zichligi o'zgarmas (ya'ni materialning tortilish hisobga olinmaydi); 3) harorat gradienti (ya'ni qatlam bo'ylam harorat bir xil, lekin vaqt buyicha o'zgaruvchan bo'lishi mumkin).

Agar namlik boshlang'ich moment  $\tau = 0$  da qatlam bo'yicha o'zgarmas bo'lsa, bu hol quritish tezligining o'zgarmas bo'lish davri yo'qligini bildiradi va u kolloid va kapillyar g'ovak materiallar (chigitli paxta, mato va hokazolarga mos keladi) bo'lsa (5.3.15) tenglama quyidagicha ko'rinishda oladi:

$$W - W_p = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \sin \mu_n}{\mu_n} [U_n - U_p] \exp(-\mu_n^2 F_0)$$

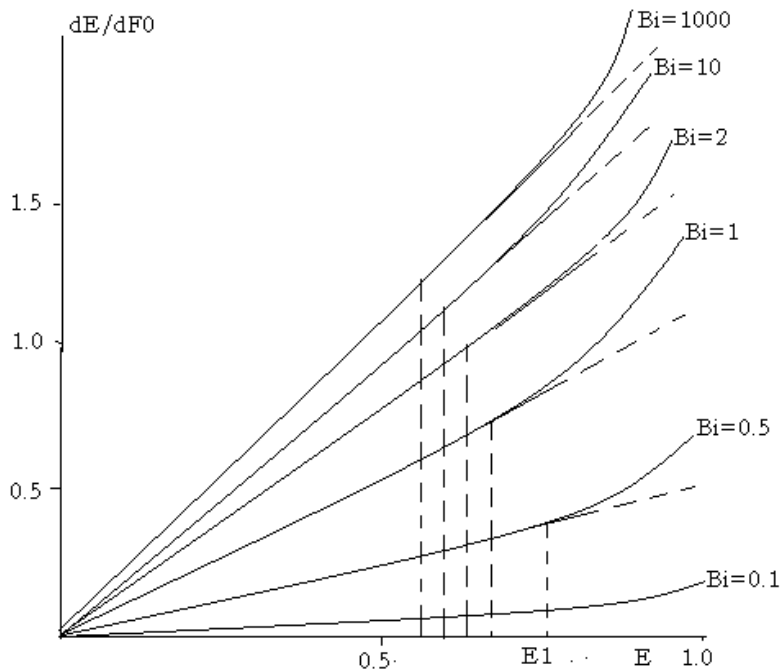
Shunday qilib (5.3.15) quritish jarayonni ifodalaydi umumiy formula (qabul qilingan 3 faraz doirasida) bo'lib, undan xususiy hollarni keltirib chiqarish mumkin. (5.3.15) formulani tahlil qilamiz:

Quritish jarayonining tezligi ifodasi

$$\frac{dW}{d\tau} = -\frac{k}{h^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \sin \mu_n}{\mu_n} [U_n - U_p - 2(U_n - U_p)(1/Bi - 1/\mu_n^2)] \exp(-\mu_n^2 F_0) \quad (5.3.16)$$

5.3.1-rasmda ulchamsiz quritish tezlik jarayoni  $\frac{dE}{dF_0}$  ning keltirilgan namlik

$E = \frac{W - W_p}{W_k - W_p}$  orasidagi bog'lanish har xil  $Bi$  ( $Bi = Hh$ ) qiymatlarida ko'rsatilgan.



5.3.1-rasm. Quritish tezligining nazariy olingan chiziqlari

5.3.1-rasmda punktr chiziqlar bilan boshlang'ich namlik parabola egri chizig'i (5.3.9) bo'lgandagi hol (quritish jarayoni tezligi kamayuvchi davrga ega) keltirilgan. Hisob ishlarida  $U_M = 2U_0$ ,  $W_K = (2U_M + U_n)/3 = 5U_M/6$  deb qabul qilingan. Qolgan chiziqlar (tutash) boshlang'ich namlik tekis taqsimlashga (quritish jarayoni tezligi o'zgarmas davrga ega) holiga ( $U_0 = U_M$ ,  $W_k = W_0 = U_0$ ) mos keladi. Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalar qilish mumkin.

1) Namlikning boshlang'ich qiymatlarida (ya'ni  $E$  ning 1 ga yaqin qiymatlarida) quritish chizig'i egri chiziq bo'lib va ular namlik kamayish ( $E$ -nolga yaqinlashsa) bilan to'g'ri chiziqqa o'tadi. (5.3.15) va (5.3.16) formulalar tahlili shuni ko'rsatadiki, vaqt oshib borgan sari qator tezda nolga aylanadi. Shuning uchun qatorning birinchi hadi bilan chegaralanamiz:

$$W - W_p = \frac{A_1 \sin \mu_1}{\mu_1} [U_n - U_p - 2(U_M - U_n)](\mu_1^2 - Bi) \exp(-\mu_1^2 k \tau / h^2) / Bi \mu_1^2 - \frac{dW}{d\tau} = \frac{k \mu_1^2}{h^2} (W - W_p) \quad (5.3.17)$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, quritish tezligi ayirma  $W - W_p$  (ya'ni ajratilgan namlikka) to'g'ri proporsional, bo'lib uning grafigi  $\frac{dW}{d\tau}$  va  $W - W_p$  lar orasidagi to'g'ri chiziqni beradi. Bu chiziqni qisman soddalashtirish mumkin. O'zgarmas sonlar quyidagi trantsendent tenglama  $ctg \mu_n = \mu_n / Bi$  echimlari bo'ladi. Taqribiy qiymatlari  $ctg \mu_1 = 1 / \mu_1 - \mu_1 / 3$  ni oladigan bo'lsak, ushbu tenglikka kelimiz

$$\mu_1 / Bi = 1 / \mu_1 - \mu_1 / 3$$

va undan quyidagi ifodani olamiz:  $1 / \mu_1^2 = 1/3 + 1 / Bi$

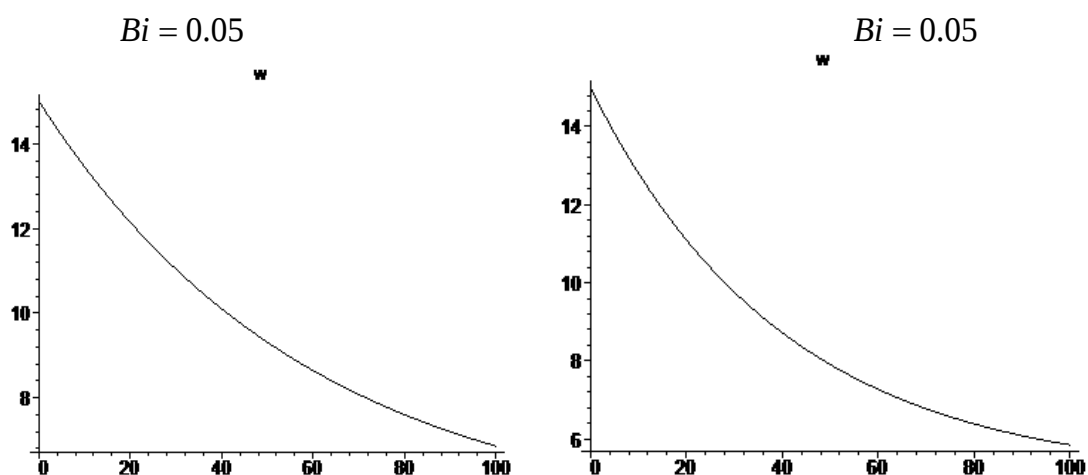
Hisob jarayonlarida ushbu formula

$$1 / \mu_1^2 = 4 / \pi^2 + 1 / Bi$$

aniqroq natija berishni e'tiborga olamiz. U holda (5.3.16) formulani quyidagicha yozamiz:

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{k(W - W_p)}{h^2(4 / \pi^2 + 1 / Bi)} \quad E < E_1 \text{ bo'lganda}$$

Bunda  $E_1$  5.3.2-rasmdagi chiziqlar uchun quritish tezligi bilan  $E$  orasida to'g'ri chiziq hosil qiladigan qiymatlarning boshlanishini beradigan qiymatlardir. Yuqorida bajarilgan hisob ishlari shuni ko'rsatsdiki, eng sodda hollarda (tekis qatlam) quritish tezligi chizig'ini olish murakkab masala bo'lib qoladi. Sodda formula (6.16) qabul qilingan ko'p farazlar asosida olingan.



5.3.2-rasm. Namlikning  $E \leq 0.5$  bo'lganda  $Bi$  sonining ikkita qiymatida o'lchovsiz vaqt  $t = k\tau/h^2$  buyicha o'zgarishi

Shu narsani ta'kidlash lozimki, (5.3.16) formula ma'lum vaqt o'tgandan keyin ( $F_0 > F_{01}$ ) yoki  $\tau > \tau_1$  o'rinli bo'ladi. Shuning uchun  $E > E_1$  yoki  $\tau < \tau_1$  holda, ayniqsa  $Bi$  ( $Bi_0$ ) kiteriyning katta qiymatlarida (5.3.16) formulani o'zgartirish kerak. Masalan  $Bi = 10$  bo'lganda boshlang'ich namlik tekis taqsimlaganda  $E_1 = 0.5$ , bo'lsa, parabola qonuni bilan taqsimlaganda  $E_1 = 0.7$  ga teng bo'ladi.

$E > E_1$  bo'lganda quyidagi formuladan foydalanish lozim.

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{k}{2h^2} \left[ \frac{(W_0 - W_p)^2}{(W_0 - W)} \left( 1 - \frac{3}{3 + Bi} \frac{W - W_p}{W_0 - W_p} \right)^2 \right]$$

Agar  $Bi \approx \infty$  bulsa, bu ifodalarning o'rniga quyidagilardan foydalanamiz

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{2k(W - W_p)}{h^2} \quad E < E_1 \text{ bo'lganda, } -\frac{dW}{d\tau} = \frac{k}{2h^2} \left[ \frac{(W_0 - W_p)^2}{(W_0 - W)} \right] \quad E > E_1 \text{ bo'lganda}$$

Bu ifodalarni  $Bi \approx \infty$  da aniq echimlar bilan solishtiramiz

$$\frac{W - W_p}{W_0 - W_p} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A'_n}{\mu_n} \exp(-\mu_n^2 F_0)$$

Bu yerda  $\mu_n = (2n-1)\pi/2$ ,  $A'_n = 4/(2n-1)\pi$ ,  $W_0 = W_K = U_0 = U_M = U_n$

$F_0 > 0.1$  qatorning birinchi hadi bilan chegaralanamiz

$$\frac{W - W_p}{W_0 - W_p} = \frac{8}{\pi^2} \exp(-\pi^2 k\tau / 4h^2)$$

Bu yerdan  $-\frac{dW}{d\tau} = \frac{\pi^2}{4} \frac{k}{h^2} (W - W_p)$   $E < E_1$  bo'lganda

$F_0 < 0.1$  bo'lganda

$$\frac{W - W_p}{W_0 - W_p} = 1 - 2\sqrt{\frac{k\tau}{\pi h^2}}$$

Bu yerdan  $-\frac{dW}{d\tau} = \frac{2}{\pi} \frac{k}{h^2} \frac{(W_0 - W_p)^2}{W_0 - W}$   $E > E_1$  bo'lganda

Yuqorida olingan formulalar namlikni qatlam bo'yicha tekis taqsimlangan hol (boshlang'ich momentlar) uchun o'rinli bo'ladi. Agar tezligi kamayuvchi davr o'zgarmas tezlik davridan keyin boshlanadigan bo'lsa, u holda boshlang'ich momentlarda namlikning taqsimlanishi parabola qonunida bo'ladi. U holda (5.3.16) ifodani  $E < E_1$  uchun qo'llash mumkin bo'ladi.

Namlikni taqsimlanish qonunni qayta ko'rib chiqamiz. Yuqorida ko'rsatilgandek, taqsimlanish qonuni parabolik

$$U = U_M - \frac{x^2}{h^2} (U_M - U_n)$$

Namlikning o'rtacha qiymati

$$W = \frac{1}{h} \int_0^h U dx = \frac{1}{3} (2U_M + U_n)$$

Qatlam chegarasida namlik gradienti:

$$-k \nabla U = -k \frac{dU}{dx} = \frac{2k}{h} (U_M - U_n) \quad (5.3.17)$$

Endi o'rta namlikni quyidagi formulani yordamida aniqlaymiz.

$$W = \frac{1}{2} (U_M + U_n)$$

Quritish intensivligi balans shartiga ko'ra

$$-\frac{dW}{d\tau} \frac{G_c}{S} = -k \nabla U$$

Tenglikni qanoatlantiradi.

(5.3.17) ifodadan foydalanib, quyidagi formulani olamiz

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{3B_i k}{h^2} \frac{W - W_p}{B_i + 3}$$

Bu formula (5.3.16) formuladan faqat koeffitsientlari bilan farq qiladi.

Agar namlik qatlam ichida taqsimlanishi ushbu

$$U = U_M + (U_M - U_n) \cos(\pi x / h)$$

qonun bilan taqsimlansa, u holda o'rta namlik

$$W = \frac{(\pi - 2)U_n + 2U_M}{\pi}$$

formula olib, quritish tezligi ifodani olamiz.

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{\pi^2 B_i k}{h^2} \frac{W - W_p}{4B_i + \pi^2}$$

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Namlikni tarqalish jarayonini nazariy tahlil qilish uchun tenglamalardan foydalanish. Ularning yordamida qatlamdagi jarayonlarni o'rganish.
2. Quritishning ikki davrini hisobga olish usuli. Birinchi davr (quritish tezligi o'zgarmas) xol uchun namlikni aniqlash.
3. Qatlam bo'yicha o'rtacha namlikni aniqlash va uning vaqt bo'yicha o'zgarishini topish.
4. Qatlam namligi uchun kritik nuqtani topish. Yupqa va qalin katlamlar uchun kritik nuqta farqi chegarasidagi namlik kritik qiymatga ega bo'lgan qatlam qalinligini topish.
5. Quritish tezligining birinchi davri bo'lmaydigan shartini topish va uning qalinligini aniqlash.
6. Quritish tezligi kamayuvchi bo'lgan davrda quritish tezligi tenglamasini olish.
7. Qatlamning o'rtacha namligini aniqlashning nazariy formulasi va uning yordamida quritish tezligi ifodasini topish.
8. Paxta va to'qimachilik materiallari uchun quritish jarayonining nazariy formulasi va uning tahlili.
9. Quritish tezligi chizig'ining Bio sonining kichik qiymatlardagi ifodasi.
10. Quritish chizig'ining kichik vaqtlarda yoki Bio sonining katta qiymatlardagi ifodasi.

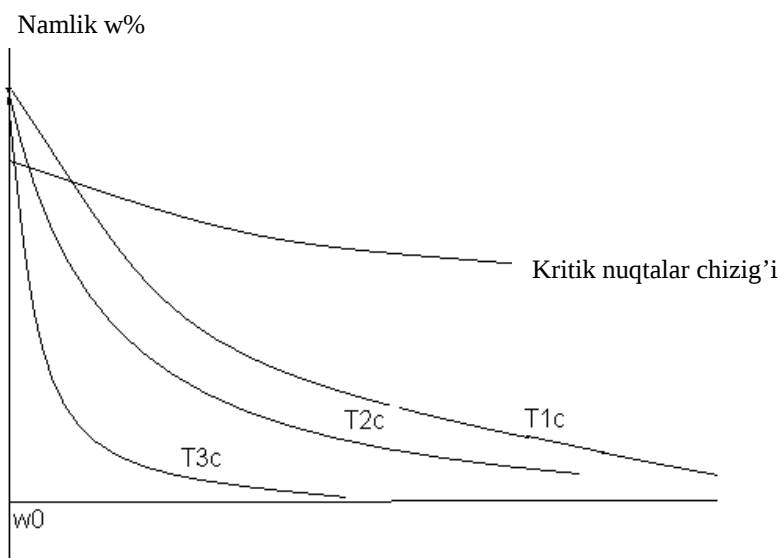
#### **5.4. Quritish jarayonini intensivlashtirish ratsional parametrlarini tanlash usullari, ularni optimallashtirish imkoniyatlari**

Quritish jarayonining yuqorida bayon etilgandek, murakkab jarayon bo'lib uning boshlanishi davom etishi va tugallashga har xil parametrlar ta'sir qilib, ularni har bir davrda e'tiborga olish alohida ahamiyatga egadir. Ularni nazariy o'rganish murakkab tenglamalar tuzishni va ularning echimlari olishni talab qiladi. Shuning bilan birga nazariy olingan funktsional bog'lanishlar jarayonini boshqarish va optimal variantlarini tanlashga imkoniyat beradi. Shu sababli eng avval quritish rejimga ta'sir qiladigan omillarni alohida ko'rib chiqamiz.

- 1) Havoning harorati  $T_s$ ;
- 2) Havoning nisbiy namligi  $\varphi$ ;
- 3) Havoning tezligi  $v$ .

Bu parametrlar faqat quritishning tezligini emas, balki materialning kritik namligiga, uning texnologik xossalariga va sifatiga ham ta'sir qiladi. Quritishning umumiy optimallashtirish masalasi ham muddatli quritish jarayoniga minimal energiya sarflab, yuqori sifatli quritilgan material olishdan iborat bo'ladi. Shu munosabat bilan quritish rejimini quritish va uning tezligi chiziqlariga, quritish vaqtiga va materialning kritik namligiga ko'rsatadigan ta'sirlarini ko'rib chiqamiz.

1. Rejimning quritish chizig'iga ta'siri. Yuqorida ko'rsatilgan uch parametrlarining quritish chizig'iga ta'sirini o'rganish uchun, ular ikkitasi faktorlanib, bittasini ta'siri ketma-ket o'rganiladi. Masalan 5.4.1-rasmda nisbiy namlik va havo tezligi o'zgarmas deb qabul qilinib, havo harorati o'zgarganda quritish chizig'i keltirilgan.

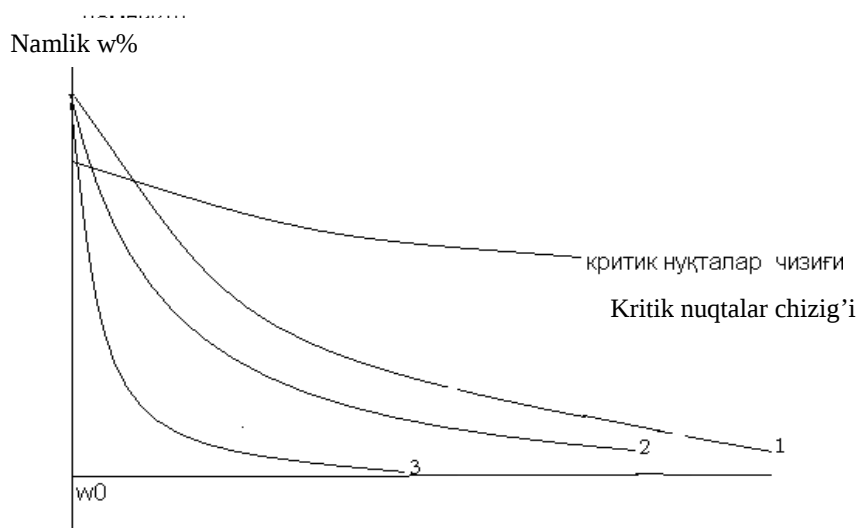


$$T_{1c} > T_{2c} > T_{3c}$$

5.4.1-rasm. Haroratining quritish chizig'iga ta'sirining sxematik ko'rinishi

$$(\varphi = const, v = const)$$

Tasvirlangan grafikdan ko'rinib turibdiki, haroratning oshishi bilan quritish vaqti keskin kamayadi. Shunday agentning harorati quritish muddati intensiv ta'sir qiladi. Bundan tashqari kritik namlikning qiymati ham harorat ta'sirida oshib boradi. Ya'ni yuqori temperaturaga yuqori qiymatga ega bo'lgan kritik namlik mos kelar ekan. 5.4.2-rasmda havo harorati va uning tezligi o'zgarmas bo'lganda va nisbiy namlik o'zgarganda quritish chiziqlari keltirilgan.



5.4.2-rasm. Nisbiy namlikning quritish chizig'iga ta'sirining sxematik ko'rinishi

$$(1 - \varphi = \varphi_1, 2 - \varphi = \varphi_2, 3 - \varphi = \varphi_3 \quad \varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3, \quad T = const, \quad v = const)$$

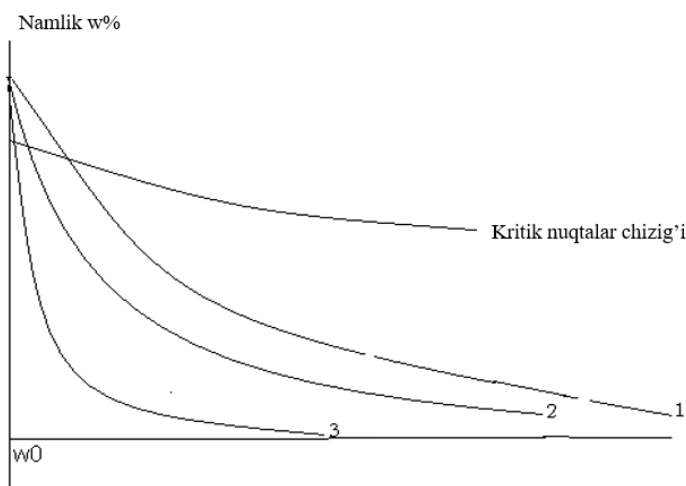
Nisbiy namlik muvozanat holatdagi namlikni belgilovchi bo'lganligi sababli, quritish chizig'iga yuqori namlikka mos chiziqlar ancha yuqoriga joylashgan bo'ladi. Shuning uchun bu holda quritish vaqti ham yuqori bo'ladi. 5.4.3-rasmda harorat va nisbiy namlik o'zgarmas holda saqlanib, havo tezligi o'zgarganda olingan quritish davri kamayadi. Bundan tashqari havo tezligining ta'siri quritish tezligi o'zgarmas davrda ko'proq namoyon bo'ladi. Shunday qilib, rejimni optimallashtirishni bu omillarga e'tibor berish kerak.

## 2. Quritish rejimining quritish chizig'iga ta'siri.

Keramik plitalarga o'tkazilgan tajribalar natijalariga asoslanib quyidagi xulosalar qilish mumkin. Keramik plitaning qalinligi 3 sm va havo harorati 15°S dan 45°S gacha o'zgartirilgan (7.4-rasm). Bu oraliqdagi haroratning o'zgarishiga quritish intensivligi 2,5 martagacha oshgani kuzatilgan. Birinchi kritik namlik  $K$  ning ham qiymati oshgan. Tajribalarda  $\varphi = 37\%$ ,  $v = 2.14 \text{ m/c}$  ga teng bo'lgan.

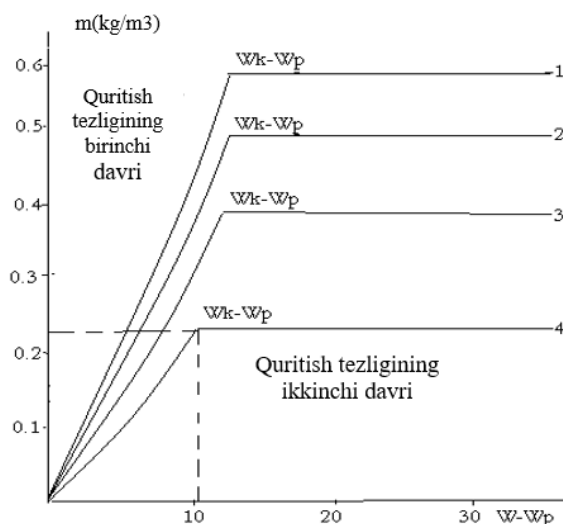
Havo namligining quritish intensivligi  $m$  chizig'iga ta'siri  $T_1 = 45^0C$  va  $v = 2.14M/c$  teng bo'lib, havo nisbiy namligi  $\varphi$  har xil bo'lgandagi grafiklari 7.5-rasmida keltirilgan. Olingan chiziqlar tahlili shuni ko'rsatadiki, intensivlik quritishning birinchi davrda ham, ikkinchi davrda ham havo namligi oshgan.

Havoning past haroratda nisbiy namlik faqat quritish intensivligi chizig'ini ikkinchi davriga ta'sir qilinishi kuzatilgan.



5.4.3-rasm. Havo tezligining quritish chizig'iga ta'sirining sxematik ko'rinishi

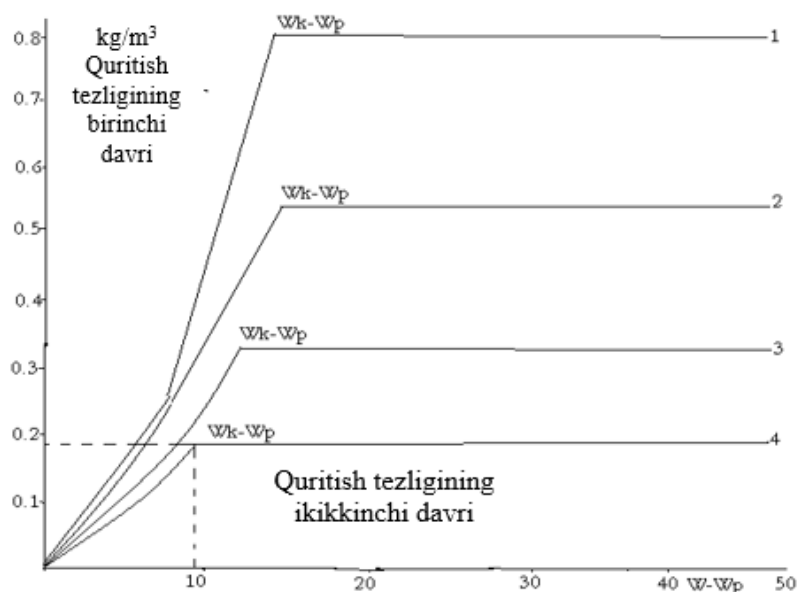
$$(1 - v = v_1, 2 - v = v_2, 3 - v = v_3, v_1 < v_2 < v_3, T = const, \varphi = const)$$



5.4.4-rasm. Keramik plita kuritish intensivligi  $m$  chizig'ining  $\varphi = 37\%$ ,  $v = 2.14M/c$

bo'lib, havoning harorati  $t_c$  har xil bo'lganda uning nisbiy namlikka bog'liq grafiklari.

$$1 - t_c = 45^0C, 2 - t_c = 35^0C, 3 - t_c = 25^0C, 4 - t_c = 15^0C$$



5.4.5-rasm. Keramik plita quritish intensivligi  $m$  chizig'ining  $t_c = 45^0 C$ ,  $v = 2.14 m/c$ , bo'lib, havoning nisbiy namligi  $\varphi$  har xil bo'lganda uning nisbiy namlikka bog'liq grafiklari.

$$1 - \varphi = 21\%, \quad 2 - \varphi = 37\%, \quad 3 - \varphi = 58\%, \quad 4 - \varphi = 78\%$$

Bundan tashqari nisbiy namlik faqat tezligining davriga ta'sir qilishi kuzatilgan. Namlikning oshishi bilan birinchi va ikkinchi kritik nuqtalari kamayib boradi.

3. Quritish rejimining materialning quritish vaqtiga (muddatiga) ta'siri.

Material namligining  $W_1$  va  $W_2$  % gacha pasaytirish uchun zarur bo'lgan vaqt qurishi jarayonning ikkinchi davrida sarflanadigan vaqtni quyidagi taqribiy formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\tau = \frac{1}{N} [W_1 - W_{kn} + (W_{kn} - W_p) \ln \frac{W_{kn} - W_p}{W_2 - W_p}]$$

$N = 100m/(h\gamma_0)$  - birinchi davrdagi quritish tezligining qiymati %/soat;

$W_{kn}$  - keltirilgan kritik namlik.

Birinchi quritish davrda namlik bilan vaqt orasida bog'lanish  $W = W_0 - N\tau$  tenglama bilan ifodalanadi.  $N$ -ning hisoblash usuli bilan tanishib chiqamiz.

Agar harorat material sirtida ho'l termometr haroratiga teng bo'lsa, u holda quritish intensivligi  $m$  sirtidagi suvning bug'lanish intensivligi  $I$  ga teng bo'ladi (qo'shimcha aniqlanadigan sarflanadigan issiqlik bilan birga). Shunday qilib, quritish intensivligi proportsional deb olinadi.

$$m = I\varepsilon \quad (5.4.1)$$

Bu yerda proportsionallik koeffitsienti, shartga ko'ra  $\varepsilon > 1$  (5.4.1) bog'lanish tajribalarida isbot etilgan.

Masalan tajribalarda suvning bug'lanish holi uchun  $\varepsilon = 1.1$  ga tengligi isbotlangan. Agar quritish koeffitsienti ma'lum bo'lsa, u holda, u holda taqriban quritish tezligini hisoblash mumkin.

$$V = \frac{100mS}{G_C} \% / \text{soat}$$

#### 4. Quritish rejimining kritik nuqtalariga ta'siri.

Yuqorida ko'rsatilgandek, namlikning birinchi kritik nuqtasi birinchi davrning tugagani va ikkinchi davrning boshlanishi xarakterlaydi. Birinchi kritik namlik (integral namlik) bilan quritish tezligi  $N$  orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$W_{k_1} = U_n + \frac{Nh^2}{G_k} = U_k + \frac{100mh}{Gk_\gamma} \quad (5.4.2)$$

$W_{k_1}$ -birinchi kritik namlikka mos keladigan namlik,  $h$ -jismning xarakterlik o'lchami (m),  $\Gamma$ -quritilayotgan jism shaklini aniqlovchi koeffitsient.  $\Gamma=5$  shar uchun,  $\Gamma=2$  silindrik jism uchun,  $\Gamma=3$  plastinka uchun.  $h$ -shar va silindr radiusi va plastinka uchun uning yarim qalinligi  $\gamma$ -materialning solishtirma og'irligi  $k$ -namlik o'tkazuvchi koeffitsient  $m^2/\text{soat}$ . Kritik namlikka ta'sir qiluvchi omillarni ko'rib chiqamiz.  $T_s$  va  $\varphi$  parametrlar o'zgarmas bo'lib havo tezligi  $v$  oshgan sari quritish intensivligi birinchi davrida bu tezlikka proportsional oshadi ( $v^n$ -qonuniyatlik bilan), Bu yerda namlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti  $k$  va sirtidagi kritik namlik  $U_k$  tezlikka bog'liq bo'lmay o'zgarmas qiymatlarni qabul qiladi. Shunday qilib (5.4.2) formulada birinchi had tezlikka bog'liq bo'lmaganligi sababli, ikkinchi had  $av^n$  qonuniyat bilan

o'zgarishi mumkin ekan. Bunday bog'lanishli (xulosani) tajriba natijalari isbotlab bergan. (5.4.1-jadval)

Havoning nisbiy namligi oshgan sari charmda birinchi kritik namlik kamayadi.

Havo tezligi oshishi kup materiallarda birinchi kritik namlikni ham oshishiga olib keladi.

5. Quritish rejimining keltirilgan kritik namlikka ta'siri.

Keltirilgan kritik namlik  $W_{k,n}$  quritish jarayonning asosiy parametr bo'lib, u materialning texnologik xossalari belgilab beradi. Keltirilgan kritik namlik quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$W_{k,n} = \frac{N}{K} + W_p = \frac{1}{\kappa} + W_p$$

5.4.1-jadval.

Havo tezligining  $W_{k1}$ -ga ta'siri.

|                       | Quritish rejimi |           |      | Birinchi kritik namlik |
|-----------------------|-----------------|-----------|------|------------------------|
| Material              | Ts              | $\varphi$ | v    | $W_{k1}$               |
| Asbest plita shaklida | 100             | 4         | 0    | 30                     |
|                       | 100             | 4.5       | 0.5  | 38                     |
|                       | 100             | 4.5       | 1.0  | 41                     |
|                       | 100             | 4.5       | 1.5  | 42                     |
|                       | 100             | 4.5       | 2    | 48                     |
| G'ovak (pen') G'isht  | 72              | 11        | 0.7  | 92                     |
|                       | 72              | 11        | 18   | 95                     |
|                       | 72              | 11        | 30   | 124                    |
| Charm                 | 30              | 30        | 0.5  | 79                     |
|                       | 30              | 40        | 0.5  | 71                     |
|                       | 30              | 50        | 0.5  | 68                     |
|                       | 30              | 60        | 0.5  | 63                     |
|                       | 30              | 80        | 0.5  | 61                     |
| Loy                   | 35              | 18.7      | 2.14 | 20.1                   |
|                       | 35              | 21.0      | 2.14 | 16.32                  |
|                       | 35              | 37.3      | 2.14 | 15.2                   |
|                       | 35              | 33.7      | 2.14 | 14.3                   |
|                       | 35              | 75.8      | 2.14 | 11.0                   |

Charm materiallarda o'tkazilgan tajriba natijalarining tahlili harorat  $T_c \div 30-50^\circ$  va nisbiy namlik  $\varphi \div 30-60^\circ$  qiymatlar qabul qilsa, havo tezligi o'zgarmasa, uning qiymati o'zgarmay qoladi.  $T_s > 60^\circ$  bo'lganda  $W_{k,n}$  kamaya boshlaydi.

Endi eng muhim yana bir muammoni e'tibor beraylik. Bu muammo material sirtlarida o'tadigan havo oqimining bir xil bo'lmasligi quritish tezligiga ta'sir qiladi. Bunday hol masalan, yuzalari tez o'zgarib turadigan materiallarda, chunonchi chigitli paxta massasida yaqqol ko'rinadi. Material joylashgan qattiq yuza sirti issiqlikni qaytaradi, u ekranlashtirish xususiyatiga ega. Bu sirtida bug'langan namlik miqdori juda kam miqdorda bo'ladi. Buning natijasida quritish tezligi sirtga proportsional kamaymaydi, chunki ekranlashgan issiqlik materialni qo'shimcha qizitadi. Bundan tashqari ayrim sohalardan havo qarshiliksiz o'tib ketadi, va undagi issiqlik materialning yetarli darajada qizimaydi. Bu muammolar alohida tahlil qilinadigan va tadqiq qilinadigan muammolar bo'lganligiga sababli keyingi ma'ruzalarda ular haqida so'z yuritiladi.

Endi bir nechta misol ko'rib chiqamiz.

1. Material qalinligi  $2h = 5\text{sm}$  plastinka bo'lib qurilmada  $55^{\circ}\text{S}$  da quritilyapdi. Nisbiy namlik  $\varphi = 50\%$ , havoning tezligi  $v = 1\text{m/s}$ .

Quritish tezligining birinchi davrida material sirtidagi harorat o'zgarmas bo'lib, u ho'l (nam) termometr haroratiga taxminan teng. Havoning nisbiy namligi  $\varphi = 50\%$ , bo'lganda  $t_{xul} = 43^{\circ}$  teng bo'ladi (adabiyotlardagi ma'lumotga ko'ra). Bug'lanish butunlay  $S$  sirt bo'ylab hosil bo'ladi. Bug'lanish sirtini issiqlikning ekranlashishi tufayli (yoki namlik izolyatsiya yoping'ichi) 2 marta kamaytiramiz. Buning natijasida issiqlik qaytargich tufayli erkin yuzadagi issiqlik ho'l termometr issiqlikdan oshadi. Issiqlik plastina qalinligi bo'yicha qonuni qo'yidagicha bo'ladi:

$$t = t_c - \frac{r}{2\alpha} \left[ m_1 + m_2 + \frac{x}{h} (m_1 - m_2) \frac{1}{1 + 1/Bi} \right] \quad (5.4.3)$$

Bu yerda  $t_c$  - havo harorati  $^{\circ}\text{C}$ ,  $r$  - desorbtsiya issiqligi, kkal/kg,  $\alpha$  - issiqlik almashuv koeffitsienti kkal/m<sup>2</sup> soat grad,  $m_1$ ,  $m_2$  - quyi va yuqori sirtlardagi quritish intensivligi kg/m<sup>2</sup> soat.  $Bi = Hh = \alpha h / \lambda$  - Bio kriteriyasi.  $\lambda$  - issiqlik o'tkazuvchan koeffitsienti kkal/m soat grad.

Agar  $m_1 = m_2 = m = I$  - quritish intensivligigiga teng bo'lsa, u holda plastinaning harorati ho'l termometr haroratiga teng bo'ladi:

$$t_{plast} = 55 - \frac{rm}{\alpha} = t_{xul} = 43^0 C$$

Bu yerdan

$$\frac{rm}{\alpha} = 12^0 C$$

$\frac{rm}{\alpha}$  aniqlagandan so'ng, plastina haroratini ekranlashtirish holatidagi haroratini topamiz. Agar bitta chegara ( $x = -h$ ) namlanishi izolyatsiya qilingan bo'lsa  $m_2 = 0$  va ikkinchi sirtida (chegarada) quritish intensivligi suvning bug'lanish intensivligiga teng, ya'ni  $m_1 = m = I$ .

U holda

$$t_{x=h} = t_c - \frac{rm}{2\alpha} \left[ 1 + \frac{1}{1 + 1/Bi} \right] = 55^0 - 6(1 + 1/2) = 46^0$$

Bu yerda  $t_{x=h}$  - plastina ochiq yuzasida harorat, ko'rilayotgan masala uchun taqriban  $Bi = 1$  deb olamiz.

Shunday qilib, issiqlikning ikkinchi sirt akslanishidan  $x = h$  chegarada harorat  $3^0 C$  ko'tarilar ekan.

Plastinaning markazida harorat  $t_{x=0} = 55 - 6 = 49^0$

Ekranlashgan chegarasida esa  $t_{x=-h} = 55 - 3 = 52^0$

(5.4.3) formuladan ko'rinadiki, plastina markazining harorati  $Bi$  soniga bog'liq bo'lmaydi. Faqat  $Bi = \infty$  bo'lgandagina uning harorati ho'l termometr haroratiga teng bo'ladi.

Quritish tezligi (butun tekislik  $S$  da) qiymatlari ikki holda:

1-hol. Ekranlashtirilmagan sirt

$$\left( \frac{dW}{d\tau} \right)_1 = \frac{\alpha}{r} (t_c - t_{n.M}) \frac{100S}{G_c} = \frac{100S}{G_c} (55 - 43)$$

2-hol. Ekranlashtirilgan sirt

$$\left( \frac{dW}{d\tau} \right)_2 = \frac{\alpha}{r} (t_c - t_{n.M}) \frac{100S}{G_c} = \frac{100S}{G_c} (55 - 46)$$

Bularning nisbati

$$\left(\frac{dW}{d\tau}\right)_1 / \left(\frac{dW}{d\tau}\right)_2 = \frac{12}{9} \approx 1.3$$

quritish tezligi birinchi holda 1.3 marta katta bo'lar ekan, shunday qilib olingan parametrlarda quritish tezligi 1.3 marta kamayishini kutish mumkin.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1.Quritish jarayonini boshqarishdagi asosiy omillar ularning quritish jarayoni samaradorligida o'rnini baholash.

2.Quritish jarayonining samaradorligini oshirish kriteriylari va ularni tanlash usullari.

3.Rejimning quritish chizig'iga ta'siri. Havo haroratining ta'sirini baholash va uni e'tiborga olish.

4.Havo nisbiy namligining quritish jarayoniga ta'sirini baholash va tavsiyalar berish.

5.Havo oqimi tezligining jarayonga ta'sirini baholash, ratsional qiymatlarini topishni usulini ishlab chiqish.

6.Keramik plita misolida quritish intensivligiga harorat va nisbiy namlikning ta'sirini baholash.

7.Quritish rejimining materiallning quritish vaqtiga (muddatiga) ta'sirini nazariy formula yordamida baholash.

8.Quritish rejimining (havo harorati, nisbiy namligi, tezligi) kritik nuqtalarga ta'sirini baholash. Birinchi kritik nuqtadagi namlikni hisoblash formulasi.

9.Material sirtlarida o'tadigan havo oqimining bir xil bo'lmasligi natijasida quritish tezligining o'zgarishi. Issiqlikni qaytaradigan yuzalar xususiyatlarini o'rganish.

10.Ekranlashtirish jarayonini quritish tezligiga ta'sirini misolda ko'rsatish.

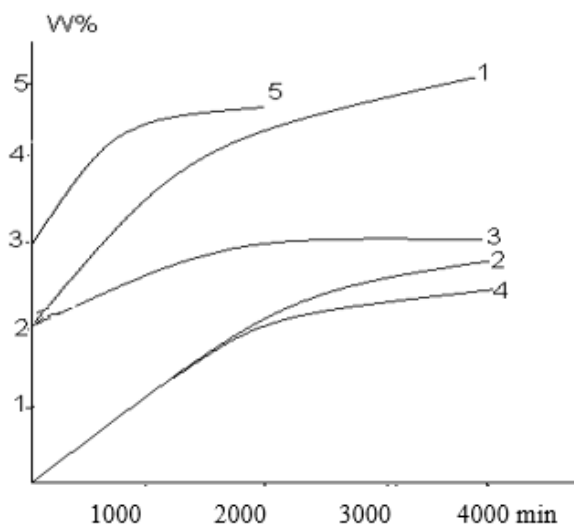
### **5.5. Chigitli paxta va uning komponentlarini quritish ob'ekti sifatida karat, ularning teplofizik va namlik almashish xossalari.**

Chigitli paxta o'ziga xos xususiyatlari bilan ifodalanadigan ob'ekt bo'lib uning fizik-ximik xossalari tashqi muhit (harorat, namlik va hokazo) ta'sirida o'zgaruvchan bo'ladi. Uning bunday xossalari quritish jarayoniga alohida o'rganish, unga mos qonuniyatlarni aniqlash, texnologik jarayonga ularga moslashtirishni taqozo etadi. Paxta tola chigitlardan tashkil topgan muhit bo'lib, uning uchun texnologik namligi tolaning 6% namligi bo'lganda 6-7% (birinchi nav)ga teng bo'lishi talab qilinadi. Endi chigitli paxta uning komponentlari haqida ma'lumot beramiz yuqorida ko'rsatilganidan paxta ko'p komponentli bo'lib, chigitli paxta, tola, po'stloq va yadrolar tarkibidan hosil bo'ladi. Ulardagi namlikning olinishi o'ziga xos qonuniyatlarga bo'y so'nadi, chunki har bir komponentga issiqlik va massa almashinuvi parametrlari har xil bo'lganligi sababli, ularning har biri uchun namlikni olish davrlari har xil vaqtda kechadi va har xil vaqtda davom etadi. Bunday holat ,natijada ularning noteks qurishiga olib keladi, bu esa quritish rejimini o'zgartirish zarurligini taqozo etadi. 5.5.1-rasmda komponentlari uchun namlikka ega bo'lishi grafiklari ko'rsatilgan.

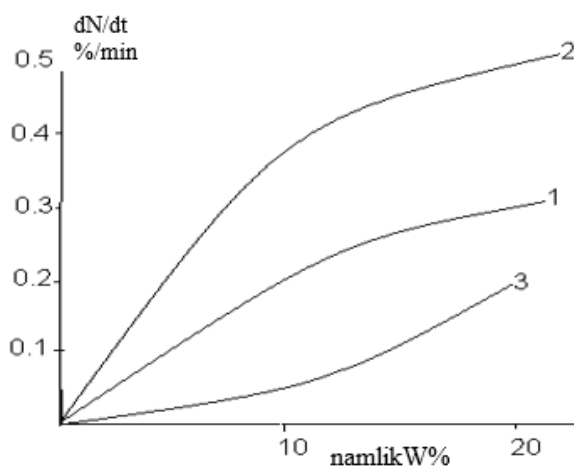
Ko'rsatilgan grafiklar tahlili shuni ko'rsatadiki, namlikni qabul qilish jarayoni tolada tezroq amalga oshadi, (5-chiziq) shuning bilan birga chigit urug'i bu jarayon ko'proq davom etadi (2-chiziq). Shunday qilib, tola bilan chigitning sorbsion xossalari har xil bo'lganligi sababli, ularni quritish jarayoni ham bir-biridan farq qilishi mumkin. Bunday qonuniyat 5.5.2-rasmda G.I.Miroshnichenko tomonidan ko'rsatilgan. Bu rasmda paxta komponentlarida quritish tezligi bir-biridan katta farq qilishini kuzatamiz. Bu grafiklar namlikning o'zgarishi diapazon (oraliq) unga katta bo'lmagan holi uchun keltirilgan.

Olingan grafiklar tahlili shuni ko'rsatadi tola, chigitli paxta va chigit (urug'i)ning quritish chiziqlari har xil bo'lib, ularda tola tezroq quriydi, undan keyin chigitli paxta qurishi va oxirida chigitning o'zi qurishi mumkin ekan. Bu grafiklarni nazariy yondashuv orqali tahlilini ko'rib chiqaylik. Oldingi (birinchi va ikkinchi) ma'ruzalarda quritish tezligi chizig'ining xossalari, tahlillari bilan tanishib chiqqan

edik. Yuqoridagi amaliy olingan (paxta va uning komponentlari) chiziqlar bilan birga 5.2.-mavzuda keltirilgan (sxematik) chiziqlarni keltiramiz.

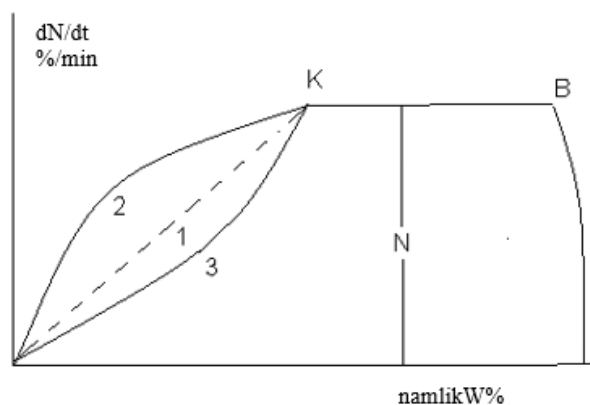


5.5.1-rasm Paxta komponentlar sheluxa (1), chigit(2), chigitli paxta(3), chigit yadrosi(4), tola(5) uchun namlik qabul qilish (sorbsiya) grafiklari.



5.5.2-rasm. Paxta va uning komponentlarining quritish tezligi grafiklari.

1-chigitli paxta, 2-tola, 3-chigit.



5.5.3-rasm. Quritish tezligining chizig'i.

5.5.2 va 5.5.3-rasmlarni solishtirib, shunday xulosaga kelish mumkin.

5.5.2-rasmdagi chiziqlar W-Wp ayirma uchun chizilgan bo'lib undagi tolaning quritish tezligi grafigi chigitli paxta va chigit (urug') orasida joylangan bo'ladi. Bu rasmda quritishning boshlang'ich davri (o'zgarmas tezlik) olinmagan, chunki namlikning yuqori qiymatlari amalda uchramaydi. Shuning uchun 5.5.2-rasmda boshlang'ich namlik  $W_0 < W_k$  deb qabul qilish mumkin. Shunday qilib 5.5.2-rasmdagi tajriba asosida olingan chiziq faqat quritish jarayonining pastlashuvchi davriga to'g'ri keladi. Rasmda 1 chiziq, adabiyotda qabul etilgandagi quritish tezligining 1 tur chizig'i deb qabul qilinadi. Tolaning quritish tezligi grafigi yuqoriga qaragan, uni 2 tur chiziq deb qaraylik qavariqligi chigit(urug')ning quritish tezligi grafigining qavariqligi pastga yo'nalgan, bunday chizmalar 3-turga kiradi. Chigitli paxta, tola va chigit, shunday qilib, ko'rilyotgan namlik intervalida 1-3 tur chiziqlar bilan ifodalanadi va ular uchun kritik nuqta oddiy bo'ladi.

Chigitli paxta tarkibidagi (absolyut quruq) komponentlariga 5.5.1-jadvalda keltirilgan (% hisobida) jadvaldan ko'ramizki, tola miqdori (hajm egallash bo'yicha) va chigit bir-biriga yaqin hajmni egallaydi.

5.5.1-jadval.

Chigitli paxtada komponentlar ulushi %.

| Komponentlar | Komponentlar tarkibi % |       |
|--------------|------------------------|-------|
|              | 1 nav                  | 2 nav |
| Tola massasi | 43                     | 42    |
| Po'stloq     | 20                     | 23    |
| Yadro        | 37                     | 35    |

Paxta komponentlarining chigitli paxta namligiga bog'liqligi SINIXPROM SINIXPROM tomonidan quyidagi tavsiya etilgan taqribiy formulalar yordamida ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned}
 w_{tola} &= 0.7 \times w \\
 w_{po'st} &= \frac{w - P_{tola} w_{tola} - P_{ya} w_{ya}}{P_{po'st}} \\
 w_{ya} &= 0.46 \times w^{1.275}
 \end{aligned}
 \tag{5.5.1}$$

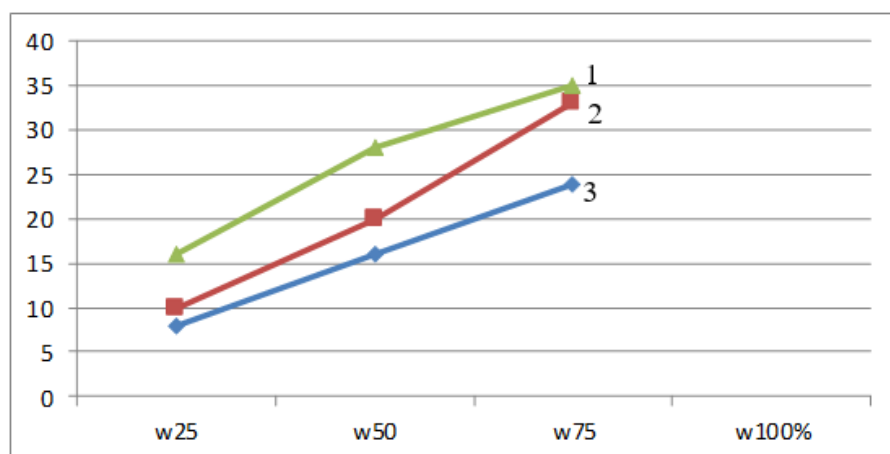
Bu yerda:

$w_{tola}$ ,  $w_{po'st}$ ,  $w_{ya}$  -chigitli paxta, tola, po'stloq va yadrolarning namligi;

$p_{tola}$ ,  $p_{ya}$ ,  $p_{po'st}$  -tola va yadro paxtadagi ulushlari;

$p_{po'st} = 1 - p_{tola} - p_{ya}$  -po'stloqning paxta tarkibidagi ulushi.

5.5.4-rasmda (5.5.1) formulalar yordamida paxta komponentlari va paxta namligi orasidagi bog'lanishlar grafiklari berilgan. Issiqlik agenti bilan tutashgan tola tezroq qiziydi va quriydi (qurish jarayoni tezroq kechadi), undan keyin po'stloq (2-chiziq) qizib quriydi va eng oxirida yadro qizishi va qurish jarayoni kuzatiladi. Shunday qilib paxta ko'p komponentli muhit bo'lganligi sababli, uning qurish jarayonini har bir komponentga nisbatan baholash zarur. Agar har bir komponentdagi quritish jarayonidagi namliklarni  $w_{tola}$ ,  $w_{po'st}$ ,  $w_{ya}$  deb olinsa, u holda chigitli paxta uchun



5.5.4-rasm. Paxta komponentlarining uning namligiga bog'liqlik grafiklari.

1-tola, 2-yadro, 3-po'stloq

$$w = p_{tola} w_{tola} + p_{ya} w_{ya} + (1 - p_{tola} - p_{ya}) \times w_{po'st} \quad (5.5.2)$$

8.1-jadvalda qiymatlardan foydalanib yozamiz.

1 nav uchun :

$$w = 0.43w_{tola} + 0.37w_{ya} + 0.2w_{po'st}$$

2 nav uchun:

$$w = 0.42w_{tola} + 0.35w_{ya} + 0.23w_{po'st} \quad (5.5.3)$$

Chigitli paxta bilan quritish tezligi bilan harorat orasidagi bog'lanishni topamiz. Buning uchun har bir komponentni agent (issiq havo bilan issiqlik almashish) koefitsientlari ma'lum deb qabul qilamiz. Keyingi bayon qilinadigan maruzalarga quyidagi belgilashlarni qabul qilamiz.  $W_{\text{tola}}=W_1$ ;  $W_2=W_{\text{po'st}}$ ;  $W_3=W_{\text{ya}}$ ;  $P_{\text{tola}}=P_1$ ;  $P_{\text{po'st}}=P_2$ ;  $P_{\text{ya}}=P_3$ , u holda (2/8.3) quyidagi ko'rinishda yoziladi.

$$W=P_1W_1+P_2W_2+P_3W_3=P_iW_i \quad (5.5.4)$$

bu yerda tenzorlarda qabul qilingan Eynshteyn belgilari ishlatiladi, takrorlanadigan indekslarda yig'indini tushuna olish, ya'ni

$$P_iW_i=P_1W_1+P_2W_2+P_3W_3$$

deb tushunish kerak.

Qalinligi  $R$  bo'lgan qatlam qaraymiz. Agar  $Q_1, Q_2, Q_3$ -har bir komponentning qizitish va undagi namlikni bug'lanishi uchun ketgan issiqlik miqdori deb olinsa, u holda chigitli paxtaning quritish uchun sarflangan issiqlik miqdori

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3 \quad (5.5.5)$$

ga teng bo'ladi. Har bir komponentning issiq havo bilan issiqlik almashinuv koefitsientlari  $\alpha_i$  bilan belgilanadi ( $i=1,2,3$ ), u holda

$$Q = \int_S p_1 \alpha_1 (T_c - T_1) dS + \int_S p_2 \alpha_2 (T_c - T_2) dS + \int_S p_3 \alpha_3 (T_c - T_3) dS \quad (5.5.6)$$

Ifodani yozishimiz mumkin. Bu yerda  $S$ -qatlam yuzasi.

Har bir komponentdagi bug'langan suv miqdorini  $M_i$ , issiqlik desorbsiya (yashirin bug'langan issiqlik miqdori) sig'imi  $r_i$  deb belgilask, u holda issiq havodan chigitli paxta komponentlariga sarflangan issiqlik miqdorining bir qismi nam komponentni qizitishga va ikkinchi issiqlik desorbsiyasiga (ya'ni bug'langan suvga) sarflangan bo'ladi. Shunday qilib har bir component uchun yozishimiz mumkin.

$$\begin{aligned} Q_1 &= \int_{(V)} c_1 \gamma_1 p_1 \frac{dT_1}{d\tau} dV + r_1 \frac{dM_1}{d\tau} \\ Q_2 &= \int_{(V)} c_2 \gamma_2 p_2 \frac{dT_2}{d\tau} dV + r_2 \frac{dM_2}{d\tau} \\ Q_3 &= \int_{(V)} c_3 \gamma_3 p_3 \frac{dT_3}{d\tau} dV + r_3 \frac{dM_3}{d\tau} \end{aligned} \quad (5.5.7)$$

Bundan keyin  $p_i$ -o'zgarmas deb qabul qilamiz. Bu yerda  $c_i$ - har bir komponentning solishtirma issiqlik sig'imi, kkal/kggrad  $\gamma_i$  solishtirma og'irligi kg/m<sup>3</sup>. (5.5.6) formulalarini quyidagicha yozamiz:

$$Q_1 = S \int p_1 \alpha_1 (T_c - T_1) \alpha S_1 = p_1 S [\alpha_1 (T_c - T_{1p})]_{o'rt} \quad (5.5.8)$$

$\alpha(T_c - T_{1p})_{o'rt}$  - ifodaning sirtidagi o'rtacha qiymati deb olingan. Xuddi shunday

$$Q_1 = V \frac{P_1}{V} \int C_1 \gamma_1 \frac{dT}{d\tau} dV = V p_1 c_{o'rt} \gamma_{o'rt} \frac{dT_{o'rt}}{d\tau} + r_1 \frac{dM_1}{d\tau}$$

$$c_{o'rt} \gamma_{o'rt} = (c_{01} + \frac{c_c W_1}{100}) \gamma_{01}, c_c = 1 \quad \gamma_{01} = \frac{G_{1qur}}{V_0} \quad (5.5.9)$$

Asosiy tenglamani keltirib chiqarish uchun quyidagi farazni qabul qilamiz. Paxtani quritish jarayoni komponentlar orasida issiqlik almashishsiz bo'ladi deb qabul qilamiz. U holda balans tenglamasini (5.5.8) va (5.5.9) o'zaro har component uchun yozib chiqamiz.

$$r_1 \frac{dW_1}{d\tau} \frac{1}{100} + (c_{01} + \frac{W_1}{100}) \frac{dT_{1o'rt}}{d\tau} = [\alpha_1 (T_c - T_{1p})]_{o'rt} \frac{S_1}{G_{1qur}}$$

Bu yerda  $W_1 = \frac{M_1}{G_{1qur}} \times 100$  tenglamasidan foydalanilgan.

Xuddi shunday boshqa komponentlar uchun.

$$r_2 \frac{dW_2}{d\tau} \frac{1}{100} + (c_{02} + \frac{W_2}{100}) \frac{dT_{2o'r}}{d\tau} = [\alpha_2 (T_c - T_{2p})]_{o'r} \frac{S_2}{G_{2qur}}$$

$$r_3 \frac{dW_3}{d\tau} \times \frac{1}{100} + (c_{03} + \frac{W_3}{100}) \frac{dT_{3o'r}}{d\tau} = [\alpha_3 (T_c - T_{3p})]_{o'r} \frac{S_3}{\sigma_{3qur}}$$

yuqorida quyidagi belgilashlar qabul qilingan.

Quyidagi yangi funksiya  $U_k = \frac{c_c}{c_{0k}} 100 + W_k$  va keltirilgan haroratlar (o'rta va sirt

haroratlarning issiq havo haroratiga nisbati)  $\bar{T}_k = \frac{T_{ko'r}}{T_c}; \bar{T}_{pk} = \frac{T_{pk}}{T_c}$

yordamida yuqoridagi tenglamalarni quyidagi o'lchovsiz parametrlar bilan yozilgan ko'rinishga keltiramiz.

$$\frac{du_k}{d\tau} + \lambda_k u_k \frac{d\bar{T}_k}{d\tau} = \beta(1 - \bar{T}_{nk}) \quad k=1,2,3 \quad (5.5.10)$$

bu yerda  $\lambda_k = \frac{c_v T_c}{100 r_k}, \beta_k = \frac{\alpha_k S_k T_c}{r_k G_{kqur}}$

(5.5.10) ifoda paxta komponentlarining quritishning asosiy tenglamasi hisoblanib ular

quritish tezligi  $\frac{dW}{d\tau} = \frac{du_k}{d\tau}$  ni qizitish tezligi  $\frac{dT_{ko'rta}}{d\tau}$  va sirt harorati  $T_n$  bilan bog'laydi.

Agar issiqlik rejimi  $T_{ko'rta} = T_k(\tau), T_{no'rta} = T_n(\tau)$  berilgan bo'lsa, u holda namlikning  $w_k$

va namlik tezligi  $\frac{dW_k}{d\tau}$  aniqlaymiz va provardida quritish tezligi chizig'i  $\frac{dW_k}{d\tau} = \phi(W_k)$

ham tuzish mumkin.

Bir necha holni ko'rib chiqamiz

1. Faraz qilaylik qatlam sirti va boshqa shartlarda harorati o'zgarmas bo'lsin u holda  $\frac{dT_k}{d\tau} = 0, T_k = T_{pk} = T_{pk}^0 = \frac{T_{pk}}{T_c}$  bo'ladi.

U holda komponentlardagi quritish tezligi o'zgarmas bo'lib.

$$\frac{dW_k}{d\tau} = \beta_k(1 - T_{pk}^0) = \beta_k(1 - T_{0k}) \text{ ga teng.}$$

Chigitli paxtaning ham quritish tezligi o'zgarmas bo'ladi:

$$\frac{dW}{d\tau} = P_1 \frac{dW_1}{d\tau} + P_2 \frac{dW_2}{d\tau} + P_3 \frac{dW_3}{d\tau} = P_1 \beta_1(1 - T_{01}) + P_2 \beta_2(1 - T_{02}) + P_3 \beta_3(1 - T_{03})$$

Agar hamma komponentlarda harorat bir xil bo'lsa  $T_{01} = T_{02} = T_{03} = T_0$ , unda

$$\frac{dW}{d\tau} = (1 - T_0)(P_1 \beta_1 + P_2 \beta_2 + P_3 \beta) \quad (5.5.11)$$

ifodalarni olamiz. Olingan formulalardan komponentlar bilan chigitli paxtaning quritish tezligi har xilligini ko'ramiz.

2. Harorat vaqtning chiziqli funksiyasi, ya'ni  $T_k = T_{ok} + e_k \times \tau$  ( $e_k$  - harorat ko'tarilish tezligi 1/sek). Qatlam sirtida harorat ham shunday qonunyat bilan o'zgarsin, ya'ni  $T_{pk} = T_{ok} + e_{pk} \times \tau$  ( $e_{pk}$  - sirtida haroratning o'zgarish tezligini, umumiy holda  $e_k \neq e_{pk}$ ).

(5.5.8) tenglamalar quyidagi ko`rinishda yoziladi:

$$\frac{dI_k}{d\tau} + \lambda_k u_k e_k = \beta_k (1 - T_{0k} - e_{pk} \tau) \quad (5.5.12)$$

(5.5.12) tenglamalarning  $I_k = W_{0k} + \frac{c_v}{c_{0k}} \times 100 = u_{0k}$  shartini

qanoatlantiradigan echimi quyidagicha bo`ladi:

$$u_k = a_k - b_{pk} (\xi_k \tau - 1) + (u_{0k} - a_k - b_{pk}) e^{-\xi_k \tau}$$

Bu yerda  $a_k = \frac{\beta_k (1 - T_{0k})}{\xi_k}$ ,  $b_{pk} = \frac{e_{pk} \beta_k}{\xi_k^2}$ ,  $\xi_k = \lambda_k \beta_k$

quritish tezligi  $\frac{dW_k}{d\tau} = \frac{du_k}{d\tau} = -\xi_k [b_{pk} + (u_{0k} - a_k - b_{pk}) e^{-\xi_k \tau}]$

$\tau = 0$  momentga ifoda olamiz

$$\frac{dW_k}{d\tau} \Big|_{\tau=0} = -\xi_k (U_{0k} - a_k)$$

Quritish tezligi pasayishi uchun  $\frac{dU_k}{d\tau} \Big|_{\tau=0} \leq 0$

tengsizlik bajarilishi lozim, u holda  $U_{0k} \geq a_k$  shartini keltirib chiqaramiz.

Bu shartdan quyidagi tengsizlikni olamiz.

$$\bar{T}_{0k} \geq 1 - \frac{\xi_k}{\beta_k} (W_{0k} + \frac{c_v}{c_{0k}} \times 100) \quad (\frac{\xi_k}{\beta_k} (W_{0k} + \frac{c_v}{c_{0k}} \times 100) \leq 1)$$

Agar  $\frac{\xi_k}{\beta_k} (W_{0k} + \frac{c_v}{c_{0k}} \times 100) \geq 1$  bo`lsa, u holda  $U_{0k} \geq a_k$  tengsizlik  $T_{0k}$

hamma qiymatlarda o`rinli bo`ladi. Agar biror component uchun  $U_{0k} \leq a_k$  sharti bajarilsa, u holda quritish boshlang`ich davriga mos keladi. Chigitli paxtaning quritish tezligi grafigi murakkab ko`rinishda bo`ladi.

Yuqorida ko`rsatilgandek materialning harorati o`z navbatida namlikning funksiyasi bo`lib, uni harorat chiziqlari deb aytiladi. Bu chiziqlar materialning xossasiga bog`liq bo`lib, uni xarakateri ular uchun har xil bo`ladi. Odatda quritish jarayonini tahlil qilishda undagi quritish rejimiga e`tibor berish kerak. Agar quritish rejimi  $(T_c, \varphi, v)$  berilgan bo`lsa, u holda quritish jarayoni vaqtga bog`liq ravishda olinadi. Bu holda materialning harorati namlikka bog`liq bo`ladi, ya`ni  $T_{ko`rta} = T_{ko`rta}(W_k)$  deb qabul qilish kerak. Shuning uchun (5.5.9) tenglama boshqa ko`rinishga keladi.

$$\left[1 + \lambda_k u_k \frac{dT_k}{du_k}\right] \frac{du_k}{d\tau} = \beta_k [1 - T_{pk}(u_k)]$$

Umumiy holda  $T_k(u_k)$  va  $T_{uk}(u_k)$  har xil funksiyalar bo'lishi mumkin.

Agar haroratni standart holatda qaraydigan bo'lsak, uning qatlam qalinligi bo'yicha taqsimlanishini quyidagicha yozamiz.

$$T = T_c - \frac{rmz(x)}{2\lambda h}, \quad z(x) = h^2 - x^2 + \frac{2h^2}{Bi}$$

Bu yerda  $\lambda$  –issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti kkal/msoatgrad, m-quritish intensivligi kg/m<sup>2</sup> soat;

Shunday qilib  $T_{o'rt} = T_c - \frac{r m R}{2\lambda_k} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{Bi}\right)$  deb qabul qilish mumkin.

Nostasionar harorat uchun quyidagi formula mavjud:

$$T = T_c - \frac{Drz(x)}{2\lambda h} - \sum_{n=1}^{\infty} \left[ (T_c - T_0) \mu_n^2 - \frac{rDh^2}{\lambda} \right] A_n \times \cos \mu_n \frac{x}{h} \times e^{-\mu_n^2 F_0}$$

Bu yerda  $\mu_n$  –quyidagi tenglama echimlari  $ctg \mu_n = \frac{1}{Bi} \times \mu_n$

$$A_n = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n}; F_0 = \frac{a \tau}{R^2}; a = \frac{\lambda}{c}$$

$$T_{o'rt} = T_c - \frac{Drh}{2\lambda} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{Bi}\right) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{\mu_n} \left[ (T_c - T_0) \mu_n^2 - \frac{rDh^2}{\lambda} \right] \times \sin \mu_n \times e^{\mu_n^2 F_0}$$

$\mu_n^2 F_0 \leq 1$  bo'lgan.

$$T_{o'rt} = T_c - \frac{DrR}{2\lambda} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{Bi}\right) - \frac{A_1}{\mu_1} \left[ (T_c - T_0) \mu_1^2 - \frac{rDh^2}{\lambda} \right] \mu_1 (1 - \mu_n^2 F_0)$$

olingan formula  $T_{o'rt} = a + b \tau$  ko'rinishdagi to'g'ri chiziqni beradi.

### Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar

1.Chigitli paxtani quritish ob'ekti sifatida qarash. Uning komponentlari va xom ashyo tarkibidagi ulushlari. Namlikning komponentlardagi ulushi.

2.Chigitli paxta komponentlari uchun namlikni qabul qilish qobiliyati (sorbtsiyasi) va ulardagi quritish tezligi chizig'i

3.Komponentlarning havo bilan issiqlik almashish koeffitsientlari va issiqlik miqdorini hisoblash. O'rta qiymatlardan foydalanish.

4.Har bir komponent uchun balans tenglamalari ko'rinishi.

5.Komponentlar uchun quritishning asosiy tenglamalarini izohlash

6.Quritish jarayonida harorat o'zgarmas bo'lganda komponentlar uchun quritish tenglamalarining ko'rinishi.

7.Komponentlardagi haroratlar namlikning funktsiyasi bo'lganda ular uchun quritish tenglamalarining ko'rinishi.

8.Komponentlardagi haroratlar vaqtning chiziqli funktsiyasi bo'lganda ular uchun quritish tenglamalarining ko'rinishi.

9.Boshlang'ich harorat qatlamda standart ko'rinishda taqsimlanganda komponentlar uchun quritish tenglamasining ko'rinishi va izohi.

10.Quritish tezligi tenglamalarining ko'rinishi va izohi.

#### **5.6.Quritish barabanlarida issiqlik tarqatish hajmi, issiqlik va massa almashishi va tarqatuvchanlik xossalari va ularning ko'rsatkichlarini aniqlash.**

Konstruktiv belgilariga ko'ra, qurilishi uskunalar kamerali, koridorli, shaxtali lentali, kanveyrli, barabanli va bowqa ko'p turlarga ajratiladi. Quritgish uskunalarida loyihalashda quyidagi shartlarga e'tibor berish zarur: Quritiladigan mahsulot xususiyati (qattiq bo'lakli, g'ovak, lentali materialva x.k.) quritish uskunasining ish unumdorligi; quritishga mo'ljallangan materialning fizikaviy-ximyaviy xossalari; materialning boshlang'ish va erishiladigan namligi; materialning quritish tezligi chizig'i; materialga ruxsat berilgan harorat; texnikaviy va iqtisodiy hisoblar asosida materialga beriladigan issiqlikni uzatish usuli (kontaktli, konvektivli yoki yorug'lik vositasi) va quritishning optimal rejimi ( $T$ ,  $V$ ,  $\varphi$ ) olinadi.

Keyinchalik agregat konstruksiyasi, yordamida uskunalar, o'lchov jihozlari, quritgich avtomatika tanlab olinadi. Quritgish agregati va issiqlik uzatuvshi (agent) muhit tanlab olinadi so'ng prinsipial texnologik tizim va eskiz tayorlab hisoblash bosqichiga o'tiladi. Quritish tezligi chizig'i va rejimiga asosan empirik yoki nazariy asoslangan formulalar yordamida, xamda tajriba va amalda asoslangan ma'lumotlar asosida quritishning vaqti (davom etish muddati) aniqlanib olinadi. Ko'pgina ma'lumotlar uchun quritish vaqti normativ dokumentlar asosida aniqlanadi. Undan keyin material yordamida namlik olish uchun quritgish agregati zarur bo'lgan issiqlik

miqdori, issiqlik hisobi olib boriladi. Uning asosida issiqlik sarfi, issiqlik manbai o'lchovlari, quritish kamerali geometrik o'lchamlari aniqlanadi yuqoridagi muammolari hal etilgandan so'ng, qo'shimsha agregatlar tanlab olinadi. Ko'p xollarda katta hajmdagi hisob ishlari olib borishiga to'g'ri keladi, chunki quritish jarayonini optimallashtirish shunday ishlarni bajarishni taqozo etadi. Quritish agregatlarini loyihalshda ularning faqat foydali ish unumdorligini emas, balki texnikaviy-iqtisodiy ko'rsatkishlarni sarflanadigan mablag'larni tejashni materialni ko'rsatkishli quritishga erishish yo'llarini xam ishlab chiqish kerak bo'ladi.

Endi G.D.Lebedev tomonidan taklif etilgan ba'zi quritish agregatli bilan tanishib chiqamiz.

**1 kamerali va tunelli vagentkali quritgishlar.** Bu quritish agregatlari yog'och, sterjenlar, kerakli mahsulotlar, sharm, pastalar, ximik moddalar tolali materiallarni quritishga mo'ljallangan bo'lib uning ishida quritishga mo'ljallangan materiallar yuklatilgan vagonetkalar davriy ravishda harakat qiladi. Ularga materiallarni yuklash va tushirish bir tomonlama amalgam oshiriladi. Bu qurilmaning ijobiy tolalarni, issiqlik agentidan samarasi foydalanish imkoniyati bo'lib, issiqlik manbalari xilma-xil bo'lishi mumkin. Salbiy tomonlari vagonetkalarda joylashgan materiallarni bir tekisda quritish ta'minlaydi. Katta miqdorda metall va boshqa qurilish materiallarni ishlatishga to'g'ri keladi.

**2 tunnel lentali, konveyrli va aylantirgish quritgish agregatlari.** Lentali quritgichlar uzluksiz harakatdagi bo'lgan agregatlari turiga kirib, ular paxta, selliloza, jun, qishloq xo'jalik mahsulotlari va boshqa mayday bo'lakli materiallarni quritishga mo'ljallangan. Quritgishning konstruksiyasi tuneldan iborat, uni ishida lenta harakat qilib, uning davomida lentada yuklatilgan materiallarda quritish ikki zonaga bo'linadi: Quritish va namlanish zonalari: Namlanish zonasida qo'shimcha bug'ning kondensasiyasini amalgam oshiriladi. Bunday agregatlarning ijobiy tomonlari materiallarni tekis quritish imkoniyati bor bundan tashqari, qo'shimcha zonalar yordamida quritish namlash jarayonlarini boshqarib turish mumkin. Kamchiligi bu qurilmalar inertly bo'lib, ko'p metal ishlatishini va yuqori energiya sarfini talab qiladi. Bundan tashqari, materialni tekis quritishga xamma vaqt erishib bo'lmaydi.

**3. Shaxtali quritish qurilmalari.** Ishlash rejimiga qarab shaxtali quritish qurilmalari uzluksiz quritish turiga mansub bo'lib, ulardan mahsulotlar, ko'mir, loyutuproq va boshqa maydalangan materiallarni quritishga mo'ljallangan.

Bunday qurilmalarning asosiy elementi vertikal shaxta bo'lib, uni material o'z og'irligi bilan harakatda bo'ladi. Quritish agenti material qatlami orasida o'tadi. Bu qurilmalar materialning shaxta ichidagi harakatiga qarab birinchi turga bo'linadi.

- a) Material shaxtada erkin harakat qiladi.
- b) Materialning erkin harakati sun'iy yo'l bilan sekinlashtiriladi (masalan mahsus tayoqshalar yordamida)
- v) Shaxta uzluksiz material massa shaklida to'ldirilib boriladi, quritilgan massa o'rniga yangi partiya o'rniga yangi partiya tushiriladi, materialning olinishi davriy yoki uzluksiz bo'ladi.
- g) Materialning shaxta ichida mahsus qurilmalar yordamida boshqariladi (transporter, mexanizmlar).

Birinchi va ikkinchi turdagi shaxtalar odatda sirtidagi namlik (masalan tuz, ruda, va x.k.) olinsa mo'ljallangan tunnel lentalar qurilmasiga yaqin bo'lib, quritish vaqti bir necha minut davom etishi mumkin.

Shaxtali qurilmalar juda ko'p ustunliklarga ega bo'lib, unda xar xil mahsulotlarni quritish imkoniyati bor, ularning iqtisodiy samaradorligi yuqori, bundan tashqari bir tekisda quritish, quritish vaqtini boshqarish ishlatish talab qilinadi. Bunday xollarda qurilma konstruksiya murakkablashib boradi va bu o'z navbatida ma'lum mablag' talab qiladi. Keyingi paytlarda shaxtali qurilmalar chigitli paxta mahsulotlarini quritishga keng qo'llanilyotgan uning qo'shimcha imkoniyatlar mavjudligi isbot etildi.

#### **4.Barabanli quritish qurilmalari.**

Bu qurilmalarda boshqa mahsulotlar quritiladi. Keyingi paytlarda barabanli quritish qurilmalari. (BQQ) ko'pgina qishloq xo'jalik mahsulotlarini, jumladan chigitli paxtani quritishni amalga oshirishga keng qo'llanilmoqda. Bunday qurilmalarning asosi bu aylanib turuvchi (bazi xollarda nisbatan burchak ostida) silindr baraban bo'lib, uning ishida bir paytning o'zida material harakatlanib turadi.

Ayrim barabanlarning ichki qismida issiq havo purkovchi moslamalar qo'yilib, ular harakatdagi materiallarni quritishga mo'ljallangan bo'ladi. Baraban o'z o'qi atrofida harakat qilayotganda, baraban ichidagi kurakchalar materialni olib uni yuqoriga ko'taradi va ma'lum vaqtdan so'ng o'z og'irligi bilan pastga tushib issiq havo oqimi ta'sirida quritish jarayoni amalga oshadi. Quritish barabanining eng muxim parametrlaridan biri uning hajmini aniqlash hisoblanadi. Nazariy tomondan uning hajmi ikki usulda hisoblash mumkin. Birinshi usulda asos qilib barabanning namlik bo'yisha olinadi ya'ni bu parametrlar  $1\text{m}^3$  hajmdagi barabanda 1 soat ichida bug'langan namlik bo'lib hisoblanadi. U holda barabanning hajmi ushbu formula bilan hisoblanadi.

$$V_b = \frac{W}{A}$$

bu yerda A- tajriba asosida aniqlanadigan barabanning namlik bo'yicha yuklanishi soat W-bug'langan (1 soatda) namlik miqdori. Yuklanish ba'zi materiallar uchun jadval ko'rinishida keltirilgan. Yuqoridagi usulning kamchiligi yuklanish nafaqat boshqa ko'rinish barabanlariga mazkur barabanning boshqa sharoitda ishlashida xam qo'llash mumkin bo'lmay qoladi, bundan tashqari bu parametrlar baraban kesim yuzasining to'ldirilish koeffitsentiga bog'liq bo'ladi, shunga ko'ra uning qiymati tez o'zgaruvshan bo'ladi. Amalda to'ldirish koeffitsenti

$$KT = \frac{S_{massa}}{S_b}$$

( $S_{massa}$  -material bilan egallangan yuza,  $S_b$  - baraban yuzasi) yoki

$$KT = \frac{V_{massa}}{V_b}$$

( $V_{massa}$  - baraban ichida material egallagan hajmi,  $V_b$  - baraban hajmi)

Bu koeffisient kuzatish natijalariga ko'ra 0.03 dan 0.3 ga o'zgaradi.

Ikkinchi usul Mixaylov tomonidan tavsiya etilgan bo'lib bu usul issiqlikning balans tenglamasiga asoslangan bo'ladi. Agar  $V_b$ -baraban hajmi barabanga uzatilayotgan issiqlik miqdori(1soatda) bo'lsa, u holda balans tenglamasini yozamiz.

$$V_b * \alpha_v * \Delta T = Q$$

$\Delta T$ -ko'rinish agenti (issiq havo) va quritilayotgan havo orasidagi o'rtacha harorat ayirmasi,  $\alpha_v$ -issiqlik almashishining hajmiy koeffitsent i, o'rtacha harorat  $\Delta T$  quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$\Delta T = \frac{T_1 - \theta_1 - (T_2 - \theta_2)}{2.3l_g \frac{T_1 - \theta_1}{T_2 - \theta_2}}$$

bu yerda  $T_1, T_2, \theta_1$ , va  $\theta_2$  - quritish agenti va materialning haroratlari

Barabanli quritish qurilmalari chigitli paxtani quritishda boshqa quritgichlarga nisbatan ustunligini amalda isbot etdi.

Bunday barabanlarning quruq paxtaga nisbatan ish unumdorligi 1.5 dan 10 m/soat va undan issiqlik konvektiv va qo'shma usulda uzatiladi, unda quritish jarayoni uzluksiz mahsulotni barabanda bo'lishni boshqarish imkoniyatiga ega. Issiqlik uzatuvshi (agent) kalorifelda qizitilgan havo hisoblanadi. Boshqa qurilmalarga nisbatan barabanli quritish qurilmasining ustunligi quyidagilardan iborat:

1. Yuqori ish unumdorligi va namlik olish 10% gacha
2. Tekis quritish imkoniyatiga ega.
3. Issiqlik agent harorati 550-570 s gacha yetkazish va uzluksiz quritish jarayonini ta'minlash.
4. Issiqlik sarfi bo'yicha (6500-6700 bug'langan namlik) barabanli qurilma boshqalarga nisbatan shidamliligi.
5. Yuqori ish unumdorligi ega bo'lib, kam maydonni egalashi, o'ng va chap yo'nalishlarda aylanish imkoniyati, baraban ichki qismining tozalanib turishi.

Paxta quritish jarayonida texnologik va teplotexnik parametrlarini hisoblash bilan tanishib chiqamiz. Oldingi maruzalarda quritish jarayonlarida hisob ishlari bilan tanishib chiqqan edik. Bu jarayonni boshqarib turadigan parametrlar quritish tezligi chizig'i, agent harorati nisbiy namlik (havo) va havoning tezligi deb olingan edi. Quritish qurilmalarini loyihalashda yuqorida ko'rsatilgan rejim va quritish chizig'i ma'lum bo'lgan paytda unumli foydalanish maqsadida quyidagi parametrlar ularning sifat ko'rsatkishlarini belgilab beradi.

## 5.6.1-jadval

Amalda qo'llanilayotgan barabanli quritish qurilmalarinig texnikaviy  
xarakteristikalarini keltirilgan

| Texnikaviy<br>xarakteristikalar                            | 2SBS      | 2SB-10              | SXL-3M    |
|------------------------------------------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| 1. Quruq paxtaga nisbatan ish unumdorligi kg/soat          | 500       | 10000               | 5000      |
| 2. Namlik berishi %                                        | 10        | 7-8                 | 3-4       |
| 3. Namlik bo'yisha ish unumdorligi kg/soat                 | 450       | 650-750             | 145-192   |
| 4. Barabandagi issiqlik agentining kirishdagi harorati (K) | 405 gasha | 550 gasha           | 493 gasha |
| 5. Barabanning ishki tuzlishi                              | Sektorli  | Ko'targish kurakcha | Kurakcha  |
| 6. Barabanning aylanish tezligi ayl/min                    | 7.5-17.5  | 10                  | -         |
| 7. Kurakcha valining aylanishi ayl/min                     | -         | -                   | 56        |
| 8. Baraban diametris (m)                                   | 3.2       | 3.2                 | 1.3x1.6   |
| 9. Baraban uzunligi (m)                                    | 7.5       | 10                  | 4.8       |
| 10. Barabanning shiziqli tezligi m/s                       | 1.19-2.92 | 1.35-1.66           | 37        |

Olingan namlik miqdori (absalyut quruq paxta og'irligi nisbatan) (oldingi o'tilgan maruzalarda)

$$w = \frac{G_1 - G_2}{G_{\text{gur}}} * 100 \%$$

Bu yerda  $G_1$ -qurilmaga uzatilayotgan paxta miqdori,  $G_2$ -quritilgan paxta miqdori (kg),  $G_{\text{gur}}$  - absolyut quruq paxta og'iligi bo'lib uning hisoblash formulasi

$$G_{\text{gur}} = G_1 \frac{100}{100 + w_1} = G_2 \frac{100}{100 + w_2}$$

$w_1$  va  $w_2$ -boshlang'ish va oxirgi namliklar % paxtada bug'latilgan namlik miqdori

$$W = G_1 - G_2$$

Agar qurilmaning quritilgan paxta bo'yisha ish unumdorligi  $P_2$  bo'lsa, uning namlik bo'yisha quyidagisha bo'ladi.

$$P_1 = \frac{P_2(w_1 - w_2)}{100 + w_2}$$

teng bo'ladi.

Tekis quritish jarayonining eng asosiy talablariga kiradi. Chunki notekis quritishda namlik yuqori bo'lgan bo'laklarda sorbsiya xodisasi bo'lib paxtani saqlash jarayonida losal qizitish mahsulot sifatiga tushib ketadi.

Paxtaning quritishdagi eng muxim talablardan biri uni tekis quritishini ta'minlashdan iborat. Chigitli paxta ko'p komponentli bo'lgani uchun, uni xamma komponentlari bo'yisha bir xil quritish qiyin bo'ladi. Lekin massa (ulardan paxta buntlari xosil bo'ladi) ni xar bir komponenti bo'yisha bir xil quritishni ta'minlash zarur bo'ladi.

Bu muammoni tajribaviy va nazariy xal qilish chigitli paxtani quritishning asosiy masala bo'lib qolyapti. Bu masalani yechishda eng avval quritish jarayoni boshlanmasdan oldin paxta komponentlari orasidagi namlikni kerakli meyorga keltirish zarur. 9-maruzada keltirilgan emperik formulalardan (SINXPROM) foydalanamiz. Tolaning bir tekisda quritishni quydagi koeffitsent yordami bilan baholaymiz.

Bu yerda  $w_{\text{tola}}$ ,  $w_{\text{yad}}$ ,  $w_{\text{po'st}}$  quritilgan tola, yadro va po'stloqning namliklari, havo namligi. Agar bu koeffitsentlar 1 ga yaqin bo'lsa demak bu komponentlar quritish

ko'rsatkichlari yaxshi bo'ladi. Tanlanadigan quritich qurilmalari bu koeffitsientlarni ko'rsatkichlarini yuqori darajada ta'minlashi zarur.

Ba'zi quritish qurilmalarida chigitli paxta qisman mayda iflosliklardan tozalash ta'minlanadi. Bunday holda quritish va tozalash jarayonlari birgalikda amalga oshiriladi. Shu maqsadda quritish barabanlarinig ayrim yuzalari to'rli qilib tayorlanadi. Tozalash effekti quyidagi koeffitsient orqali baholanadi.

$$K = \frac{C_3(C_1 - C_2)}{C_1(C_3 - C_2)} * 100$$

Bu yerda  $C_1, C_2, C_3$  -paxtaning quritishdan oldin quritishdan keyin va chetga chiqib ketgan iflosliklar. Masalan chigitli paxta iflosligi (boshlang'ich)  $C_1=10\%$  quritishdan keyin  $8\%$  bo'lib chetga chiqqan mahsulotning iflosligi  $20\%$  bo'lsin u holda

$$K = \frac{20(10 - 8)}{10(20 - 8)} * 100 = \frac{100}{3} = 33\%$$

Ya'ni barabanning tozalash effekti  $33\%$  teng ekan. Endi quritish qurilmalarida sarflanadigan issiqlik miqdorini aniqlaymiz.

1 kg bug'lanish namlikka sarflanadigan issiqlik miqdori: qurilmalardan yuqorida ko'rsatilib o'tilganidek issiqlik namlik bug'lanishga, atrof muhitda yo'qolishiga xam agentning o'zida qisman yo'qolishiga sarflanadi: shuning uchun bu issiqlikni umumiy holda quyidagicha yig'indi ko'rinishida yozish mumkin.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Bu yerda  $q_1, q_2, \dots, q_4$  lar issiqlik ayrim elementlariga sarflangan miqdori. Ularni xar bir qurilmaning konstruksiyasi va texnologik kesimga qarab aniqlanadi. Chigitli paxtani quritishda 1 kg namga bug'lanish uchun ketadigan issiqlik miqdori.

$$1. q_1 = i_n - C_v * \theta_1 = 2491.1 + 1.97(T_2 - 273) - C_v(\theta_1 - 273)$$

Bu yerda  $i_n - 2491.1 + 1.97(T_2 - 273) - C_v(\theta_1 - 273) - T_2$  harorat bilan chiqib ketayotgan issiqlik agentida bug'dagi issiqlik miqdori

$\theta_1$  - chigitli paxtaning boshlang'ish harorati,

$c_v = 4.1808$  suvning solishtirma issiqlik sig'imi suvning solishtirma issiqlik sig'imi.

2. Chigitli paxtani qizdirish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori.

$$q_2 = \frac{\pi_2}{W} C_2 (\theta_2 - \theta_1)$$

Bu yerda  $C_2$  - quritilayotgan paxta massasi kg,  $w$ -qurilmaning ish unumdorligi kg/soat - paxta massasining chiqishdagi harorati,  $C_2$ - chigitli paxta solishtirma issiqlik sig'imi. Uning hisoblash formulasi.

$$C_2 = \frac{C_0 + C_b * w_1 - 10^{-2}}{1 + 0.6 * w_1 10^{-2}}$$

$S_0=1.549$ -absalyut quruq paxtaning solishtirma issiqlik sig'imi kdj/kg.grad,

$\omega_1$ -paxtaning boshlang'ish namligi.

3.Tajribalar natijasini tahlil qilingandan so'ng, atrof muhitda chiqib ketayotgan issiqlik miqdori  $q_3$  hisoblanadi; odatda uning qiymati  $q_3=42$  kdj/kg deb qabul qilinadi.

4. Ishlatilgan issiqlik agentida yo'qotilgan issiqlik miqdori. Bu issiqlik agentdan issiqlik olinishida, unda teplofizika qonunlariga asosan qisman issiqlik yo'qoladi. (entropiyaning kamayishi hisobida).

Bu jarayonda yo'qotiladigan issiqlik miqdorini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz

$$q_4 = l_y (C_{ct} + 0.001 * \alpha_1 * C_4) (T_2 - T_1)$$

Bu yerda  $l_y$  1kg namlikni bug'ga aylantirishga ketgan issiqlik miqdori.

$$l_y = \frac{q_1 + q_4 + q_3}{C_1' (T_1 - 273 + C_T'' (T_2 - 273))}$$

$T_1$  -issiqlik havoning boshlang'ich harorati °K

$C_T$  -issiqlik beruvchi agentning  $T_1$  harorat va  $\alpha_1$  namlik sig'imidagi solishtirma sig'im

$$C_T' = C_{CT}' + \frac{\alpha_1}{1000} C_p$$

Bu yerda:

$C_t$  - quruq issiq havoning (agentning);

$T_1$  - haroratdagi issiqlik sig'imi; kdj/kg.grad;

$\alpha_1$ - agentning  $T_1$  haroratdagi namligi g/kg quruq havoga nisbatan;

$C_p$ -bug'ninmg issiqlik sig'imi  $C_p=1.97$  kdj/kg\*grad;

$C_T''$  -namliligi  $\alpha_2$  bo'lgan agentning  $T_2$  haroratdagi issiqlik sig'imi;

$$C_T'' = C_{CT}'' + \frac{\alpha_2}{1000} * C_p$$

$C_{CT}''$  -quruq agentning  $T_2$  haroratdagi issiqlik sig'imi kdj/kg.grd,  $T_0$ -atrof muhitning harorati  $\alpha_2 - T_2$  + haroratda agentning namligi g/kg/(quruq havoga nisbatan)

$$C_{CT} = \frac{C_{CT}'' + C_{CT}'''}{2}$$

$C_T'''$  - quruq agentning tashqi muhit harorati  $T_0$  dagi namligi kdj/kg.grad

Shunday 1 kg namlikni parda ( bug'da ) aylantirish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \text{ kd}$$

j(kg namlik bug'lanish) ga teng. Issiqlik soatbay sarflanish:  $Q_{soat} = Q * W$  kdj/ soat

### Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar

1. Quritgich qurilmalari va ularga qo'yiladigan talablar. Barabanli quritgichlar va ularning texnikaviy ko'rsatkichlari.
2. Chigitli paxta komponentlarini quritishda tolani bir tekisda quritish shartlari.
3. Quritgich qurilmalarida chigitli paxtani qisman iflosliklardan tozalash samaradorligi ko'rsatkichlarini hisoblash.
4. Quritish agenti (issiqlik havo) uning o'rtacha haroratini hisoblash.
5. Qurilmalarni nam havo bo'yicha ish unumdorligini hisoblash. Olinadigan namlik miqdorini aniqlash.
6. 1 kg namlikni olish uchun sarflanadigan issiqlik miqdorini aniqlash uning tarkiblari.
7. 1 kg namlini bug'lash uchun sarflanadigan issiqlik miqdori.
8. Paxtani qizdirish uchun sarflanadigan va atrof muxitga chiqib ketadigan issiqlik miqdorini hisoblashlar.
9. Issiqlik agentida yo'qoladigan issiqlik miqdorini hisoblash.
10. Chigitli paxtani quritish hajmi bo'yicha hisoblash formulasi.

### 5.7. Barabanli qurutish qurilmasi, uning parametrlarini hisoblash va bosqichlari. Yuklanish hajmini va geometriyasini aniqlash.

Barabanli qurilmalarni loyihalashda ularning yuqori darajada quritish efektini oshirish maqsadida paxta massasini issiqlik agenti bilan o'zaro issiqlik, almashuv jarayonini kuchaytirish kerak bo'ladi. Bunday xolat odatda paxta massasining mayda bo'laklarini ajratish, ularni baraban kesim yuzasiga tekis taqsimlash muammolarini keltirib chiqaradi. Bu o'z navbatida hisoblash jarayonida ayrim parametrlarni (baraban diametrik, paxta massasining barabanda bo'lish vaqti va h.k.) nazariy tahlil qilib, ular asoslashni talab qiladi. Paxta massasi, yuqorida ko'rsatilganidek murakkab muhit bo'lib, uni kesimda taqsimlanish qonuni yyetarli tahlil qilinmagan.

Qurilma quyidagi elementlardan tarkib topgan; barabanning o'zi, kurakchalar paxta massasini barabanda bo'lishini boshqaradigan mahsus jihozlar barabanning asosiy parametrlari uning hajmi  $V_b$ -qurilmaning namlik bo'yicha yuklanishni diametrik  $D_b$ -ish unumdorligini,  $L_b$ -issiqlik agentidan foydalanish darajasini belgilab beradi. Yuqorida keltirilagan barabanlar uchun  $D_b=1.3 \div 32m$ ,  $L_b/D_b=3 \div 4$  ga teng bo'ladi. Oldingi bo'limlarda ta'kidlaganimizdek, barabanning asosiy ko'rsatkichi uni namlik bo'yicha yuklanishi hisoblanadi.

$$A = \frac{W}{v_b} \left( \frac{kg}{m^3 soat} \right) \quad (5.7.1)$$

Bu yerda  $W$ -qurilmaning ish unumdorligi. Agar yuklanish  $A$ -ma'lum bo'lsa, baraban hajmi

$$V_b = \frac{W}{A}$$

Formula yordamida hisoblash mumkun. Xozirgi ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan barabanlar havo tezligi  $1 \div 1.45m/c$  paxtani isitish harakati  $333-343^\circ K$  bo'lsa, paxta massasining barabanda bo'lish vaqti 7-10 min gat eng bo'ladi. Barabanda bo'lgan paxta massasi.

$$G_{paxta} = \frac{G_1 + G_2}{2} \cdot \frac{\tau}{60} \quad (5.7.2)$$

Bu yerda:

$G_1, G_2$  -qurilmaning quritilgan va nam xolidagi ish unumdorligi;

$T$ -paxta massasining barabanda bo'lish vaqti (min).

Qurilmaning hajmini bir tomondan uning namlik bo'yicha yuklanishdan keltirib chiqaramiz.

$$V_b = \frac{G_{paxta}}{\rho_{paxta} * \beta} \quad (5.7.3)$$

Bu yerda  $\rho_{paxta}$  -massa zichligi,  $\beta$  to'ldirish koeffitsienti

Odatda hisoblarda  $\rho_{paxta} = 60 \div 65 \text{ s/m}^3$ ,  $\beta = 0.25 \div 0.3$  deb qabul qilish mumkin. Ikkinchi tomondan barabanning hajmi diametrik va uzunligi orqali

$$V_b = \frac{\pi D_b^2}{4} \cdot L_b$$

Formula bilan topiladi. Bu ikkala formulalarni solishtirib, baraban diametrini topamiz.

$$D_b = \sqrt{\frac{4G_{paxta}}{\pi L_b * \rho_{paxta} \beta}} \quad (5.7.4)$$

Baraban uzunligi undagi harakatning kamayishi qonuniyatidan aniqlanadi. Uni aniqlash usuli quyidagi modelni qabul qilib, harakatning baraban uzunligi bo'ylab taqsimlanish qonunini aniqlaymiz. Faraz qilaylik, paxta massasining tezligi (o'rtacha)  $v_2$  bo'lsin. Ularning boshlang'ich haroratlari mos ravishda  $T_{10}$  va  $T_{20}$  bo'lsin. Jarayonni statsionar deb qabul qilamiz va haroratning paxta va havo bilan issiqlik almashuvi Nyuton qonuniga bo'ysinadi. U holda quyidagi tenglamalarni yozamiz [2]

$$\rho_1 * C_1 * V_1 \frac{dT_1}{dx} = \alpha (T_2 - T_1) \quad (5.7.5)$$

$$\rho_2 * C_2 * V_2 \frac{dT_2}{dx} = -\alpha (T_2 - T_1) \quad (5.7.6)$$

Bu yerda:

$\alpha$  paxta massasi bilan havo orasidagi issiqlik almashuvi koeffitsienti  $C_1$  va  $C_2$  havo va paxtaning issiqlik sig'implari kkal/kg.grad:

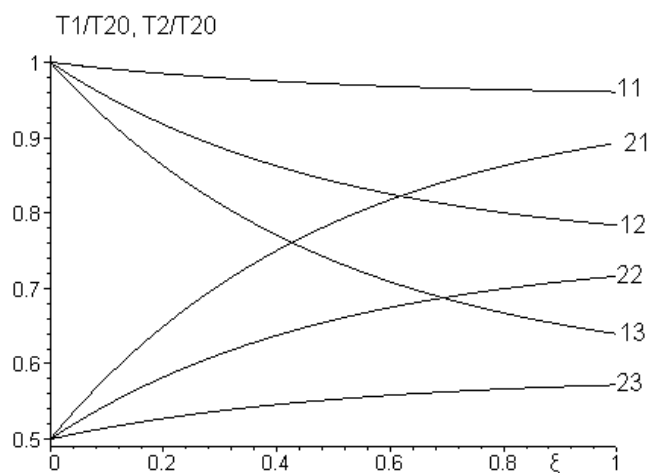
(5.7.5) va (5.7.6) tenglamalarning  $T_1 = T_{10}$

$T_2 = T_{20}$   $x=0$  da shartini qanoatlantiruvchi yechimlar quyidagicha bo'ladi:

$$T_1 = \frac{T_{10} - T_{20}}{1 + \gamma} e^{-(1+\gamma)\xi} + \frac{T_{20} + \gamma T_{10}}{1 + \gamma}, \quad T_2 = T_{20} + \gamma(T_{10} - T_1)$$

Bu yerda  $\gamma = \frac{C_1 * \rho_1 * v_1}{C_2 * \rho_2 * v_2}, \xi = \frac{dx}{\rho_1 C_1 v_1}$

$T_{10}, T_{20}$  isitishdan oldin agent va paxta massasining harorati.



5.7.1- Rasm. Xavo (11,21,13- chiziqlar) va chigitli paxta (12,22,23- chiziqlar) haroratining harxil  $\gamma$  -larda xarakat yo'nalish bo'yicha taqsimlanishi 11,21 –  $\gamma = 0.1$ , 12,22 –  $\gamma = 1$ , 13,23 –  $\gamma = 0.1$

Haroratning baraban uzunligi bo'yicha o'zgarish tempi.

$$\frac{dT_1}{d\xi} = -(T_{10} - T_{20})e^{-(1+\gamma)\xi} < 0$$

$$\frac{dT_2}{d\xi} = -\gamma \frac{dT_1}{d\xi} = \gamma(T_1 - T_{20})e^{(1+\gamma)\xi} > 0$$

Oxirgi ifodalardan ko'rinib turibdiki, havo va chigitli paxta barabanda harakatida havoning harorati eksponensial qonun bo'yicha kamayadi, paxtaning harorati esa shu qonun bilan oshib boradi.  $T_1$  va  $T_2$  larning o'zgarishlaridan 5.7.1-rasmda sxematik tarzda ko'rsatilgan.

Agar  $T_2 - T_{2p} = T_{2ruxsat}$  -harorat ya'ni paxta massasi uchun ruxsat berilgan harorat bo'lsa, u holda

$$T_{gr} = \frac{T_{10} - T_{20}}{H\gamma} e^{-(1+\gamma)\xi_0} + \frac{T_{20} + \gamma * T_{10}}{1 + \gamma}$$

Tenglamadan masofa  $\xi_0$ , yoki  $x_0 = \frac{\rho_1 C_1 v_1}{\alpha} \xi_0$  topiladi va baraban uzunligi  $L = x_0$

deb qabul qilinadi. Endi chigitli paxta ikki komponentli (tola, chigit) deb qaraymiz.

Havo harorati berilgan deb faraz qilamiz. Chigit bilan paxta orasida issiqlik almashuv koeffisientining havo bilan tola orasidagi koeffisientini va chigit bilan havo orasidagi koeffisientni deb olamiz. U holda komponentlarda issiqlik tarqalishi tenglamalarni quyidagicha yoziladi [3].

$$C_2 \rho_1 v_1 \frac{dT_1}{d\xi} = \alpha_{10}(T_0 - T_1) + \alpha_{12}(T_2 - T_1) \quad (5.7.7)$$

$$C_2 \rho_2 v_2 \frac{dT_2}{d\xi} = \alpha_{20}(T_0 - T_2) + \alpha_{12}(T_1 - T_2) \quad (5.7.8)$$

Bu yerda endi  $C_1, \rho_1, v_1$  va  $c_2, \rho_2, v_2$  mos ravishda issiqlik sig'imi ( $kkal/m^2 \text{ soat}$ ) zichlik ( $kg/m^3$ ) va ularning tezligi ( $m/s$ ) amalda  $v_1 = v_2 = v$  deb qabul qilinsa bo'ladi (5.7.7) va (5.7.8) tenglamalarni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{dT_1}{d\xi} = \beta_{10}(T_0 - T_1) + T_2 - T_1 \quad (5.7.9)$$

$$\gamma \frac{dT_2}{d\xi} = \beta_{20}(T_0 - T_2) + T_1 - T_{21} \quad (5.7.10)$$

Bu yerda:

$$\xi = \frac{d_{12}x}{c_1 \rho_1 v_1} : \gamma = \frac{c_2 \rho_2 v_2}{c_1 \rho_1 v} : \beta_{10} = \frac{\alpha_{10}}{\alpha_{12}} : \beta_{20} = \frac{\alpha_{20}}{\alpha_{12}}$$

(5.7.9) va (5.7.10) sistemasining yechimi  $T_1 = T_{10}, T_2 = T_{20}$   $x=0$  shartlari bo'yicha yechimi quyidagicha bo'ladi

$$T_1 = A_1 e^{-\lambda_1 \xi} + A_2 e^{-\lambda_2 \xi} + T_1^\gamma \quad (5.7.11)$$

$$T_2 = \gamma_1 A_1 e^{-\lambda_1 \xi} + \gamma_2 A_2 e^{-\lambda_2 \xi} + T_2^\gamma \quad (5.7.12)$$

Bu yerda

$$A_1 = \frac{\gamma_2(T_{10} - T_1^\gamma) - T_2 + T_2^\gamma}{\gamma_2 - \gamma_1}$$

$$A_2 = \frac{T_{20} - T_2^\gamma - \gamma_2 - (T_{10} + T_1^\gamma)}{\gamma_2 - \gamma_1}$$

$$\gamma_1 = \lambda_1 + \beta_{10} ; \gamma_2 = \lambda_2 + \beta_{10}$$

$$T_1^\gamma = \frac{\beta_{10}\beta_{20} + \beta_{20}}{\beta_{10}\beta_{20} - 1} T_0, \quad T_2^\gamma = \frac{\beta_{10}\beta_{20} + \beta_{20}}{\beta_{10}\beta_{20} - 1} T_0,$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{2}(\gamma\beta_{10} + \beta_{20}) - \sqrt{(\gamma\beta_{10} + \beta_{20})^2 - 4(\beta_{10}\beta_{20} - 1)}$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2}(\gamma\beta_{10} + \beta_{20}) + \sqrt{(\gamma\beta_{10} + \beta_{20})^2 - 4(\beta_{10}\beta_{20} - 1)}$$

$$\beta_{10} = \beta_{10} + 1; \quad \beta_{20} = \beta_{20} + 1$$

(5.7.11) va (5.7.12) formulalar tahlili shuni ko'rsatadiki baraban bo'ylab issiqlikning taqsimlanish qonuni chigitda xar xil bo'lar ekan. Chigitli pechkada taqsimlanish qonuni murakkab ko'rinishda bo'ladi.

$$T = P_1T_1 + P_2T_2 = (A_1P_1 + A_1\gamma_1P_2)e^{-\lambda_1\zeta} + (A_2P_1 + A_2\gamma_2P_2)e^{-\lambda_2\zeta} + P_1T_1 + P_2T_2 = A_1(P_1 + \gamma_1P_2)e^{-\lambda_1\zeta} + A_2(P_1 + \gamma_1P_2)e^{-\lambda_2\zeta} + P_1T_1 + P_2A_2$$

Endi yanada murakkabroq umumiy masalani ko'ramiz. Faraz qilaylik termodinamik muhit uch komponentli chigitli paxta va havodan tarkib topgan bo'lsan. Havo, tola, qobiq va chigitlarning issiqlik sig'imi, zichlik va tezliklarni mos ravishda  $C_0, P_0, V_0, C_1, P_1, V_1, C_2, P_2, V_2, C_3, P_3, V_3$ , deb belgilaylik va haroratlarni  $T_0, T_1, T_2, T_3$  bilan belgilaymiz. Ular termodinamik qonunga asosan quyidagi 4 ta tenglamani qanoatlantiradi.

$$C_0\rho_0V_0\frac{dT_0}{ax} = \alpha_{10}(T_1 - T_0) + \alpha_{20}(T_2 - T_0) + \alpha_{30}(T_3 - T_0) \quad (5.7.13)$$

$$C_1\rho_1V_1\frac{dT_1}{ax} = \alpha_{10}(T_0 - T_1) + \alpha_{12}(T_2 - T_1) + \alpha_{13}(T_3 - T_1) \quad (5.7.14)$$

$$C_2\rho_2V_2\frac{dT_2}{ax} = \alpha_{20}(T_0 - T_2) + \alpha_{12}(T_1 - T_2) + \alpha_{23}(T_3 - T_2) \quad (5.7.15)$$

$$C_3\rho_3V_3\frac{dT_3}{ax} = \alpha_{30}(T_0 - T_3) + \alpha_{13}(T_1 - T_3) + \alpha_{23}(T_2 - T_3) \quad (5.7.16)$$

Bu yerda  $\alpha_{10}, \alpha_{20}, \alpha_{30}$  issiqlik havo (agent) bilan tola qobiq va yadro (mag'iz) bilan issiqlik almashuv koeffisienti,  $\alpha_{12}, \alpha_{13}$ -tola bilan qobiq va mag'iz orasida issiqlik almashuv koeffisienti qobiq bilan mag'iz (yadro) orasidagi issiqlik almashuv koeffisienti.

(5.7.13)-(5.7.16) sistema ushbu  $T_0 = T_{10}, T_1 = T_{10}, T_2 = T_{20}, T_3 = T_{30} \quad x=0$  bo'lganda sharti bilan integrallanadi. Sistemaning analitik yechimini olib bo'lmaydi, uning yechimi usulda EHM qo'llash bilan olinadi. Amaliy mashg'ulot darslarida uni sonli yechimini Maple-8 tayorlangan dastur yordamida olish mumkinligini ko'ramiz.

Yuqorida keltirilgan tenglamalar sistemasi umumiy bo'lib, xamma xususiy xollarni undan keltirib chiqarish mumkin. Masalan  $\alpha_{10} = \alpha_{20} = \alpha_{30} = 0$  deb qabul qilinsa, u holda  $T_0 = T_{00}$  bo'lib, qolgan uchta (5.7.14)-(5.7.16) da  $T_0 = T$  deb qabul qilinadi. Natijada tola, qobiq va mag'izdagi haroratlarni topish mumkin bo'ladi.

Agar  $\alpha_{31} = \alpha_{32} = \alpha_{23} = 0$  bo'lib  $T_0 = T_{00}$  bo'lsa u holda

$$C_1 \rho_1 V_1 \frac{dT_1}{dx} = \alpha_{10}(T_{00} - T_1) + \alpha_{12}(T_2 - T_1)$$

$$C_2 \rho_2 V_2 \frac{dT_2}{dx} = \alpha_{20}(T_{00} - T_2) + \alpha_{12}(T_1 - T_2)$$

Barabanning ichki konstruksiyasida mahsus kurakchalar b to'siqlar bilan jihozlangan bo'lib, ularni baraban kesim yuza bo'ylab tekis taqsimlashdan iborat bo'ladi. Paxta bo'lakchalari ba'zi momentlarda harakatda, ba'zan esa ular qo'zg'almas xolatda bo'ladi. Harakatdagi bo'lakchalarning bir qismi kurakchalar ustida bir qismi esa yuqoridan pastga qarab erkin harakatda bo'ladi. Issiq havo (agent) bilan ana shu xolatdagi bo'lakchalar kontaktda bo'lganligi sababi, ulardagi quritish jarayoni samarali o'tadi, unda keyingi qurishga moyil bo'lgan bo'lakchalar bular kurakchalar ustida joylashgan va ularning ustida qisman harakatda bo'lishadi ularga ikki manbadan issiqlik uzatiladi. Birinchisi ularni yuzasi bo'ylab surilayotgan issiq havo oqimi bu oqim paxta bo'lakchalardan tashkil topgan qatlamning yuqori yuzasi bilan faol issiqlik almashadi uning quyi yuzasi esa qizigan metall (kurakcha) bilan kontaktda bo'lib, bu yuzada xam issiqlik almashuv samarali bo'ladi. Paxta massasining agent bilan faol kontaktda bo'lish vaqtining kriteriy qilib ushbu ifoda qabul qilingan.

$$\beta_a = \frac{\tau_T}{\tau_T + \tau_e}$$

Bu yerda  $\tau_T$  -massasining yuqoridan pastga tushish vaqti, agar uni qattiq jism deb qaralsa, u holda bu vaqt

$$\tau_T = \sqrt{\frac{2h_b}{g}}$$

ga teng bo'ladi. Agar havo tezligi proporsional olinsa bu vaqt quyidagi tenglamadan topiladi.

$$\tau_n - \frac{m}{C_v} (1 - e^{\frac{C_v}{m} \tau_n}) = \frac{h_v \cdot C_v}{gm}$$

Agar paxta massasining kurakchadan tushushdagi boshlang'ich tezligi  $v_0$  bo'lsa, u holda

$$\tau_n = \frac{\sqrt{v^2 + 2gh_b} - v_0}{g} = v_0 = k \cdot \sqrt{2gh_b} \text{ deb qabul qilsak}$$

$$\tau_n = \tau_{0n} (\sqrt{k^2 + 1} - k)$$

Bu yerda  $\tau_{0n}$  paxtaning boshlang'ich tezliksiz tushish vaqti.

Masalan  $K=0.85$  bo'lsa  $\tau_n = 0.78 \cdot \tau_{0n}$  ga teng bo'ladi.

$K=0.5$  bo'lsa  $\tau_n = 0.62 \cdot \tau_{0n}$

$K=1$  bo'lsa  $\tau_n = 0.41 \cdot \tau_{0n}$

### **Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar**

1. Paxta sifatini saqlagan holda quritgich barabanlarining ish unumdorligini oshirish omillari va imkoniyatlari.

2. Quritgich barabanining yuklanish darajasidan foydalanib, uning diametrini aniqlash.

3. Quritgich barabani bo'ylab harakatda bo'lgan paxta massasi va agentdagi haroratni aniqlash va hisoblash.

4. Quritgich bo'ylab harakatda bo'lgan uch komponentli - chigit, tola va agentdagi haroratni aniqlash va hisoblash. Xususiy hollar.

5. Paxta massasining issiqlik agenti bilan faol kontaktda bo'lish vaqtini aniqlash. Erkin harakatda bo'lish vaqtini topish.

6. Havo qarshiligini hisobga olgan holda uning tushish vaqtini hisoblash.

7. Paxta bo'lakchasini kurakcha ustidagi harakat tenglamasini tuzish va uni integrallash.

8. Paxta bo'lakchasining kurakcha ustida harakatsiz bo'lish vaqti va baraban sirtiga qarab harakatda bo'lish qonuniyatlarini aniqlash.

9. Paxta bo'lakchasini kurakcha ustida markazga qarab harakatda bo'lish jarayonini o'rganish.

10. Paxta bo'lakchasining kurakcha ustida bo'lishining umumiy vaqtini topish va uning tahlili.

## **6-BOB**

### **TOLALI MUXITLARDAN MAYDA ZARRACHALARNI AJRATISH JARAYONINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH ASOSIDA TADQIQ QILISH**

#### **6.1. Paxta chiqindilari haqida ma'lumot yirik va mayda iflosliklar.**

##### **Ularning paxta tarkibidan chiqarish usullari.**

##### **Tozalash jarayonida mexanik (zarba) ta'siridan foydalanish.**

Chigitli paxta xom ashyosini qayta ishlash jarayonida uni iflosliklar (maydalangan, barglar va gullar qoldig'i, shoxlar va h.k.) lardan tozalash zarur bo'ladi. Iflosliklar ikki ko'rinishga (tipga) bo'linadi. O'lchamlari 8 mm dan katta bo'lgan iflosliklar yirik va unda kichik bo'lganlar esa mayda iflosliklar deyiladi. Chigitli paxta xomashyosi iflosligi miqdoriy va sifatli ko'rsatkichlari bilan aniqlanadi. Miqdoriy ko'rsatkich xom ashyo tarkibidagi iflosliklarining umumiy miqdorini (birlik va foiz hajmda) belgilansa, sifat ko'rsatkichlari, iflosliklari o'lchamlari, ularning paxta bo'lakchalarida tolalar bilan birikishini xarakterlaydi. Iflosliklar paxta bo'lakchalarining sirtida, ichki sohasida bo'lib ularning xom ashyo zarrachalari har-xil darajada birikkan bo'ladi. Shunga ko'ra mayda iflosliklar xom ashyo tarkibida chuqur o'rnamashgan bo'lib, ularni bo'lakchalardan ajratib olish ancha murakkab usullarni asosan mexanik zarba kuchlaridan foydalanishni talab qiladi. Yirik iflosliklar asosan xom ashyo bo'laklarining sirtida joylashgan bo'ladi, ularning tola bilan birikishi ancha bo'sh bo'lgani sababli, ularni toladan ajratish katta muammo tug'dirmaydi. Chigitli paxtani chiqindidan tozalash konstruksiyalarida, jixoz va qurilmalar bilan tanishishdan oldin chiqindining tolaga birikish, ularni tozalash samaradorligi mazmun mohiyati bilan tanishamiz. Bundan tashqari, tozalagichlar texnologik parametrlarni tanlashda asosiy nazorat ishlanmalari va xisoblash jarayonlarini ko'rib chiqamiz. Xozirgi paytda paxta xom ashyoni chiqindidan tozalash jarayonini zarba va g'adirlangan sirtdan paxta bo'lakchalarini sudrash asos qilib olingan. Tozalagichning asosiy mohiyati unga dinamik kuch (zarba, tebratish, silkitish va h.k) ta'sirida chiqindi zarrachasi bilan tola orasidagi birikish kuchini kamaytirish, zarrachani xom ashyo tarkibida nisbiy xarakatga

keltirish va uni xom ashyo massasidan chiqarib yuborishdan iborat. Bunday jarayonlar chiqindini xarakatga keltirishda turlicha rol o'ynaydi. Zarba kuchi eng asosiy usul bo'lib, tozalash jarayonining asosiy qismi hisoblanadi. Ijobiy tomonidan tashqari zarba kuchini salbiy ta'sirlarini ham e'tiborga olish kerak. Masalan: zarba kuchi juda yuqori bo'lsa, uning ta'sirida tola va chigit shikastlanishi, yoki tarkibdagi yirik iflosliklar mayda iflosliklarga aylanishi mumkin. Shuning uchun zarba kuchini meyorida qo'llash tavsiya etiladi. Ifloslik zarrachalarini intensiv xarakatga keltirishning yana bir usuli, xom ashyosida bo'lakchalarini tebranish (silkinish) xosil qilish, shu yo'l bilan ifloslik zarrachalari bilan tola orasida birikish kuchini ma'lum vaqt oralig'ida sekinlik bilan kamaytirib berishni ta'minlashdan iborat bo'ladi. Bu usulda silkinish (vibratsiya) nazaryasida ishqalanish kuchini kamaytirish, ifloslik zarrachalariga adresli ta'sir o'tkazish deb qabul qilingan. Shunday yo'l aralashmalar sortlarga ajratiladi, g'ovak muxitlar zichlanadi. G.I.Miroshnichenko, A.E.Lugachev, S.A.Samandarov va boshq'alarining fikricha paxta xomashyosi haqida so'z yuritilsa bu yerda jarayon ancha murakkab bo'lib, biror bir qonuniyatni umumiy(universal) deb qabul qilib bo'lmaydi. Iflosliklardan tozalash ma'lum yo'nalishda o'tadigan bo'lib uni natijasi ko'p omillarga bog'liq bo'ladi (zarracha massasi, shakli, birikish kuchi, ishqalanish koyfitsenti, xom ashyoni strukturasi, g'ovakli, tarkibi va h.k) shuning uchun iflosliklar tarkibi, ularning xom ashyoda joylashni umumiy holda tasodiflik xossasiga ega bo'lib, ularni o'rganish chuqur statistik ma'lumotlarga ega bo'lishni talab qiladi. Kezi kelganda shuni ta'kidlash kerakki, matematik statistika usuli bu yerda nazaryani asosi bo'lib xizmat etish kerak. Bu yo'nalishda bajarilgan izlanishlar juda oz bo'lganligi sababli, Ma'ruzalarda asosan determanistik usul qo'llaniladi. Bu usulda ifloslik zarrachalari bilan paxta tolasi orasidagi birikish kuchlari analitik ko'rinishda olinib, tashqi kuch ta'siri ularning tola massasida xarakatini o'rganish asos qilinib olinadi. Ma'ruzada biz shunday kuchlarni ifodasini ikki ko'rinishdan foydalanamiz. Odatda chiqindi zarrachalari tola bilan birikish va sirpanish bilan bog'langan bo'ladi. Birikish kuchi eng oddiy xollarda elastiklik va so'nish xususiyatiga ega bo'lib, uni bikirlik koeffitsenti  $k$  ga teng va so'nish  $\mu$  bo'lgan elastik qovushqoqlik element bilan almashtirilishi mumkin. Agar

zarrachaning tolaga nisbatan ko'chishni  $u$  deb olsak,  $u$  holda bu kuch ifodasini Vinkler-Foigt modeli orqali yozish mumkin.

$$F = ku + \mu v \quad (6.1.1)$$

$v = \frac{du}{dt}$  - zarracha tezligi. Ikkinchi ko'rinishda zarracha tolaga nisbatan sirpanadi, natijada tola bilan zarracha orasida ishqalanish kuchi xosil bo'ladi va bu kuch eng sodda holda Kulon formulasi yordamida ifodalash mumkin. Bunday ko'rinishdagi kuchlarni e'tiborga olishda, chiqindi zarrachasi tolaga ma'lum bosimda bo'lishi kerak. Agar bosim kuchini  $p$  deb olsak,  $u$  holda zarracha ta'sir qiladigan kuch

$$F = f \cdot p \operatorname{sign} v \quad (6.1.2)$$

$\operatorname{sign} v$  - tezlik ishorasiga bog'liq bo'lib, ma'ruza to'plamining I qism III bo'limida ko'satilganidek,  $u$  quyidagi qiymatlarni qabul qiladi: agar  $v > 0$  (zarracha musbat yo'nalishdagi xarakatda) bo'lsa,  $\operatorname{sign} v = 1$  bo'lib, qarshilik kuchi harakatga teskari yo'naladi, agar  $v = 0$  (zarracha tinch holatda) bo'lsa,  $-1 < \operatorname{sign} v < 1$  bo'lib, qarshilik kuchining qiymati noma'lum, agar  $v < 0$  (zarracha manfiy yo'nalishdagi xarakatda) bo'lsa,  $\operatorname{sign} v = -1$  bo'lib, qarshilik kuchi harakat yo'nalishida bo'ladi.

Umuman olganda, yuqorida ta'kidlaganimizdek, chiqindi zarrachalari tolaga murakkab holda birikkan bo'lib, birikish kuchini universal ko'rinishdagi analitik ifodasi topish murakkab masala xisoblanadi. Yuqorida keltirilgan (6.1.1) (6.1.2) bog'lanishlar eng sodda ifodalar bo'lib, ular chiqindi zarrachasining xarakat qonunlarini keltirib chiqarish uchun o'ng'aylik tug'diradi. Shu boisdan yolg'iz zarracha (massasi  $m$ ) uchun xarakat tenglamasini tuzamiz. Agar (6.1.1) bog'lanishni qo'llasak qarshilik kuchi nisbiy ko'chish va tezliklarga proporsional bo'ladi.

Faraz qilaylik paxta bo'lakchasi biror sirtga urilishdan oldin  $Ox$  o'qini chapdan o'nga va  $Oy$  o'qini unga perpendikulyar qilib pastdan yuqoriga yo'naltiramiz.. Zarba sodir bo'lish vaqtini  $t = 0$  deb olsak,  $u$  holda zarbagacha ( $t < 0$  momentlarda) zarracha boshlang'ich koordinatalari  $x = x_0$ ,  $y = y_0$ , va ular bo'yicha tezliglari  $\dot{x} = v_0 \sin \alpha$ ,  $\dot{y} = -v_0 \cos \alpha$  bo'lib, bo'lakcha bilan birgalikda

harakatlanadi. Bo'lakcha  $t = 0$  momentda sirtga urilib o'z tezligini butunlay yo'qotsin (absalyut zarba). U holda:

$$t = 0 \text{ da } x = x_0, y = y_0, \dot{x} = v_0 \sin \alpha, \dot{y} = -v_0 \cos \alpha \quad (6.1.3)$$

bo'ladi.

Chiqindi zarrachasi paxta bo'lakchasi bilan elastik qovushqoqlik elementi bilan birikkani uchun, u o'z xarakatini davom ettiradi va  $0x$  va  $0y$  uqlari bo'yicha quyidagi tenglamani qanoatlantiradi.

$$\begin{aligned} m\ddot{x} + kx + \mu\dot{x} &= 0 \\ m\ddot{y} + ky + \mu\dot{y} &= -mg \end{aligned} \quad (6.1.4)$$

(6.1.4) tenglamani (6.1.3) shartlarni qanoatlantiruvchi yechimi quyidagicha bo'ladi:

$$x = e^{-\gamma t} (A_1 \sin \omega t + B_1 \cos \omega t), \quad y = e^{-\gamma t} (A_2 \sin \omega t + B_2 \cos \omega t) - g / \omega_0^2, \quad (6.1.5)$$

$\omega_0 > \gamma$  bo'lganda

$$x = C_1 \exp(-k_1 t) + D_1 \exp(-k_2 t), \quad x = C_2 \exp(-k_1 t) + D_2 \exp(-k_2 t) - g / \omega_0^2, \quad (6.1.6)$$

$\omega_0 < \gamma$  bo'lganda bu yerda:

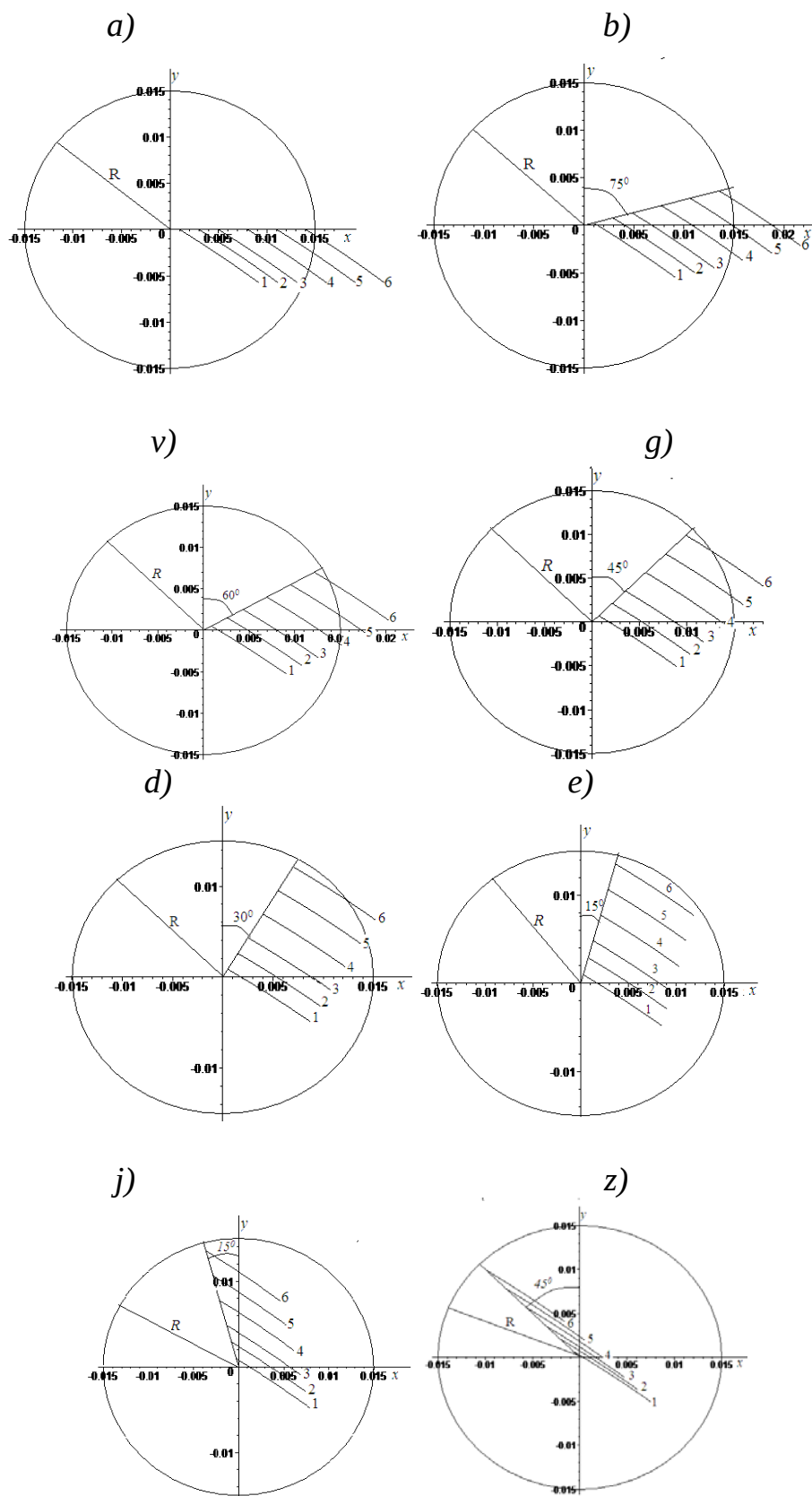
$$A_1 = (v_0 \sin \alpha + \gamma x_0) / \omega, \quad B_1 = x_0, \quad A_2 = (-v_0 \cos \alpha + \gamma B_2) / \omega, \quad B_2 = y_0 + g / \omega_0^2$$

$$C_1 = x_0 - D_1, \quad C_2 = y_0 + g / \omega_0^2 - D_2, \quad D_1 = (v_0 \sin \alpha + x_0 k_1) / \Delta,$$

$$D_2 = [-v_0 \cos \alpha + (y_0 + g / \omega_0^2) k_1] / \Delta, \quad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\gamma = \frac{\mu}{2m}; k_1 = \gamma + \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}, k_2 = \gamma - \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}, \quad \Delta = k_1 - k_2$$

Faraz qilaylik paxta bo'lakchasi radiusi  $R$  bo'lgan sharsimon shaklda bo'lib, zarrachalar uning tarkibida radiusi  $r$  koordinata boshi shar markazida bo'lgan doira tekisligidagi xar hil nurlar bo'ylab joylashgan bo'lsin. U holda  $x_0 = r \cos \theta$ ,  $y_0 \sin \theta$  ( $\theta$ -nurlarning  $0x$  o'qi bilan tashkil qilgan burchagi) deb qabul qilib, zarrachani doira ustidagi harakatini ko'rib chiqamiz. Hisoblashda parametrlarning quyidagi qiymatlarini olamiz:  $R = 0.015M$ ,  $\omega_0 = 10c^{-1}$ ,  $\gamma = 2c^{-1} v_0 = 1M/c$ ,  $\alpha = 57.3^\circ$  ( $1$ -radian). Zarrachalarning koordinatalari rasmlarda ko'rsatilganidek har hil  $\theta$  ( $a = 0$ ,  $b = 15^\circ$ ,  $c = 30^\circ$ ,  $d = 45^\circ$ ,  $e = 60^\circ$ ,  $f = 75^\circ$ ,  $g = 105^\circ$ ,  $h = 135^\circ$ ) burchaklarda nurlar jo'nalishlari bo'yicha quyidagicha olingan.  $r_1 = 0.001M$ ,  $r_1 = 0.003M$ ,  $r_1 = 0.005M$ ,  $r_1 = 0.008M$ ,  $r_1 = 0.011M$ ,  $r_1 = 0.014M$ . Hisoblash natijalari 6.1.1 rasmlarda keltirilgan:



6.1.1-Rasm. Boshlang'ich koordinatalari shar markazidan o'tuvchi doira tekisligidagi xar hil nurlarda joylashgan zarrachalarning zarbadan so'ng harakat traektoriyalari.

Yuqorida keltirilgan nazariy tadqiqotlar paxta bo'lakchalaridan iflosliklarni ajratish mexanizmini ochib berishga qaratilgan. Muxim xulosalardan biri, nazariya zarba xosil qiladigan tezlik bilan zarrachani ajratishni uni xarakatini o'rganib, bo'lakcha sirtiga keltirish kabi masalalarni yechishga mo'ljallangan.

Amalda bu xulosalar e'tiborga olinishi uchun qo'shimcha ma'lumotlar xususan, zarracha massasi, uning tola bilan birikish kuchi, uni elastic qovushqoqlik elementi bilan almashtirish (yoki Kulonning ishqalanish kuchi) mumkinligi asoslanishi lozim. Iflosliklarni paxta massasidan ajratish uchun har hil qurilmalar qo'llaniladi. Ularning ishlash prinsipi paxta bo'laklariga ketma-ket zarbalar berish, g'adir sirtlar ustidan xarakatga keltirishdan iborat. Ishlab chiqarishdan eng katta tarqalgan qurilmalardan ko'p barabanli tozalagichlar bo'lib ular mayda iflosliklarni

Qo'llaniladigan mashinalarning samarador ishlashni belgilaydigan texnologik ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat: tozalash samaradorligi, chigitning ishqalanishi va paxtaning o'rama xosil qilishi. Agar paxtadagi boshlang'ich iflosliklar og'irligi tozalagich yordamida ajratilgan iflosliklar og'irligini  $g_1$  deb olsak, u holda tozalash samaradorligi quyidagicha xisoblanadi:

$$K = \Delta cn 100\% / g_1 \quad (6.1.7)$$

Agar  $G_1$  bilan boshlang'ich tanlab olingan paxta og'irligi ust tarkibidagi iflosliklar og'irligi  $g_1$  deb olingan bo'lsa, u holda og'irlikka nisbatan nisbiy ifloslanish

$$C_1 = g_1 100\% / G_1$$

Eng katta bo'ladi. Bu ifoda yordamida (3.11.7) quyidagicha yozamiz

$$k = \frac{\Delta cn \cdot 100}{g_1 G_1} 100\% \quad (6.1.8)$$

ko'rinishga keltiriladi. Agar tozalagichdan chiqarilgan paxtaning nisbiy iflosligini  $C_2$  deb, uning (paxtaning) og'irligini  $G_2$  deb olinsa, u holda quyidagi tenglik o'rinli bo'ladi.

$$G_1 C_1 = G_2 C_2 + 100 \Delta cn \quad (6.1.9)$$

(3.11.7) ning yordamida (3.11.9) formulani tozalangan paxtadagi nisbiy ifloslik yordamida yozamiz.

$$k = \frac{\Delta cn 100\%}{\frac{G_2 C_2}{100} + \Delta cn}$$

Amalda nisbiy iflosliklar  $C_1$  va  $C_2$  lar ma'lum bo'ladi, shuning uchun tozalash samaradorligi ushbu o'ng'ay formula yordamida xisoblash tavsiya etiladi.

$$k = \frac{(C_1 - C_2) 100}{C_1 (100 - C_2)}$$

Chigitning shikastlanish ko'rsatkichi  $M$  uchun quyidagicha emperik formula tavsiya etiladi.

$$M = \frac{a}{a + b} 100\%$$

Bu yerda  $a$ ,  $b$ -mexanik ta'sirida va uning ta'sirisiz shikastlangan chigitlar soni. Paxta o'ramlari xosil bo'lishi keyingi bosqichdagi texnologik jarayonlarga salbiy ta'sir o'tkazuvchi, masalan junlarda tola sifatini pasayishiga, uning tarkibida uzilgan tolalar, jgutlar xosil bo'lishiga olib keladi. O'ramlikni baholash uchun tozalangan paxtadan probalar olinib, ularning tarkibi o'rganilib, xulosalar beriladi. Oldin mayda iflosliklarni ajratadigan qurilmalar prinsiplarini, ularning parametrlarini xisoblash bilan shug'ullanamiz. Ma'ruzada asosan ko'p barabanli tozalagichlarga e'tibor beriladi. Barabanli tozalagichlarning ko'p turlari mavjud bo'lib, ular bir-biridan barabanlar soni (10-5 talik), qo'shimcha quritish jixozlari, xar xil konstruksiyali to'rlar yuzalar bilan farq qiladi.

#### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar:**

1. Paxta chiqindilari haqida ma'lumot. Ularni xom ashyo tarkibidan ajratish texnologiyasi.
2. Tozalagich texnologik mashinalar haqida ma'lumotlar.
3. Chiqindi zarracharining xom ashyo tarkibida joylashishi va ularni ushlab turuvchi kuchlarning mexanik tavsifi.
4. Zarrachani xom ashyoga birikish elastik va qovushqoq kuchlarni modellashtirish usullari va ulardan foydalanish.
5. Paxta bo'lakchasining zarba ta'siridagi harakati va uning tarkibidagi zarracha harakat tenglamasining ikki ko'rinishi.
6. Bo'lakcha harakat tenglamasining birinchi ko'rinishdagi yechimi va sonli tahlili.
7. Bo'lakcha harakat tenglamasining ikkinchi ko'rinishdagi yechimi va sonli tahlili.

8. Zarrachalarning sharsimon xom ashyo tarkibidan ajratish dinamikasi.
9. Xom ashyodan ajratilgan chiqindilar miqdorini aniqlash.
10. Tozalagich samaradorligini hisoblash.

## 6.2. Bo'lakchadan zarba ta'siridan chiqindilarini ajratishda qarshilik kuchining murakkab modellaridan foydalanish.

Tolali massa tarkibidagi chiqindi miqdori  $m_c$  bo'lsa, undagi qayishqoq element va quruq ishqalanish kuchiga bog'liqdir. Bu tola hajmi qayerda joylashganiga va chiqindilar 2 turga bo'linadi. Birinchi turga yuza qismidagi chiqindilar va ikkinchi turiga bir biriga tegib turadigan to'r qismi yuzasidagi chiqindilar kiradi. Bunday chiqindilarning burchak tezligi qoziqchali baraban tezligiga teng bo'ladi, bundan tashqari markazdan qochma kuchi ta'siri ostida ular to'rli yuza orqali xarakatlanadilar. Markaz bilan chiqindi orasidagi masofa  $r(t)$ , chiqindi tola jismi bilan bog'langan holda qayishqoq element orqali o'zgaruvchan bikirlik va chiqindining xarakatlanish tenglamasini yozamiz.

$$m_c \ddot{r} = m_c g \sin(\alpha + \omega t) + m_c \dot{r}^2 / R - k_c(r - R) \quad (6.2.1)$$

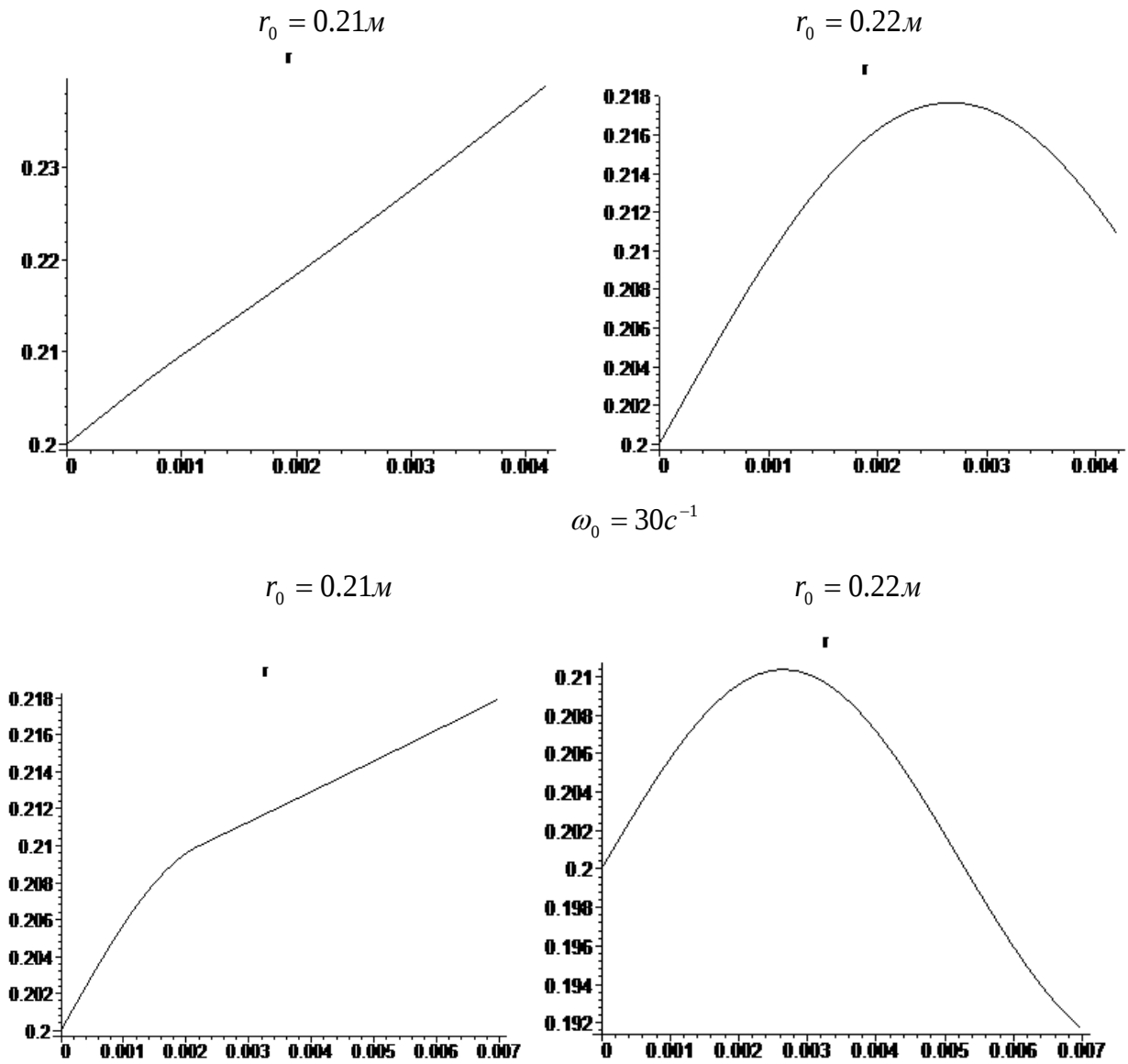
Bu yerda  $k$  – chiqindi bilan tolaning bog'liq bikirlik koefitsiyenti uning o'tishiga bo'liq funksiya  $r - R$ , ya'ni,  $k_c = k_c(r - R)$ , tajribalar  $k_c(z)$  orqali aniqlanadi va doimiy qisqaruvchi xarakatga egadir, toladan chiqindi ajratilganda hajm nolga aylanadi, ya'ni, bu funktsiyani doimiy bo'lakcha  $k_c(z)=0$  da  $z > z_0$  boshlang'ich holati o'zgartirilganda qoniqarli bo'lishi mumkin. Bu vaqtda  $k = k_0$  da  $z < z_0$  va  $k = 0$  da  $z > z_0$  chiqindining yuzasi tenglamada aniqlanadi  $k_c = k_1(z_0 - z)$  da  $z \leq z_0$  va  $k = 0$  dan  $z \geq z_0$ .

$r(t)$  o'zgarishi boshlang'ich shartga quyidagicha bo'ladi  $r = R$ ,  $\dot{r} = R\omega_b^2$  da  $t=0$ .

Shuningdek iflos zarrachaning ajralish vaqtida  $t=t_k$  to'rli yuza tekisligi quyidagicha aniqlanadi  $k[r(t_k) - R] = 0$ .

Agar iflos zarracha  $t_0 \leq t_k$  bo'lsa to'rli yuza bilan massa uchrashishidan oldin tark etadi, agar  $t_0 > t_k$  iflos zarracha to'rli yuzadagi massani tark etmasdan u bilan birga harakatni davom ettiradi va bu harakat natijasi 6.2.1-rasmda keltirilgan.

$$\omega_0 = 50c^{-1}$$



Rasm-6.2.1. Baraban tezliginig  $\omega_0$  har xil ko'rsatkichlardagi  $r_0$  vaqtga nisbatan aylanish tezligining  $r(t)(m)$  ga bog'liqligi.

Ifloslikning ikkinchi turi esa baraban markazidan  $r_1$  radius uzoqlikda joylashgan chiqindilar kiradi  $r_1 < R$ . Bunday holatda iflosliklar tolali massaning ichiga kirishga harakat qiladi, iflosliklar aylanma harakat qiladi. Iflosliklarni harakat tengligini, o'ylaymizki, ifloslik va tola o'rtasidagi kuch ta'sir qiladi, shunday qilib ishqalanish kuchi tolali massa va undagi iflosliklar bilan bog'liq. Hisoblaymizki ishqalanish kuchi iflosliklar urinma harakati trayektoriyasiga bo'g'liq, iflosliklar tolali massaga nisbatan burchakli harakat qiladi.

Koordinata boshini baraban markaziga joylashtiramiz, iflosliklar holatini  $(x,y)$  tekisligida  $xOy$  koordinatasi bo'yicha aniqlaymiz.

$$x = r(t)\sin\theta, \quad y = r(t)\cos\theta \quad (6.2.2)$$

Ifloslikning kinetik energiyasini tuzamiz:

$$T = \frac{m_c}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) = \frac{m_c}{2}(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2) \quad (6.2.3)$$

Ifloslikga  $Ox$  va  $Oy$  proeksiyalari bo'yicha quyidagi kuchlar ta'sir qiladi.

1. Ifloslikning og'irlik kuchi

$$X_1 = 0, Y_1 = -m_c g \quad (6.2.4)$$

2. Iflos zarachaning tola bilan ilashish kuchi,  $r-R$  masofaga bog'liq.

$$X_2 = -k_c(r-R)(r-R)\sin\theta, \quad Y_2 = -k_c(r-R)(r-R)\cos\theta \quad (6.2.5)$$

3. Tolali massa yuzasidagi ifloslikning ishqalanish kuchi

$$X_3 = -mgf \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}}, \quad Y_3 = -mgf \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}} \quad (6.2.6)$$

$r$  koordinatasini uchrashish nuqtasida umumlashtirilgan kuchini topamiz.

$$Q_r = (X_1 + X_2 + X_3)\frac{\partial x}{\partial r} + (Y_1 + Y_2 + Y_3)\frac{\partial y}{\partial r}$$

(6.4)-(6.6) formulalaridan foydalangan holda quyidagini topamiz.

$$Q_r = -k_c(r-R)(r-R) - \frac{mgf\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}} - mg\cos\theta \quad (6.2.7)$$

Lagranj II turidagi tenglikni tuzamiz.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{r}}\right) - \frac{\partial T}{\partial r} = Q_r$$

(6.3) formulasiga kinetik inergiyani qo'yib va umumlashgan kuch (6.2.7) o'zgaruvchan  $r$  uchun tenglikni aniqlaymiz.

$$m_c\ddot{r} = m_c\dot{\theta}^2 r^2 - k_c(r-R)(r-R) - \frac{m_c g f \dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}} + m_c g \sin\theta \quad (6.2.8)$$

Agar burchakli ko'chish  $\theta = \theta(t)$  ma'lum bo'lsa (6.2.8) tenglama  $r=R$   $t=0$  bo'lganda sharti bilan yechiladi. 6.2.2-rasmda  $r(t)$  ( $m$ ) masofa va ifloslik ajralish

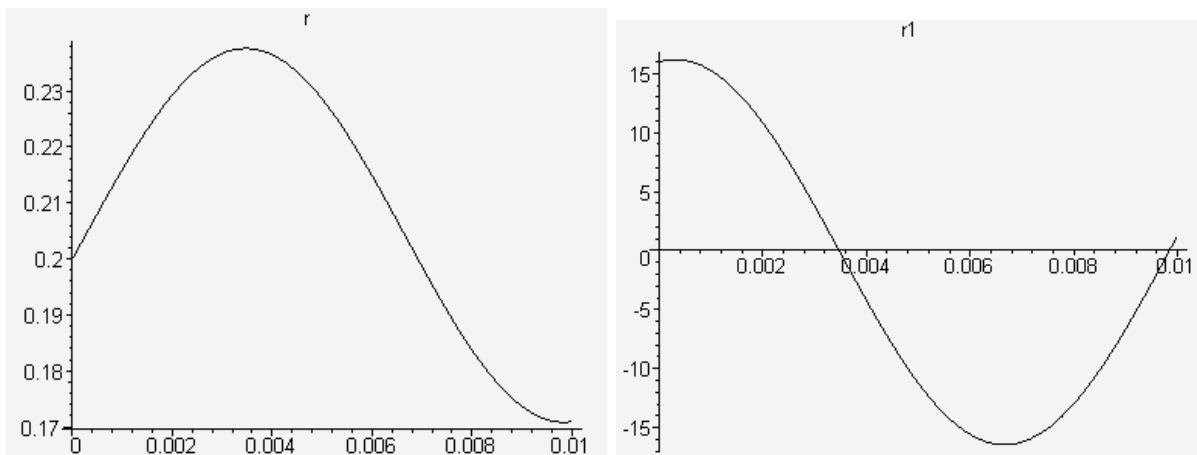
tezligi  $r(t)$  (m)  $\theta = \omega_b t$   $k_c = k_{c0} = \text{const}$  bo'lganda keltirilgan. Hisoblashlar parametr  $\omega_{**} = \sqrt{k_c / m_c}$  (1/cek) har xil qiymatlarida aniqlandi. Kichik massaga ega bo'lgan iflos zarrachalar bu ko'rsatkichda katta ahamiyatga ega bo'ladi. Shuning uchun hisoblashlar  $\omega_{**} > 500$  1/cek formulada hisoblandi.

Shunindek hisoblashlarda quyidagi ko'rsatkichlar qo'llanilgan:

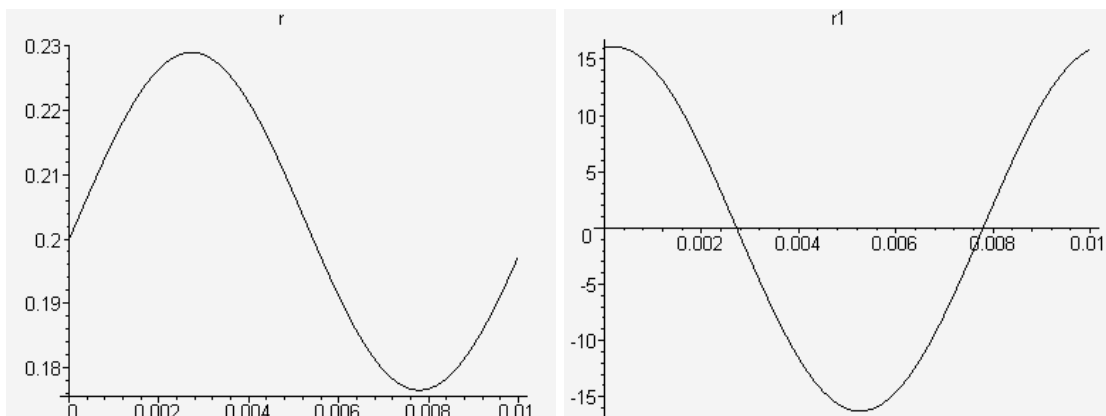
$$R = 0.2M, \omega_b = 80 \text{ 1/cek}, f = 0.3, \theta_0 = 20^\circ, \sqrt{k/m} = 80 \text{ 1/cek}$$

Ko'rinib turibdiki, bu parametr iflos zarrachalarni ajratishda muxim ahamiyatga ega, mayda iflos zarrachalar xam massa tarkibidan tez chiqib ketadi, masalan, mayda zarrachalar cho'zilish hisobi  $\delta=0.02$ , bo'lganda iflos zarrachalar uchun  $\omega_{**}$  quyidagi qiymatni  $\omega_{**} < 1000$  qabul qiladi va tolali massadan chiqib ketadi. Qolgan iflos zarrachalar  $\omega_{**} > 1000$  bo'lganda boshlang'ich tezligi tolali massadan ajralishi uchun yyyetarli bo'lmaydi. Agar barabanni tezligi  $\omega_b = 120 \text{ sek}^{-1}$  bo'lganda  $\omega_{**} = 1000$  parametrli iflos zarracha xam tolali massa tarkibidan ajraladi.

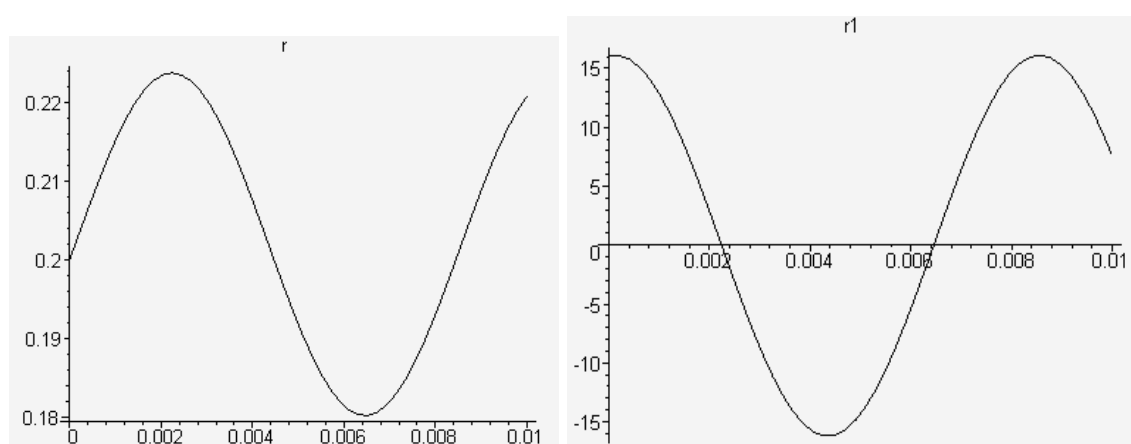
$$\omega_{**} = 500c^{-1}$$



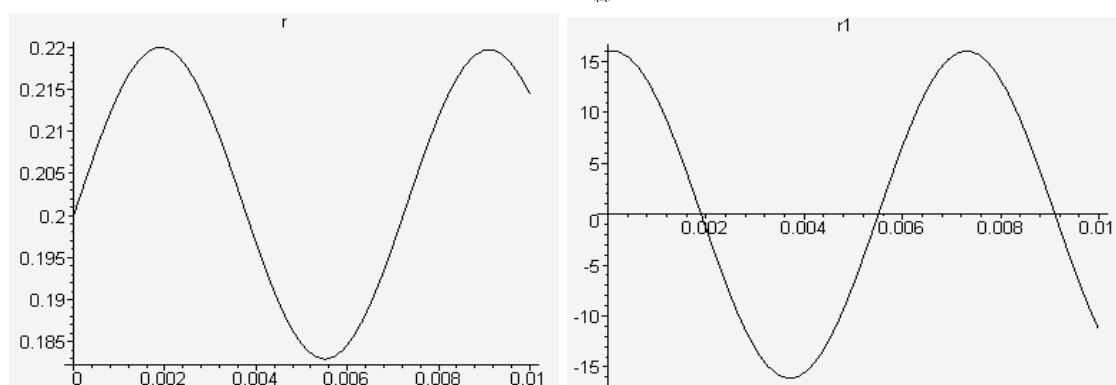
$$\omega_{**} = 625c^{-1}$$



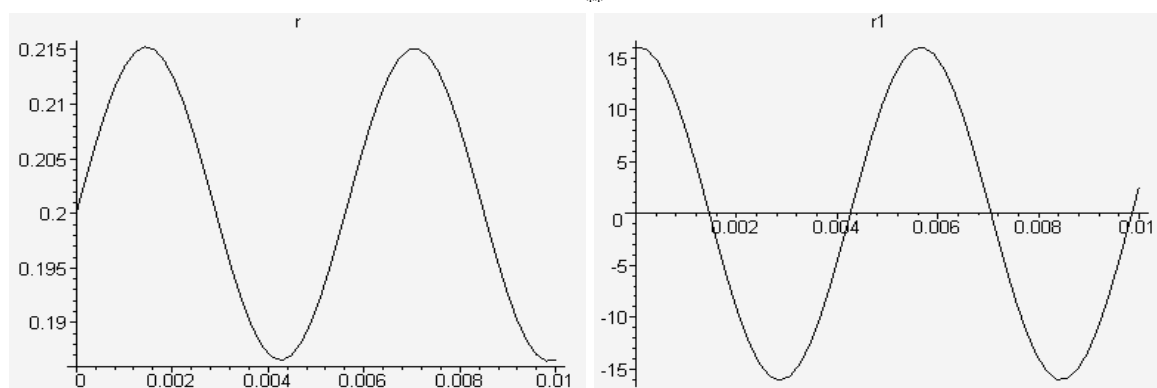
$$\omega_{**} = 750c^{-1}$$



$$\omega_{**} = 875c^{-1}$$



$$\omega_{**} = 1125c^{-1}$$



Rasm 6.2.2. Xar xil parametrlar uchun  $\omega_{**}(c^{-1})$  vaqtga nisbatan tezlik  $r_1 = \dot{r}(e)$  va xarakatning bog'liqligi  $r(t)$

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Paxta xomashyosi tarkibigadi chiqindi zarrachasi va tola orasidagi o'zaro bog'lanish kuchlarining to'la tahlili.
2. Bo'lakli chiziqli (1-ko'rinishdagi) bog'lanish kuchining kuchining analitik ifodasi
3. Kulon qonuni bilan ifodalanadigan (2-ko'rinishdagi) bog'lanish kuchining analitik ifodasi va uning mexanik tahlili.
4. 1-ko'rinishdagi bog'lanish kuchi bo'lgan xol uchun zarracha xarakat tenglamasi
5. 2- ko'rinishdagi bog'lanish kuchi bo'lgan xol uchun zarracha xarakat tenglamasi
6. 1 va 2-ko'rinishdagi bog'lanish kuchlari birgalikda bo'lgan xol uchun zarracha xarakat tenglamasini keltirish va uni integrallash
7. 1-ko'rinishdagi bog'lanish kuchi bo'lgan xol uchun zarracha trayektoriyasi
8. 2-ko'rinishdagi bog'lanish kuchi bo'lgan xol uchun zarracha trayektoriyasi
9. 1 va 2-ko'rinishdagi bog'lanish kuchlari birgalikda bo'lgan xol uchun zarracha xarakat trayektoriyasini keltirish va uning tahlili
10. Zarrachalarni xomashyo tarkibidan ajratishda bog'lanish kuchlarini bog'lash.

### **6.3. Konturi egri bo'lgan turli yuzada xarakatlanayotgan yakka xom ashyo bo'lakchasi tarkibidan ifloslik zarrachasini (zarba va sudrash) usullari vositasida ajratish.**

Chigitli paxta xom ashyosini dastlabki ishlash texnologiyasida tolani chigitdan ajratish jaryonida xom ashyo ayrim iflosliklardan tozalanadi. Iflosliklar yirik, mayda organik aralashmalardan iborat bo'lib, ularni xom ashyodan tozalash uchun maxsus texnologik jarayonlar amalga oshiriladi. Tozalash texnologiyasida chigitli paxtani ifloslanish ikki ko'rsatkichi bilan baholanadi. Birinchisi bilan xom ashyo tarkibidagi iflosliklar miqdoriy baholanadi, ikkinchisi sifat ko'rsatkichi bo'lib, bu ko'rsatkich vositasida ifloslik zarrachalarining o'lchamlari va ularning xom ashyodagi tola bilan

birikkan kuchlari baholanadi. Iflosliklar o'lchamlariga qarab xom ashyoning sirtida va ichki soxasida tarqalgan bo'ladi. Bu yerda mayda zarrachalar xom ashyo (paxta bulakchalari) ichki soxasiga chuqurroq joylashgan bo'lib, ularni xom ashyodan ajratish ancha murakkab bo'ladi, ularga yuqori darajadagi zarba va silkitish ta'sirlarini berish zarur bo'ladi. Bunday xolat tola massasini iflosliklardan tozalash jarayonida xam mavjud bo'ladi. Biz asosiy e'tiborimizni xom ashyo tarkibidan mayda iflosliklardan tozalash muammosiga qaratamiz va shu munosabat bilan ma'ruzada mayda zarrachalarni tola massasi tarkibidan ajratib olish modeli haqida so'z yuritiladi. Zarrachani tola tarkibidan ajratib olish mexanizmi juda murakkab bo'lib, uni nazariy yetarli o'rganilmagan. Buning sababi zarracha bilan tola orsidagi bog'lanish kuchlari ma'lum emas. Odatda qo'llaniladigan kuchlar sxemasi jarayonini tavsiflash uchun etarili emas. Shuning uchun bu jaraenni boshka usullar bilan urganish maksadga muvofikdir. Kuzatishlar natijalari statistika asosida qayta ishlansa, dastlabki xulosalarni qilish mumkin. Agar tola turli yuza buylab xarakatda bo'lsa, qisman zarrachalar yuzadan ajralib chiqishi mumkin. Tolaga zarba yoki silkitish kuchi ta'sir etsa, u holda zarrachalarda tolaga nisbatan xarakat sodir bo'ladi, bu o'z navbatida uni yuzadan ajralib ketish intensivligini oshiradi. Tola massasining turli yuza buylab xarakati davomida uning tarkibidagi zarracha bilan turli yuza orasida kontakt kuchi xosil bo'lib, uning ta'siri ostida zarrachalar fazoviy xarakatga keladi, buning natijasida ularning bir qismi yuzaning ochik joylaridan tashqariga chiqib ketadi. Shunday mexanizmni tavsiflash uchun A.G.Sevost'yanov tomonidan model taklif etilgan. Bu modelga ko'ra, turli yuzadagi zarracha miqdorining kamayishi uning miqdoriga va yuza buylab xarakat tezligiga proporsional bo'ladi. Shu model asosida yolg'iz paxta bo'lakchasi tarkibidan ifloslik zarrachalarini ajratish jarayonini nazariy o'rganib chiqamiz. Zarracha ajralish jarayonini modellashtirishdan oldin paxta bo'lakchasining turli sirt ustidagi tezligini aniqlash lozim bo'ladi. Faraz qilaylik, boshlang'ich massasi  $M_0$  bo'lgan paxta bo'lakchasi  $t=0$  momentdan boshlab turli yuzada xarakatda bo'lib, zarrachalar ajralishi sababli uning massasi  $M$  ga teng bo'lsin. Koordinata boshini  $O$  nuqtada olib,  $Ox$  o'qini gorizont bo'ylab o'ngdan chapga, ordinata o'qi  $Oy$ ni unga perpendikulyar qilib yuqoridan pastga

yo'naltiramiz (13.1-rasm). Bo'lakcha yuzada  $BC$  egri chiziqli bo'ylab bir o'lchovli xarakat qiladi. Polyar qutbini  $O$  nuqtada o'rnatib,  $BC$  egri chiziqli tenglamasini qutb koordinata sistemasida  $r = r(\varphi)$  deb qabul qilamiz. Bo'lakcha turli yuzaning  $B(\varphi_0, r_0)$  nuqtasidan boshlab xarakat qiladi va  $C(\varphi_1, r_1)$  nuqtada yuzadan chiqib ketadi (Bu yerda  $r_0 = r(\varphi_0)$ ,  $r_1 = r(\varphi_1)$ ). Faraz qilaylik  $t > 0$  momentda bo'lakcha  $BC$  chiziqli  $A(r(\varphi), \varphi)$  nuqtasida bo'lib  $B$  nuqtadan  $s$  masofada bo'lsin. Bo'lakchaning massasi o'zgarmas moddiy nuqta deb qabul qilamiz va uning  $BC$  chiziqli ustidagi xarakat tenglamasi va normal kuch ifodasini S.M. Targ adabiyotidan foydalanib yozamiz.

$$M_0 \frac{d^2 s}{dt^2} = T + M_0 g \sin \psi, \quad N = \frac{M_0 \dot{s}^2}{\rho(\varphi)} - M_0 g \cos \psi \quad (6.3.1)$$

Bu yerda kontakt saqlanishi uchun  $N > 0$  deb qabul qilinishi lozim,  $\psi$  -  $BC$  chiziqli  $A$  nuqtasidan o'tkazilgan urinmaning  $Ox$  o'qi bilan tashkil etgan burchagi.

$$x = r(\varphi) \cos \varphi, \quad y = r(\varphi) \sin \varphi \text{ bog'lanishlarni va } \operatorname{tg} \Psi = y'(x) = \frac{\frac{dy}{d\varphi}}{\frac{dx}{d\varphi}} \text{ tenglikdan}$$

foydalansak, quyidagi ifodani olamiz

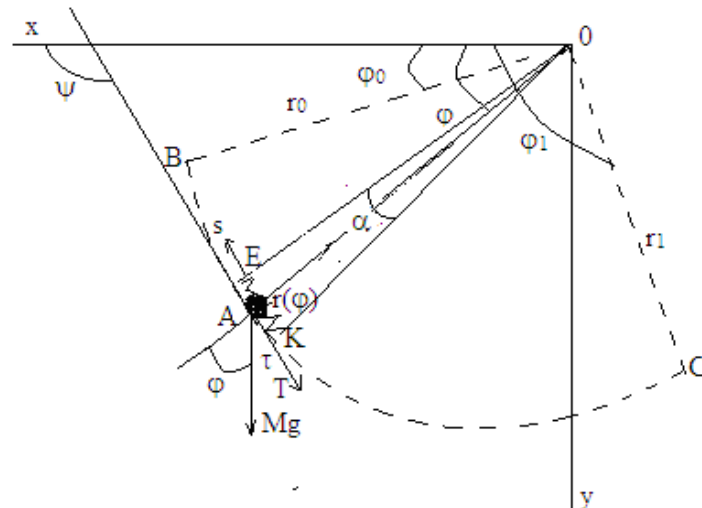
$$\operatorname{tg} \psi = \frac{r' \sin \varphi + r \cos \varphi}{r' \cos \varphi - r \sin \varphi}, \quad \sin \psi = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \psi}} = \frac{r' \sin \varphi + r \cos \varphi}{\sqrt{r^2 + r'^2}}, \quad \cos \psi = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \psi}} = \frac{r' \cos \varphi - r \sin \varphi}{\sqrt{r^2 + r'^2}}, \quad \rho = \frac{(r^2 + r'^2)^{3/2}}{r^2 + 2r'^2 - rr'}$$

(6.3.1) tenglamada  $T$  bilan bo'lakchaga ta'sir etayotgan urinma kuchlar yig'indisi belgilangan. Bu yo'nalishda bo'lakchaga og'irlik kuchining proektsiyasi, Kulon kuchi, xamda qoziqcha orqali bo'lakchaga zarba kuchi ta'sir etadi. Bo'lakcha zarba kuchini qisman so'ndiradi. Shuning uchun, bu kuchni bo'lakcha bilan qoziqcha ko'chishlari va tezliklarining ayirmasiga proporsional qilib olamiz.  $T = -fN + k(v_0 t - s) + \eta(v_0 - \dot{s})$ . Bu yerda  $f$  - keltirilgan ishqalanish koeffitsienti, (uni xisoblash uchun quyidagi formula tavsiya etiladi  $f = f_0(1 - S/S_0)$ ,  $f_0$  - yopiq (tursiz)

sirt bilan bo'lakcha orasidagi ishqalanish koeffitsienti,  $S_0$  - uning yuzasi,  $S$  - turli yuza yopiq qismining yuzasi,  $v_0$  - qoloq chiziqli tezligi,  $k, \eta$  - elastiklik va qovushqoqlik proportsionallik koeffitsientlari odatda yakka bo'lakcha ikkita kolosnik ta'sirida bo'ladi, shuning uchun tenglamada  $T$  ning ikkilangan qiymati olinadi.

Yuqoridagi ifodalar e'tiborga olinsa, (6.3.1) tenglamalar quyidagi ko'rinishni oladi.

$$M_0 \ddot{s} = -2k(s - v_0 t) - 2\eta(\dot{s} - v_0) + \frac{M_0 g}{\sqrt{r^2 + r'^2}} [r' \sin \varphi + r \cos \varphi + f r' \cos \varphi - r \sin \varphi] - f M_0 \dot{s}^2 \frac{r^2 + 2r'^2 - rr'}{\sqrt{r^2 + r'^2}} \quad (6.3.2)$$



6.3.1-rasm. Bo'lakchanning turli yuza sirtida harakat sxemasi

Bu tenglama bilan birga masofa  $s$  bilan qutb burchagi  $\varphi$  orasidagi differentsial bog'lanishni qaraymiz

$$\dot{s} = \dot{\varphi} \sqrt{r^2 + r'^2} \quad (6.3.3)$$

(6.3.2) va (6.3.3) tenglamalar masofa  $s = s(t)$  va qutb burchagi  $\varphi = \varphi(t)$  aniqlash uchun sistemani tashkil etadi. Bu sistema  $s(0) = 0$ ,  $\dot{s} = v_k$ ,  $\varphi(0) = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi}(0) = v_k / \sqrt{r_0^2 + r'^2(\varphi_0)}$  shartlarda integrallanadi. Bu yerda  $v_k$  bo'lakchanning boshlang'ich tezligi. Odatda bo'lakcha turli yuzada ikki kolosnik orasida joylashgan bo'lib, elastiklik elementi ta'sirida uning harakati murakkab bo'lib, kolosniklar bilan

birgalikda, hamda ularga nisbatan nisbiy harakatda bo'ladi. Shuning uchun uning absolyut ko'chishini yig'indi  $s = v_9 t + s_0(t)$  ko'rinishida olib, (6.3.2) tenglamani nisbiy ko'chish  $s_0(t)$  ga nisbatan yozamiz.

$$M_0 \ddot{s}_0 = -2ks_0 - 2\eta \dot{s}_0 + \frac{M_0 g}{\sqrt{r^2 + r'^2}} [r' \sin \varphi + r \cos \varphi + f r' \cos \varphi - r \sin \varphi] - f M_0 (v_0 + \dot{s}_0)^2 \frac{r^2 + 2r'^2 - rr'}{\sqrt{r^2 + r'^2}} \quad (6.3.4)$$

$$\dot{s}_0 = \dot{\varphi} \sqrt{r^2 + r'^2} - v_0 \quad (6.3.5)$$

(6.3.4) va (6.3.5) tenglamalari echish uchun quyidagi boshlang'ich shartlar qabul qilinadi  $s_0 = 0$ ,  $\dot{s}_0 = v_k - v_0$ ,  $\varphi(0) = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi}(0) = v_k / \sqrt{r_0^2 + r'^2}(\varphi_0)$

Xususan  $BC$  egri chiziq aylana bo'lsa, u holda  $r = r_0 = r_1$ ,  $r' = 0$  bo'lib, (6.3.2) tenglama  $\varphi = v_9 t / r_0 + \varphi_*(t) + \varphi_0$  tenglikni e'tiborga olgan holda nisbiy  $\varphi_*$  burchakni topish quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\ddot{\varphi}_* = -\frac{2k\varphi_*}{M_0} - \frac{2\eta\dot{\varphi}_*}{M_0} + \frac{g}{r_0} [\cos(\varphi_* + v_0 t / r_0 + \varphi_0) - f \sin(\varphi_* + v_0 t / r_0 + \varphi_0)] - f(\dot{\varphi}_* + v_0 / r_0)^2 \quad (6.3.6)$$

(6.3.6) tenglama  $\varphi_*(0) = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi}_*(0) = (v_k - v_0) / r_0$  shartlarda sonli usul bilan echiladi.  $\pi$ -teoremasidan foydalanib (4) tenglamani o'lchamsiz birliklarda yozamiz

$$\varphi_*'' + \omega^2 \varphi_* + 2n\varphi_*' + f(\varphi_*' + \bar{v}_0)^2 - \cos(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau) + f \sin(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau) = 0 \quad (6.3.7)$$

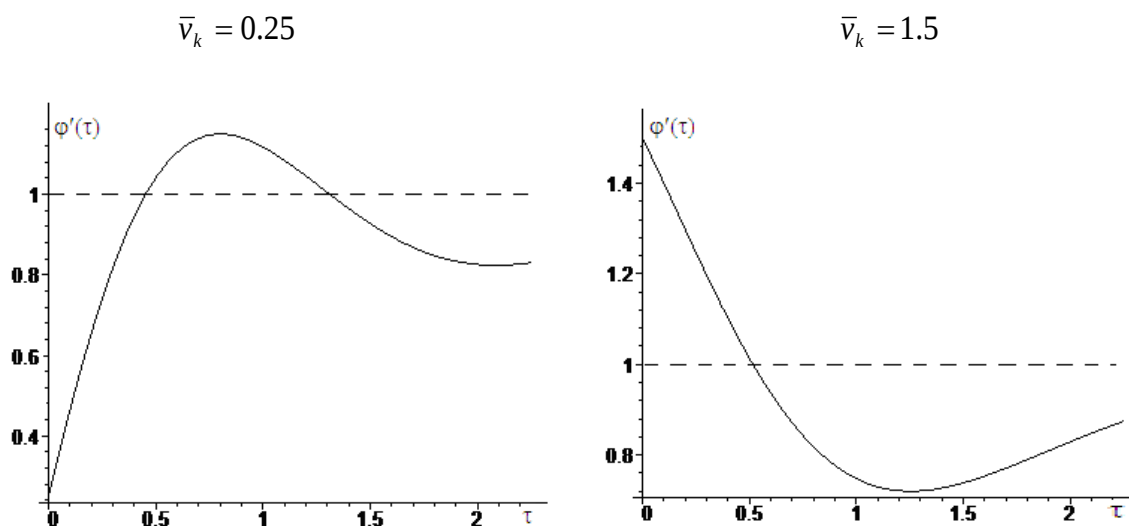
Bu yerda

$$\varphi_*' = \frac{d\varphi_*}{d\tau}, \quad \varphi_*'' = \frac{d^2\varphi_*}{d\tau^2}, \quad \tau = t\sqrt{g/r_0}, \quad \omega^2 = \frac{2kr_0}{M_0 g}, \quad n = \frac{\eta}{M_0} \sqrt{\frac{r_0}{g}}, \quad \bar{v}_0 = v_0 / \sqrt{r_0 g},$$

Boshlang'ich shartlar quyidagicha bo'ladi

$$\varphi_*(0) = 0, \quad \dot{\varphi}_*(0) = \bar{v}_k - \bar{v}_0 \quad (\bar{v}_k = v_k / \sqrt{r_0 g})$$

**6.3.1-misol.** Parametrlar  $f = 0.3$ ,  $\bar{v}_0 = 1$ ,  $\varphi_0 = 30^\circ$ ,  $\varphi_1 = 120^\circ$   $\omega^2 = 5$ ,  $n = 1$  qiymatlarini kabul qilsa, bo'lakchanning burchak tezligi xar hil  $\bar{v}_k$  ning xar hil qiymatlarida  $\varphi'(\tau)$  hisoblansin. **Echish.** (6.3.7) tenglama *Maple-8* dasturida Runge-Kutta usuli bilan sonli echiladi.



6.3.2-rasm. Bo'lakcha o'lchamsiz burchak tezligi  $\phi'$  ning  $\bar{v}_k = v_k / \sqrt{gr_0}$  xar hil qiymatlarida o'lchamsiz vaqt  $\tau = t\sqrt{g/r_0}$  bo'yicha o'zgarish grafiklari.

6.3.2-rasmda bo'lakchanning  $BC$  chiziq bo'ylab tezligi  $\phi'(\tau)$  larning o'lchamsiz vaqt  $\tau = t\sqrt{g/r_0}$  bo'yicha o'zgarish  $\bar{v}_k$  ning xar hil qiymatlaridagi grafiklari keltirilgan.

Punktir chiziq bilan bo'lakcha kolosnik bilan absolyut bog'langan holidagi ( $k \rightarrow \infty$ ) tezligi ko'rsatilgan. Grafiklar tahlili bo'lakcha sirtining elastik xususiyati uning tezligiga muhim ta'sir o'tkazishi mumkinligini ko'rsatyapti. Agar bo'lakchanning boshlang'ich tezligi  $v_k < v_0$ , bo'lsa, vaqt davomida bo'lakcha qoziqcha tezligiga erishib to'plangan elastik kuch ta'sirida uning tezligidan qisman oshishi, agar  $v_k \geq v_0$  bo'lsa, bo'lakcha, elastik kuchning qovushqoqlik xususiyati sababli, o'z tezligini yo'qotish mumkinligi kuzatilyapti.

Paxta bo'lakchasining turli yuzaning  $BC$  chizig'i bo'ylab harakat tezligi ma'lum bo'lgandan so'ng, A.G.Sevastyanov modeli asosida zarrachalarning bo'lakcha tarkibidan ajralish jarayonini nazariy ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, bo'lakchanning  $BC$  chizig'i bo'ylab harakati davomida massasi kamayib  $M$  ga teng va  $\Delta t$  davomida uning massasi zarrachalar ajralgani sababdir.  $dM$  ga kamaysin, ya'ni  $M - dM$  ga teng bo'lsin. A.G.Sevast'yanov modeliga ko'ra uning nisbiy kamayishi quyidagi tenglikni bajarishi lozim.

$$dM / M = -\lambda \dot{s} \bar{N} dt \quad (6.3.8)$$

$$\text{Bu yerda } \lambda - \text{proportsionallik koeffitsienti. } \bar{N} = N / M_0 g, \quad N - \quad (6.3.1)$$

formuladagi normal kuch. A.G.Sevast'yanov modelida bu kuch hisobga olinmagan. Agar  $N \leq 0$  bo'lsa, u holda zarracha ajralish jarayoni bo'lmaydi, chunki bu holda bo'lakcha bilan turli yuza orasida kontakt buziladi. Agar yuqoridagi A.G.Sevast'yanov modeli qo'llaniladigan bo'lsa, u holda  $N > 0$  sharti tekshirilishi lozim bo'ladi. (6.3.8) tenglamani  $M(0) = M_0$  (Bu yerda  $M_0$ - bo'lakchanning zarrachalar massasi bilan birgalikdagi massasi) sharti bilan integrallab, topamiz

$$M = M_0 \exp \left( - \int_0^t \lambda \dot{s}(t) \bar{N} dt \right)$$

$$\text{Hususan } r = r_0 = \text{const}, \text{ deb olinsa, u holda integralga } dt = \sqrt{\frac{r_0}{g}} d\tau, \quad \dot{s} = (\bar{v}_0 + \varphi'_*) \sqrt{r_0 g},$$

$\bar{N} = (\bar{v}_0 + \varphi'_*)^2 + \sin(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau)$  ifodalarni qo'yish kerak:

$$M / M_0 = r_0 \exp \left( - \int_0^\tau \lambda (\bar{v}_0 + \varphi'_*) [(\bar{v}_0 + \varphi'_*)^2 + \sin(\varphi_* + \varphi_0 + \bar{v}_0 \tau)] d\tau \right), \quad (3.13.9)$$

Agar A.G.Sevast'yanov modeli qo'llanilsa:

$$M / M_0 = r_0 \exp \left( - \int_0^\tau \lambda (\bar{v}_0 + \varphi'_*) d\tau \right)$$

formulasini olamiz va  $N > 0$  sharti tekshirish lozim bo'ladi. Bo'lakchadan ajralib ketgan zarracha miqdori  $M_0 - M$  ga teng bo'lib, ushbu nisbat

$$\varepsilon = \frac{M_0 - M}{M_0} = 1 - r_0 \int_0^\tau \lambda (\bar{v}_0 + \varphi'_*) [(\bar{v}_0 + \varphi'_*)^2 + \sin(\bar{v}_0 \tau + \varphi_0 + \varphi_*)] d\tau \quad (6.3.10)$$

zarrachalarni ajratishda qo'llanilayotgan texnologik mashinaning tozalash samaradorligini aniqlaydi. 6.3.3- rasmda samaradorlikni (foizda) (6.3.9) (a- grafiklar) va (6.3.10) (b- grafiklar) formulalar yordamida hisoblash natijalari  $\lambda_0 = r_0 \lambda = \text{const}$ , xar hil qiymatlarida  $\tau$  bo'yicha o'zgarish grafiklari keltirilgan.

Agar bo'lakchanning elastiklik va qovushqoqlik xususiyatlarini e'tiborga olinmasa, u holda zarrachalarni ajratish jarayoni bo'lakchanning turli sirt ustida normal kuchning bosim ostida qoziqchalarning «sudrash» natijasida sodir bo'lish mexanizmi deb qarash mumkin bo'ladi. U holda  $\varphi_* = 0$ ,  $\varphi' = \bar{v}_0$  bo'lib, yuqorida taklif etilgan

model (6.3.10) ga asosan bo'lakcha massasining kamayish tenglamasini quyidagi sodda ko'rinishda yozish mumkin bo'ladi.

$$\frac{dM}{M} = -\lambda_0 \bar{v}_0 (\bar{v}_0^2 + \sin \bar{v}_0 \tau) d\tau$$

Bu yerdan  $M(0) = M_0$  sharti bilan integrallab, topamiz

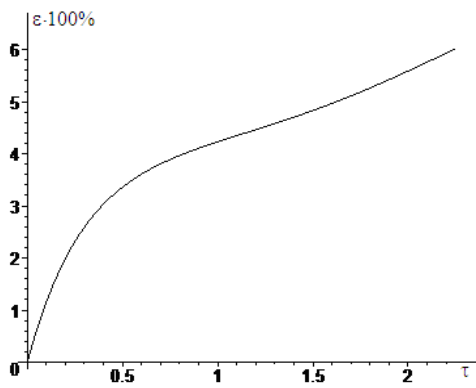
$$M = M_0 \exp[-\lambda_0 (\bar{v}_0^3 \tau + 1 - \cos(\bar{v}_0 \tau + \varphi_0))]$$

Zarrachalarni ajratish samaradoligini nazariy hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi

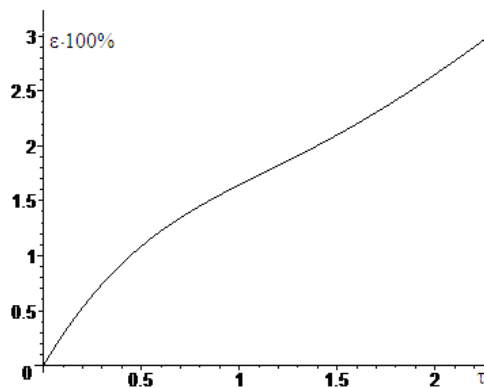
$$\varepsilon = 1 - \exp[-\lambda_0 (\bar{v}_0^3 \tau + 1 - \cos(\bar{v}_0 \tau + \varphi_0))] \quad (6.3.11)$$

$$\lambda_0 = 0.015$$

a)

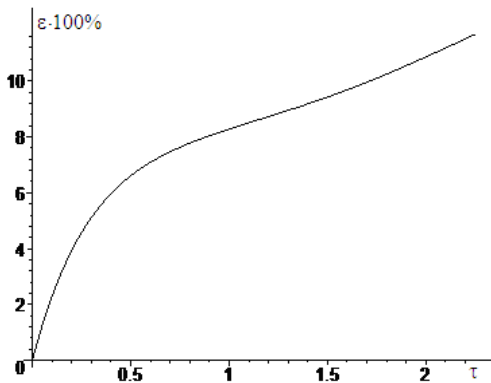


b)

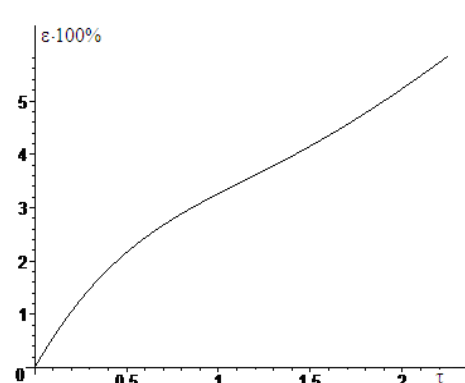


$$\lambda_0 = 0.03$$

a)



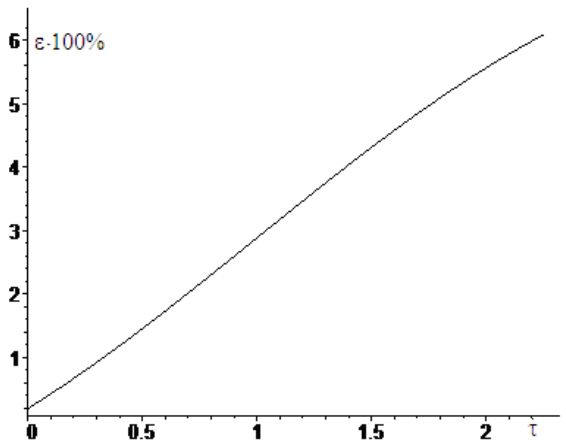
b)



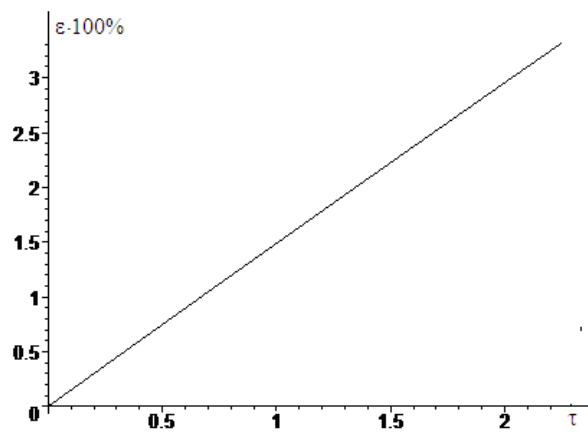
6.3.3- rasm. Zarrachalar ajratish nazariy samaradorligi ko'effitsientining (foizda) normal kuch ta'siri e'tiborga olganda (*a* - chiziqlar) va olmaganda (*b*-chiziqlar) xar hil  $\lambda_0$  da  $\tau$  bo'yicha o'zgarish grafiklari.

$$\lambda_0 = 0.015$$

a)

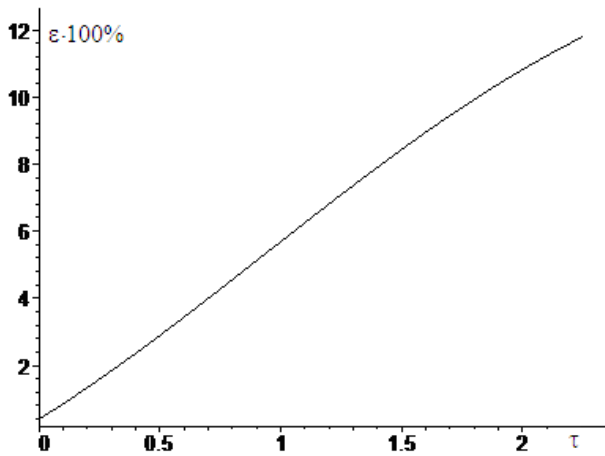


b)

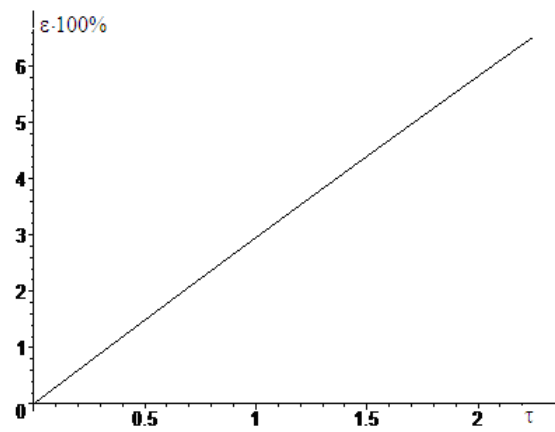


$$\lambda_0 = 0.03$$

a)



b)



6.3.4-rasm. Zarrachalar ajratish nazariy samaradorligi ko'effitsientining normal kuch ta'siri e'tiborga olganda (*a* - chiziqlar) va olmaganda (*b*-chiziqlar) xar hil  $\lambda_0$  da  $\tau$  bo'yicha o'zgarish grafiklari.

6.3.4- rasmda samaradorlikni (6.3.11) formula yordamida hisoblash natijalari  $\lambda_0 = r_0 \lambda = \text{const}$ , xar hil qiymatlarida  $\tau$  bo'yicha o'zgarish grafiklari keltirilgan.

Faraz qilaylik tozalash kamerasidagi silindrli turli yuzaga uzluksiz ravishda sarfi  $Q$  (kg/min) bo'lgan mahsulot kelib tushsin. Quyidagi farazlarni qabul qilamiz:

1) Massaning tozalanish sohasi silindrik qatlam  $R - h < r < R$ ,  $\varphi_0 \leq \alpha \leq \varphi_n$  bo'lib, bu soha  $n$  ta sektordan iborat ( Bu yerda  $n$  - qoziqchalar soni) .  $\varphi_{j-1} \leq \alpha \leq \varphi_j$  ( $j = 1 \dots n$ ,  $\alpha_n = \varphi_n$ )

2) Harakatdagi qatlamning qalinligi turli yuza radiusi  $r_0 = R$  ga nisbatan yetarli darajada kichik  $h \ll R$ , shuning uchun  $r = R$ .

3) Qatlamning harakati statsionar va uning radial tezligi nolga teng.

4) Qatlamdagi bosim o'zgarmas va urinma tezlik (sirt bo'ylab)  $v$  polyar radiusiga bog'liq emas. Qatlamdagi massaning harakat tenglamasini og'irlik va ishqalanish kuchini e'tiborga olgan holda har bir sektor uchun Eyler formasida yozamiz.

$$-\rho_j \frac{v_j^2}{R} = \rho_j g \sin \alpha - N_j, \quad \rho_j \frac{v_j dv_j}{R d\alpha} = \rho_j g \cos \alpha - f N_j \quad \varphi_{j-1} \leq \alpha \leq \varphi_j \quad (6.3.12)$$

Bu yerda  $\rho_j$ ,  $v_j$ ,  $N_j$  -  $j$  sektordagi massaning zichligi, urinma tezligi va normal kuch ifodalari (6.3.1) ning birinchi tenglamasidan  $N_j$  aniqlab ikkichisiga qo'yamiz va  $v_j$  topish uchun tenglama hosila olamiz.

$$\frac{v_j dv_j}{R d\alpha} = g(\cos \alpha - f \sin \alpha) - f \frac{v_j^2}{R} \quad \varphi_{j-1} \leq \alpha \leq \varphi_j \quad (6.3.13)$$

(6.3.13) tenglamalar  $v_j = v_0$  agar  $\alpha = \varphi_{j-1}$  bo'lganda shartida integrallanadi:

$$v_j = \sqrt{2u_j}, \quad u_j = \frac{v_0^2}{2} \exp[-2f(\alpha - \varphi_{j-1})] + gR \int_{\varphi_{j-1}}^{\alpha} (\cos \alpha - f \sin \alpha) \exp(-2f(\varphi_{j-1} - \alpha)) d\alpha$$

Integrallarni hisoblab,  $u_j$  lar uchun quyidagi ifodalarni olamiz

$$u_j = \frac{v_0^2}{2} \exp[-2f(\alpha - \varphi_{j-1})] + Rg \exp(-2f\alpha) \{F_1(\alpha) - F_1(\varphi_{j-1}) + 2f[F_2(\alpha) - F_2(\varphi_{j-1})]\} / (4f^2 + 1)$$

Bu yerda

$$F_1(\alpha) = (\sin \alpha - 2f \cos \alpha) \exp(2f\alpha), \quad F_1(\alpha) = (\cos \alpha - 2f \sin \alpha) \exp(2f\alpha)$$

A.G.Sevast'yanov modeli asosida har bir sektordagi tola massasining zarrachalar ajralgandan so'ng kamayish differentsial formulasini yozamiz

$$\frac{d\rho_j}{\rho_j} = -\lambda v_j(\alpha) d\alpha$$

Bu ifodani integrallab, xom ashyo zichligining kamayish rekkurent formulasini olamiz

$$\rho_j = \rho_{j-1} \exp\left(-\int_{\varphi_{j-1}}^{\alpha} \lambda v_j(\alpha) d\alpha\right)$$

Hususiyl holda massa tezligi o'zgarimas  $v_j = v_0$  va  $\lambda = \text{const}$  bo'lsa, u holda ( $\lambda_0 = \lambda v_0$ )

$$\rho_j = \rho_{j-1} \exp[-\lambda_0(\alpha - \varphi_{j-1})]$$

Agar tolani tozalashdan oldin zichligi  $\rho_0$  bo'lsa, u holda  $j$  sektordan ajralgan zarrachalarining nisbiy zichlik formulasi quyidagicha bo'ladi

$$\varepsilon_j = \frac{\rho_0 - \rho_j(\varphi_j)}{\rho_0} = 1 - \frac{\rho_j(\varphi_j)}{\rho_0} = 1 - \frac{\rho_{j-1}}{\rho_0} \exp[-\lambda_0(\varphi_j - \varphi_{j-1})]$$

Har bir sektordan ajraladigan zarrachalar nisbiy zichligi

$$\varepsilon_1 = 1 - \exp[-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)], \quad \varepsilon_2 = 1 - \exp[-\lambda_0(\varphi_2 - \varphi_0)], \dots, \quad \varepsilon_n = 1 - \exp[-\lambda_0(\varphi_n - \varphi_0)]$$

Umumiy ajralgan zarrachalar massasi ( $R_n = R(\varphi_n - \varphi_0)$ )

$$m = LR_n h \sum_{j=1}^n \rho_j = LR_n h \exp(-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)) \{1 + \exp[-\lambda_0(\varphi_2 - \varphi_1)] + \dots + \exp[-\lambda_0(\varphi_n - \varphi_0)]\}$$

Agar  $\varphi_j = \frac{\varphi_n}{n} j$ , bo'lsa, u holda

$$\begin{aligned} m &= LR_n h \exp(-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)) \{1 + \exp(-\lambda_0 \frac{\varphi_n}{n}) + \exp(-\lambda_0 \frac{2\varphi_n}{n}) + \dots + \exp[-\lambda_0 \frac{\varphi_n}{n}(n-1)]\} = \\ &= LR_n h \exp(-\lambda_0(\varphi_1 - \varphi_0)) \frac{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n)}{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n / n)} = LR_n h \exp(-\lambda_0 \varphi_n / n) \frac{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n)}{1 - \exp(-\lambda_0 \varphi_n / n)} \end{aligned}$$

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Turli yuza bilan paxta bo'lakchasi orasidagi hosil bo'ladigan kuchning tahlili.
2. Paxta xom ashyosi bo'lakchasining turli yuzadagi harakat tenglamasini tuzish.
3. Harakat tenglamasini integrallash, tenglamani echish dasturi.
4. Tenglama echimining tahlili.
5. Chiqindi zarrachasiga ta'sir qiladigan urinma va normal kuchlarning ifodasi.
6. Bo'lakcha tarkibidan chiqindini ajratish uchun qo'llaniladigan qonun va uning modeli.
7. Sevost'yanov modeli asosida bo'lakchadan chiqindi miqdorini aniqlash.
8. Tozalash sektsiyasida uzluksiz harakatda bo'lgan bo'lakchalardan chiqindilarini ajratish modeli.
9. Chiqindilarni umumiy miqdorini aniqlash formulasi va uning tahlili.
10. Chiqindi ajratish jarayonining samaradorligini hisoblash.

#### **6.4. Tozalash zonasida o'zgarmas tezlik harakatlanayotgan paxta massasidan ajratiladigan iflosliklarini nisbiy miqdorini (tozalash samaradorligini) hisoblash.**

Qalinligi  $h$  ( $m$ ) ga va bir birlik uzunlikdagi massasi (pogon)  $m$  ( $kg/m$ ) teng bo'lgan g'ovak muhit radiusi  $R$  ( $m$ ), uzunligi  $L$  ( $m$ ) doiraviy silindr ichida o'rnatilgan  $BC = \alpha R$  ( $\alpha$  ( $rad$ ) - yoy burchagi) turli yoy bo'ylab bir hil o'zgarmas  $v_0$  ( $m/s$ ) tezlik bilan harakatlanadi (6.4.1-rasm). Turli yuzaning ochiq yuzasi  $S$  ( $m^2$ ) ning uning to'la yopiq bo'lgan holdagi yuzasi  $S_0$  ( $m^2$ ) nisbati  $S/S_0 = n$  ga teng. Muhit deformatsiyasi  $\varepsilon$  bilan taranglik  $T$  ( $N$ ) orasida bog'lanish ma'lum:

$$\varepsilon = \frac{T}{EF} \quad (6.4.1)$$

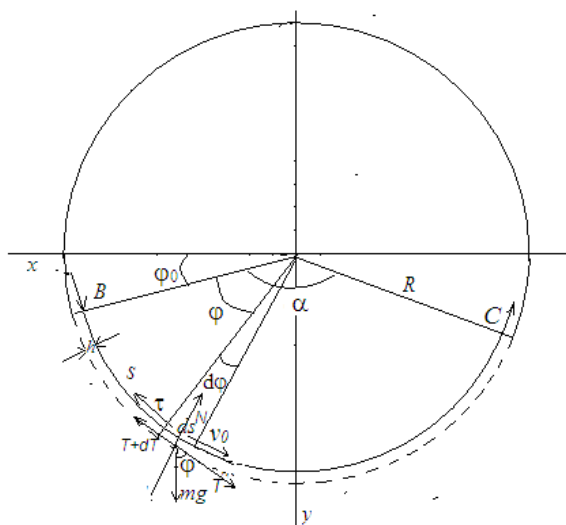
Bu yerda  $E$  muhit uchun Yung moduli,  $F = hL$  - qatlamning kesim yuzasi. Muhit bilan yopiq holdagi yoy sirti orasidagi ishqalanish koeffitsienti  $f_0$  ga teng.

Sirtning foydalanish ko'effitsienti  $S/S_0 = n$  e'tiborga, turli sirt bilan xom ashyo orasidagi ishqalanish ko'effitsientini quyidagi formula yordamida hisoblaymiz.

$$f = f_0(1 - n)$$

$h \ll R$  shartini qabul qilib, muxitdagi kontakt yoyi bo'yicha hosil bo'lgan taranglik  $T(H)$  va normal  $N(H)$  kuchlarning taqsimlanish qonuniyatlarini matematik modellashtirish asosida aniqlaymiz.  $v_0 = Q_0/m$ , ( $Q_0=8000 \text{ kg/soat}$ ) muhit oqimining sarfi yoki mashina ish unumdorligi),  $f_0 = 0.3$ ,  $h = 0.02 \text{ m}$ ,  $R = 0.15 \text{ m}$ ,  $L = 1 \text{ m}$ ,  $\alpha = 2\pi/3$  bo'lganda taranglik va normal kuchlarning yoy bo'yicha o'zgarishini, hamda turli yuzadan ajralib ketadigan iflosliklarning nisbiy miqdorini (protsentda) boshlang'ich zichlik  $\rho_0$  va foydalanish ko'effitsienti  $n$  larning xar hil qiymatlarida hisoblaymiz.

$h \ll R$  shartidan foydalanib muhitni yupqa va eni bo'yicha bir hil deformatsiyalanadigan qatlam deb, undan uzunligi bir birlikka teng bo'lgan tasma ajratamiz va uni texnikaviy ob'ekt (TO) sifatida qaraymiz. Bu ob'ekt 9 ta kiruvchi parametrlar bilan ifodalanib, ulardan 7 tasi o'lchovli- $h \text{ (m)}$ ,  $L \text{ (m)}$ ,  $R \text{ (m)}$ ,  $S \text{ (m}^2\text{)}$ ,  $S_0 \text{ (m}^2\text{)}$ ,  $m \text{ (kg/m)}$ ,  $v_0 \text{ (m/s)}$  va 2 tasi o'lchovsiz -  $\alpha \text{ (rad)}$ ,  $f_0$  fizik kattaliklar hisoblanadi. Ob'ekt 2 ta chiquvchi parametr: taranglik va normal  $N(H)$  kuchlar bilan ifodalanadi. Agar  $T > 0$  bu kuchni iplar nazariyasiga ko'ra taranglik kuchi deb qabul qilamiz.



6.4.1-rasm. Muhitning BC yoy bo'yicha harakati sxemasi

Iplar nazariyasida  $T < 0$  bo'la olmaydi, chunki ip faqat cho'zilishga qarshilik ko'rsatadi. Paxta massasi esa, qisman cho'zilishga qarshilik ko'rsatishi mumkin. Agar  $T > 0$  bo'lsa, paxta massasining hajmi kengayib, uning g'ovakligi oshadi, natijada xom ashyo tarkibidan ifloslik zarrachalarning ajralib ketishi intensivlashadi. Agar  $T < 0$  bo'lsa ichki kuch ta'sirida paxta massasining hajmi kamayadi, natijada zarrachaning massadan ajralib ketish imkoniyati kamayadi. Shularni e'tiborga olib, kontakt yoyi bo'yicha tasmadagi (lentadagi) ichki kuch  $T(H)$  va sirt tomonidan unga ta'sir etayotgan bir birlik uzunlikdagi urinma  $\tau(H/m)$  va normal kuch  $q(H/m)$  larning taqsimlanish qonunlarini aniqlaymiz. Odatda ular mos ravishda normal va urinma kuchlar intensivligi deb aytiladi. Agar normal kuch manfiy  $q$  manfiy bo'lsa, u holda lenta bilan silindr sirti orasidagi kontakt buziladi, lenta ikki o'lchovi harakatda bo'ladi.

Koordinata boshini silindrning markazida o'rnashtirib  $Ox$  o'qini o'ngdan chapga  $Oy$  o'qini yuqoridan pastga yo'naltiramiz (6.4.1–rasm).  $Ox$  o'qi bilan radius orasidagi burchakni  $\varphi$  belgilaymiz.  $\varphi = \varphi_0$  kontakt yoyining boshlanish burchagi bo'lib, undan sirtga uzluksiz ravishda sarfi  $Q_0$  o'zgarmas bo'lgan mahsulot yuboriladi. Kontakt yoyining tugash burchagi  $\varphi = \varphi_1 = \varphi_0 + \alpha$  da mahsulotga tashqi kuch ta'sir etmaydi, shuning uchun yoyning bu nuqtasida taranglik  $T = 0$  sharti bajarilish kerak. Yuqorida qabul qilingan model asosida muhitdan ajratilgan qalinligi  $h$ , uzunligi  $ds = R d\varphi$  element uchun muvozanat tenglamalarini tuzishda I.I.Migushov, V.A.Svetlitskiylarning ishlaridan foydalanamiz. Elementga ta'sir etayotgan kuchlarining urinma va normal yo'nalishlardagi yig'indisini nolga tenglashtiramiz.

$$T + dT - T - \tau R d\varphi + mgR \cos \varphi d\varphi = 0$$

$$dN + qR d\varphi - mv_0^2 d\varphi - mgR \sin \varphi d\varphi = 0$$

$$dN = T \sin \frac{d\varphi}{2} + (T + dT) \sin \frac{d\varphi}{2} = 2T \sin \frac{d\varphi}{2} = T d\varphi$$

Bu tengliklarni quyidagi tenglamalar ko'rinishiga keltiramiz

$$\frac{dT}{d\varphi} - R\tau = -mgR \cos \varphi \quad (6.4.2)$$

$$T + Rq = mv_0^2 + mgR \sin \varphi \quad (6.4.3)$$

Bu yerda  $\tau$ ,  $q$  kuchlar, tanlangan harakatdagi qatlam modeli uchun ular orasida Kulon qonuni o'rinli bo'ladi, ya'ni

$$\tau = fq \quad (6.4.4)$$

(6.4.4) tenglikni e'tiborga olib, (6.4.2) va (6.4.3) dan taranglik  $T(H)$  ga nisbatan quyidagi tenglamani olamiz.

$$\frac{dT}{d\varphi} + fT = mgR(f \sin \varphi - \cos \varphi) + fmv_0^2 \quad (6.4.5)$$

(6.4.5) tenglamani  $T(\varphi_1) = 0$  shartida integrallab, taranglik  $T(\varphi)$  topamiz.

(6.4.5) tenglamaning echimini quyidagi ko'rinishda olamiz

$$T = C_0 \exp[-f(\varphi - \varphi_0)] + mgR(A \sin \varphi + B \cos \varphi) + mv_0^2 \quad (6.4.6)$$

(6.4.5) ifodani (3.14.4) qo'yib, topamiz

$$A \cos \varphi - B \sin \varphi - f(A \sin \varphi + B \cos \varphi) = -f \sin \varphi + \cos \varphi$$

$\sin \varphi$  va  $\cos \varphi$  funktsiyalar koefitsientlarini tenglikning o'ng va chap tomonlarida tenglashtiramiz.

$$A + fB = 1$$

$$fA - B = -f$$

Bu sistemada aniqlaymiz

$$A = (1 - f^2)/(1 + f^2), \quad B = 2f/(1 + f^2)$$

(6.4.4) tenglamaning umumiy echimi

$$T = C_0 \exp[-f(\varphi - \varphi_1)] + mgRF(\varphi) - mv_0^2$$

Bu yerda  $F = \frac{1}{1 + f^2}[(1 - f^2) \sin \varphi + 2f \cos \varphi]$

O'zgarmas koefitsient  $C_0$  ni  $T(\varphi_1) = 0$  shartidan aniqlaymiz

$$C_0 = mgRF(\varphi_0 + \alpha) - mv_0^2$$

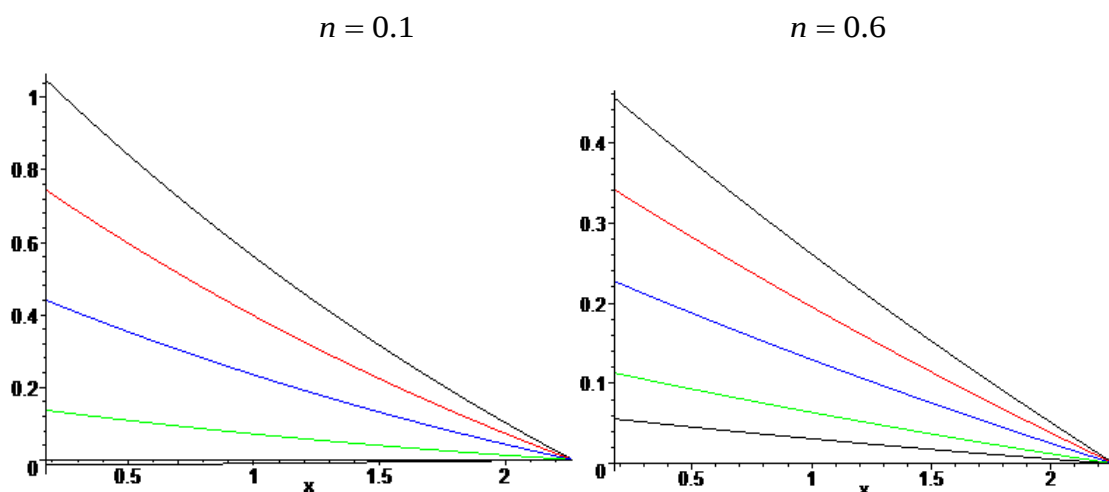
Shunday qilib taranglik uchun quyidagi ifodani olamiz

$$T = -mv_0^2\{1 - \exp[-f(\varphi - \varphi_1)]\} + mgR\{F(\varphi) - F(\varphi_1) \exp[-f(\varphi - \varphi_1)]\} \quad (6.4.7)$$

Normal kuch intesivligi (6.4.3) tenglamadan aniqlanadi

$$q = mv_0^2 / R + mg \sin \varphi - T / R.$$

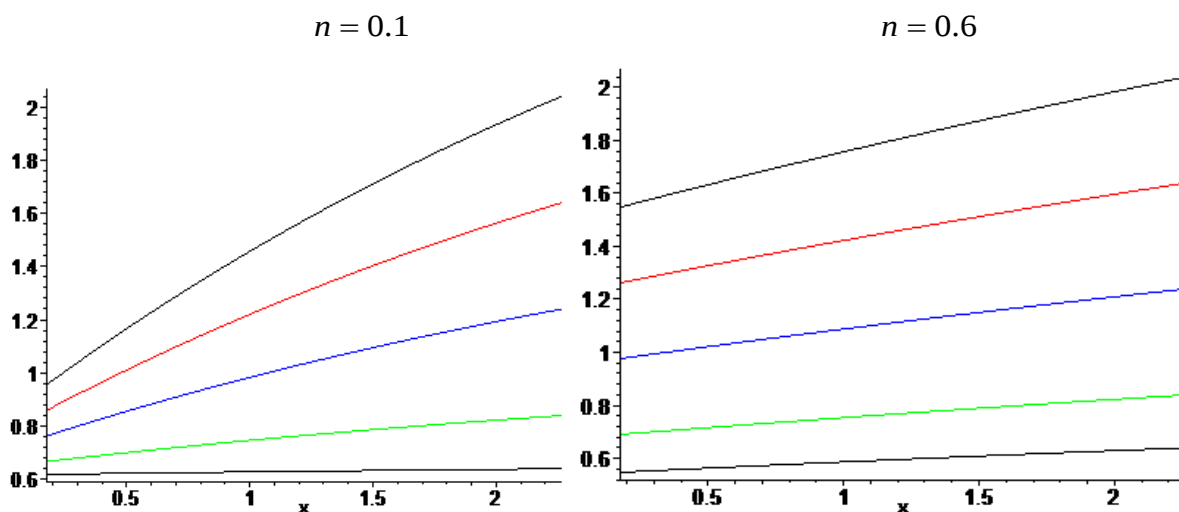
Hisob natijalari asosida olingan grafiklar 6.4.2 – rasmlarda keltirilgan.



6.4.2–rasm. Taranglik kuchi  $T/mgR$  kontakt yoyi bo'yicha o'lchovsiz parametrlar

$n = S/S_0$  va  $c = v_0^2/gR$  larning xar hil qiymatlaridagi o'zgarish grafiklari:

$$1 - c = 0.6, 2 - c = 0.8, 3 - c = 1.2, 4 - c = 1.6, 5 - c = 2,$$



6.4.3–rasm. Normal kuch intensivligi  $q/mg$  kontakt yoyi bo'yicha o'lchovsiz parametrlar  $n = S/S_0$  va  $c = v_0^2/gR$  larning xar hil qiymatlaridagi o'zgarish grafiklari:

$$1 - c = 0.6, 2 - c = 0.8, 3 - c = 1.2, 4 - c = 1.6, 5 - c = 2$$

Kontakt yoyida sirt bilan muhit o'rtasida normal kuch intensivliginig xar hil parametrlarda yoy bo'yicha o'zgarish grafiklari 6.4.3 -rasmda ko'rsatilgan.

Taranglik kuchi uchun olingan natijalardan foydalanib, xom ashyo tarkibidan iflosliklarni ajratish jarayoning modelini ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik xom ashyo massasining boshlang'ich zichligi  $\rho_0$  ma'lum, tozalash zonasida deformatsiyalanishi natijasida uning zichligi ixtiyoriy burchakda  $\rho(\varphi)$  teng bo'lsin. Agar deformatsiyalanmagan muhitdan  $ds_0$  olingan bo'lsa uning massasi  $m_0 = \rho_0 F_0 ds_0$ , deformatsiyadan keyin bu massa  $m = \rho F_0 ds$  ga teng bo'ladi. Massaning saqlanish qonuni  $m = m_0$  dan  $ds = \frac{\rho_0}{\rho} ds_0$  tenglik kelib chiqadi. Agar ularga mos hajmlar  $V_0 = m_0 / \rho_0$ ,  $V = m / \rho$  da foydalansak  $ds = \frac{V}{V_0} ds_0$  tenglik olamiz  $V_0 = l_0 h L$ ,  $V = l h L$  ( $l_0, l$  - lentaning deformatsiyadan oldin va undan keyingi uzunliklari ifodalarni e'tiborga olib  $ds = \frac{l}{l_0} ds_0$ ). Agar  $\varepsilon$  lentaning deformatsiyasi bo'lsa, u holda  $l = (1 + \varepsilon) l_0$  tenglik o'rinli bo'ladi. Shunday qilib

$$ds = (1 + \varepsilon) ds_0 = [1 + k(T_n - T)] ds_0 \quad (k = 1 / EF_0, T_n = T(\alpha)) \quad (6.4.8)$$

ifodani olamiz.

Lenta massasi  $m = \rho F_0$  ning iflosliklar ajralishi natijasida o'zgarishini A.G.Sevost'yanov modeli asosida qaraymiz, u holda ( $\lambda$  - tajriba asosida aniqlanadigan parametr)

$$\frac{dm}{m} = \frac{d\rho}{\rho} = \lambda v_0 ds = -\lambda v_0 [1 + k(T_n - T)] R d\varphi$$

Bu ifodani  $\rho(\varphi_0) = \rho_0$  shartida integrallab,  $m = \rho F_0$ ,  $m_0 = \rho_0 F_0$  tengliklardan foydalanib, lentaning massasining yoy bo'yicha kamayish miqdorini aniqlaymiz

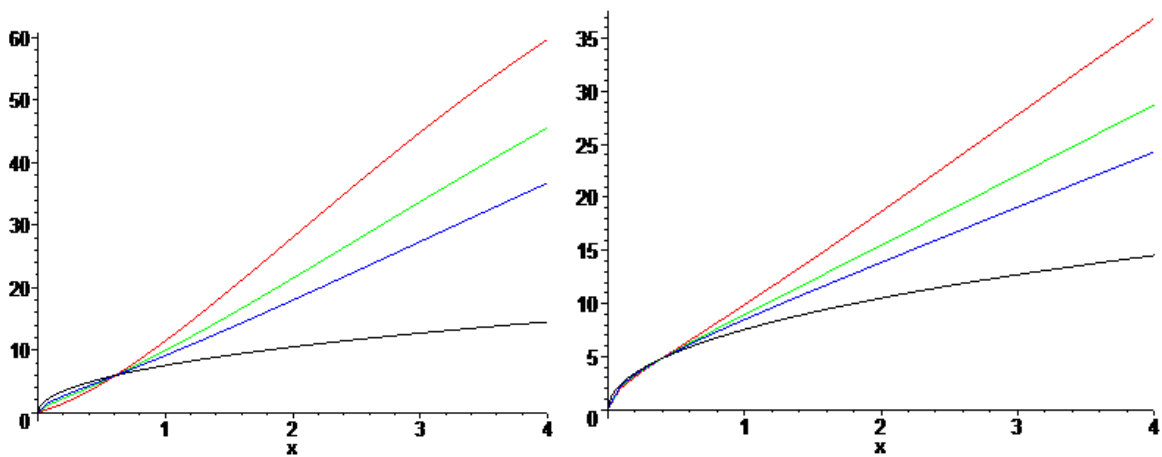
$$m = m_0 \exp \left\{ - \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \lambda v_0 R [1 + k(T_n - T)] d\varphi \right\} \quad (6.4.9)$$

Ajralgan iflosliklarning lentaning boshlang'ich massasiga nibatan o'zgarishi (tozalash samaradorligi)

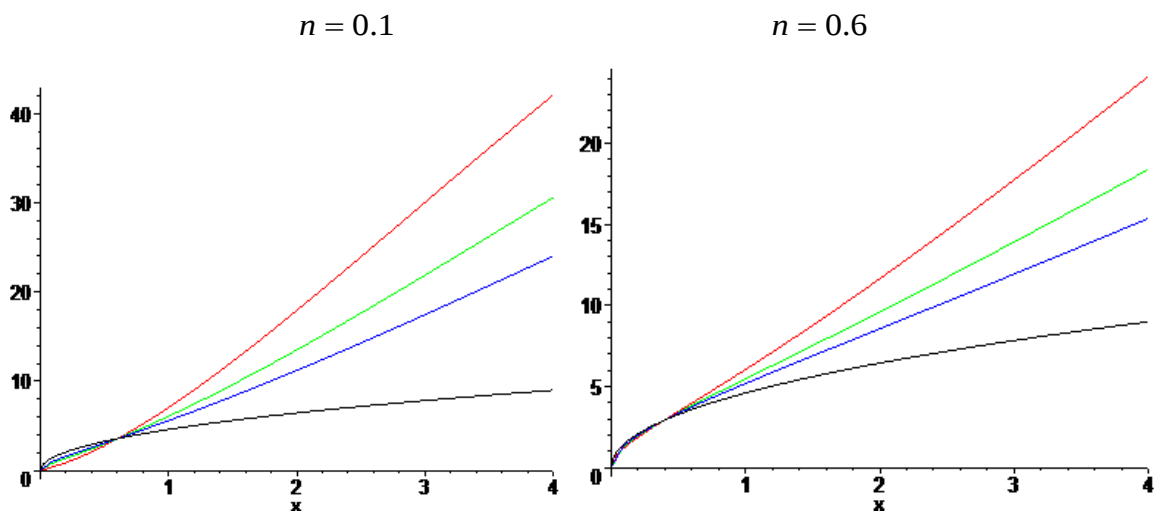
$$\varepsilon = \frac{m_0 - m}{m_0} = 1 - \exp \left\{ - \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \lambda v_0 R [1 + k(T_n - T)] d\varphi \right\} \quad (6.4.10)$$

$$n = 0.1$$

$$n = 0.6$$



6.4.4- Rasm. Lentadan ajraladigan massaning (tozalash samaradorligi % da)  $\bar{\lambda} = 0.05$ , parametrlar  $n = S/S_0$  va  $\bar{k} = mgR/ES_0$  xar hil qiymatlarida o'lchamsiz kattalik  $c = v_0^2/gR$  ga nisbatan o'zgarish grafiklari.  $1 - \bar{k} = 0$ ,  $2 - \bar{k} = 1$ ,  $3 - \bar{k} = 2$ ,  $4 - \bar{k} = 5$



6.4.5- Rasm. Lentadan ajraladigan massaning (tozalash samaradorligi % da)  $\bar{\lambda} = 0.03$ , parametrlar  $n = S/S_0$  va  $\bar{k} = mgR/ES_0$  xar hil qiymatlarida o'lchamsiz kattalik  $c = v_0^2/gR$  ga nisbatan o'zgarish grafiklari.  $1 - \bar{k} = 0$ ,  $2 - \bar{k} = 1$ ,  $3 - \bar{k} = 2$ ,  $4 - \bar{k} = 5$

6.4.4 va 6.4.5 rasmlarda samaradorlik ko'effitsienti  $\varepsilon$  ning xar hil  $n$  larda boshlang'ich zichlikka nisbatan o'zgarish grafiklari keltirilgan. Hisobda 6.4.10 formulada quyidagi o'lchamsiz parametrlardan  $\bar{\lambda} = \lambda_0/R\sqrt{gR}$ ,  $\bar{k} = mgR/ES_0$  foydalanilgan.

### **Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar**

1. Paxta xom ashyosi oqimining ko'rsatkichlari va ularni aniqlash usullari.
2. Xom ashyo tasmasining cho'zilishi va undagi taranglik, normal kuchlar tushunchasi.
3. O'zgarmas tezlikda xarakatlanayotgan xom ashyo tasmasi va turli yuzada hosil bo'ladigan urinma normal kuchlarni topish tenglamalari.
4. Tasma tarangligini hisoblash formulalari va ularning tahlili.
5. Normal kuchin intensivligini aniqlash.
6. Lentaning deformatsiyasi formulasi uning lenta zichligi orasidgi bog'lanishi.
7. Chiqindi ajralishi jarayonida lenta massasining o'zgarish formulasi.
8. Chiqindi miqdorini aniqlash uchun Sevost'yanov modelini qo'llash.
9. Chikindi ajralish samaradorligini hisoblash.
10. Samaradorlikni xom ashyo tezligiga, elastikligiga va turli yuzadagi ishqalanish koeffitsientlariga bog'liqlik grafiklar tahlili.

## 7-BOB

### CHIGITLI PAXTANI JINLASH JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH

#### 7.1.Xom ashyo valigining mexanik xossalari, uning aylanma harakatini modellashtirish va kesim yuzidagi kuchishlarni aniqlash.

Jinlash jarayonini muqobil tajminlashida xom ashyo valiginng harakatini va uning tarkibining mexanik xususiyatlarini, hamda uning mexanikaviy holatini o'rganish alohida ahamiyatga ega. Xom ashyo valigining ayrim xossalari, uning sirt profilida tezlikning taqsimlanish qonunlari G.I.Miroshnichenko, A.P.Parpiyev, M.T.Tillaev va boshqalar tomonidan tahlil qilingan. Valikning tarkibi murakkab muhitdan tashqil topilgan bulib, uning fizika-mexanika xossalari yetarlicha o'rganilmagan. Mutaxassislarining fikricha uning tarkibibiy ko'p qismi tuksiz yoki kalta tukli chigitlardan iborat bo'lib, ular valikning ichki zonasini egallaydi. Chigitli paxta xom ashyosi esa, asosan valikning tashqi qobig'ini egallaydi. Shunday qilib, xom ashyo valigi bir jinsli bo'lmagan silindrisimon hajmni egallab turgan muxit deb qabul qilinishi mumkin. Bunday muxitning holat tenglamasi murakkab bo'lib, uning holatini kuproq uning strukturaviy tuzilishi aniqlab beradi. Shu munosabat bilan eng oddiy hollarda valikni holatini o'rtacha mexanikaviy parametrlar bilan aniqlanadigan elastik silindr, yoki ikki qatlamli kontsentrik elastik silindr deb qarash mumkin. Odatda muxitning o'rtacha mexanikaviy parametrlari deb, uning effektiv Yung va siljish modullarini tushunamiz. Bunday kattaliklar sodda jismlar uchun soha bo'yicha aniqlangan o'rtacha qiymatlar hisoblanadi. Faraz qilaylik radiusi  $R_1$  bo'lgan silindr shaklidagi xom ashyo valigi tutash muxit bulib, uning Yung modulining radius bo'yicha taqsimlanish qonuni  $E = E(r)$  ma'lum bo'lsin, u holda effektiv modul quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$E_0 = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^R E(r) r dr \quad (7.1.1)$$

Endi faraz qilaylik, muxitning bir birlik hajmining  $m_1$  ulushini xavo,  $m_2$  ulushini tola,  $1 - m_1 - m_2$  qismini chigit egallasin, xavo, tola va chigitlaring Yung modularini

mos ravishda  $E_x$ ,  $E_m$ ,  $E_y$  bilan belgilaylik. U holda effektiv modul quyidagicha aniqlanadi.

$$E_0 = m_1 E_x + m_2 E_m + (1 - m_1 - m_2) E_y \quad (7.1.2)$$

(7.1.2) formulada ushbu ulushlar yigindisi  $m = m_1 + m_2$  odatda tola va xavo bilan tuldirilgan hajmning ulushi bulib, uni shartli ravishda muxitning g'ovakligi deb qabul qilish mumkin. Tajribalarda odatda tola va xavo aralashmasi uchun Yung moduli aniqlanadi. Shuning uchun ushbu yig'indini  $m_1 E_x + m_2 E_m = E_k$ , belgilab, (7.1.2) quyidagicha yozamiz

$$E_0 = E_k + (1 - m) E_y$$

Agar valikning asosiy qismi tuksiz chigitlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda  $m_2 \approx 0$ , deb qabul qilinishi mumkin va (7.1.2) formula quyidagi ko'rinishni oladi

$$E_0 = m_1 E_x + (1 - m_1) E_y \approx (1 - m_1) E_y$$

Shunday qilib, agar valik ikki qatlamli kontsentrik silindr deb qabul qilinsa, effektiv modulni xar bir qatlam uchun quyidagicha aniqlash mumkin.

$$E_0 = (1 - m_1) E_y \quad 0 < r < R_1 \text{ bo'lganda}$$

$$E_0 = E_k + (1 - m_1 - m_2) E_y \quad R_1 < r < R \text{ bo'lganda}$$

Bu yerda  $R_1$  - ichki qatlam radiusi

Shunday usul bilan siljish moduli  $G_0$  aniqlagadi. Bu kattalikni aniqlashda xavoning siljish moduli nolga teng deb olinadi. Shuning uchun quyidagi formulalarni keltirish mumkin.

$$G_0 = (1 - m_1) G_y \quad 0 < r < R_1 \text{ bo'lganda}$$

$$G_0 = m_2 G_m + (1 - m_1 - m_2) G_y \quad R_1 < r < R \text{ bo'lganda}$$

Bu yerda  $G_m$ ,  $G_y$  - tola va chigit siljish modullari.

Xom ashyo valigini o'z o'qida o'zgarmas  $\omega$  burchak tezlikda harakatlanayotgan bir jinsli elastik silindr shaklidagi muxit deb qaraymiz va uning ichki nuqtalarining ko'chishini va hosil bo'ladigan zuriqishlarni aniqlaymiz.

Uning effektiv Yung va siljish modularini quyidagi formulalar bilan hisoblaymiz

$$E_0 = m_1 E_x + m_2 E_m + (1 - m_1 - m_2) E_y$$

$$G_0 = m_2 G_m + (1 - m_1 - m_2) G_u$$

Koordinata boshini silindr uqini o'rtasida joylashtiramiz va  $Oz$  o'q'ini shu o'q yo'nalishida,  $Or$  - unga perpendikulyar qilib olamiz.  $Oz$  o'qi atrofida burchak tezligi  $\omega$  ga teng aylanma harakatda bo'lgan silindr kesim yuzida radiusi bo'ylab  $U(r, z)$  va uning o'q'i bo'ylab  $w(r, z)$  ko'chishlari tenglamalarni Ya.Lyav monografiyasida keltirilgan.

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} + \mu \frac{\partial \varepsilon_{rz}}{\partial z} = -\omega^2 \rho r \quad (7.1.3)$$

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} - \mu \left( \frac{\partial \varepsilon_{rz}}{\partial r} + \frac{\varepsilon_{rz}}{r} \right) = 0 \quad (7.1.4)$$

$\varepsilon = \varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_z$  - hajm o'zgarish deformatsiyasi;  $\varepsilon_r = \frac{\partial U}{\partial r}$  - radius,  $\varepsilon_\theta = \frac{U}{r}$  - burchak va  $\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}$  - silindr o'qi buylab muxitning deformatsiyalari,  $\varepsilon_{rz} = \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial r}$  - siljish deformatsiyasi,  $\lambda$  va  $\mu$  Lamé o'zgarmaslari bo'lib ular  $E_0$  va  $G_0$  orqali quyidagicha ifodalanadilar.

$$\lambda = \frac{E_0 \sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}, \quad \mu = G_0 = \frac{E_0}{2(1 + \sigma)}, \quad \sigma = \frac{E_0}{2G_0} - 1 \text{ - Puasson koeffitsienti}$$

Radial, tangentsial va o'q bo'ylab hosil bo'ladigan kuchlanishlar quyidagi formulalar orqali topiladi:

$$\sigma_{rr} = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_r, \quad \sigma_\theta = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_\theta, \quad \sigma_{zz} = \lambda \varepsilon$$

(7.1.3) va (7.1.4) tenglamalarni  $U = U(r)$  va  $w = w(z)$  xol uchun takribiy echimini topamiz.

U holda  $\varepsilon_{rz} \equiv 0$  bo'lib, (7.1.3) va (7.1.4) tenglamalar qo'yidagi ko'rinishga keladi.

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{U}{r} + e_0 \right) = -\omega^2 \rho r, \quad \frac{\partial w}{\partial z} = \varepsilon_z = e_0 = \text{const} \quad (7.1.5)$$

(7.1.5) tenglama quyidagi shartlarda integrallanadi. Silindr markazi  $r = 0$  da muxitning ko'chishi va uning tashqi chegarasi  $r = R$  da radial kuchlanish nolga teng.

Ya'ni

$$U = 0 \quad r = 0 \text{ bo'lganda} \quad (7.1.7)$$

$$\sigma_{rr} = \lambda \left( \frac{dU}{dr} + \frac{U}{r} + e_0 \right) + 2\mu \frac{dU}{dr} = 0 \quad r = R \text{ bo'lganda} \quad (7.1.8)$$

O'zgarmas deformatsiya  $e_0$  aniqlash uchun quyidagi qo'shimcha kuchlanishning valik kesimi bo'ylab teng ta'sir etuvchisi nolga teng, ya'ni  $\int_0^R r \sigma_{zz} = 0$  shartidan foydalanimiz.

Bu shartdan

$$\int_0^R r \left( \frac{dU}{dr} + \frac{U}{r} + e_0 \right) dr = 0 \quad (7.1.9)$$

tenglik hosil bo'ladi.

(7.1.5) tenglamaning (7.1.7)-(7.1.9) shartlarini bajaradigan echimi quyidagicha bo'ladi:

$$U = Ar - \frac{\omega^2 \rho r^3}{8E_0} \frac{(1+\sigma)(1-2\sigma)}{1-\sigma} \quad w = e_0 z$$

$$\text{Bu yerda } A = \frac{\omega^2 \rho R^2}{8E_0} \frac{3-5\sigma}{1-\sigma}, \quad e_0 = -\frac{\omega^2 \rho R^2 \sigma}{2E_0}$$

Radial  $\sigma_{rr}$ , tangentsial  $\sigma_{\theta\theta}$  va bo'ylama  $\sigma_{zz}$  kuchlanishlar uchun Ya.Lyav tomonidan quyidagi formulalar olingan

$$\sigma_{rr} = \frac{\omega^2 \rho (R^2 - r^2)}{8} \frac{3-2\sigma}{1-\sigma}, \quad \sigma_{\theta\theta} = \frac{\omega^2 \rho}{8} \left( \frac{3-2\sigma}{1-\sigma} R^2 - \frac{1+2\sigma}{1-\sigma} r^2 \right) \quad (7.1.9)$$

$$\sigma_{zz} = \frac{\omega^2 \rho (R^2 - 2r^2)}{4} \frac{\sigma}{1-\sigma} \quad (7.1.10)$$

Bu formulalarda (7.1.8) tenglikka ko'ra valikdagi buylama  $\sigma_{zz}$  kuchlanishning valik kesimi bo'ylab teng ta'sir etuvchisi nolga teng ya'ni  $\int_0^R r \sigma_{zz} = 0$  bo'lib, valikni uzunligi  $2Le_0$  ga qisqaradi ( $L$  - valikning deformatsiyadan oldingi uzunligi).

Boshqa holda uning uzunligi o'zgarmas degan shart qabul qilinishi mumkin. U holda quyidagi ifodalarni olamiz:

$$A = A_1 = \frac{\omega^2 \rho R^2}{8E_0} \frac{(3-5\sigma)(1+\sigma)(1-2\sigma)}{1-\sigma}, \quad e_0 = 0.$$

Yuqoridagi (7.1.9) formulalar bu xol uchun xam o'rinli bulib, (7.1.10) uchun quyidagi ifodani olamiz.

$$\sigma_{zz} = \frac{\omega^2 \rho [(3-2\sigma)R^2 - 2r^2]}{4} \frac{\sigma}{1-\sigma}$$

Jinlash jarayonini muqobilligi, yuqorida ko'rsatilganidek, uning zichligining qanchalik o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Shu munosabat bilan xom ashyo valigining radius bo'ylab zichligining taqismlanish qonuniyatini aniqlaymiz. Agar xom ashyoning boshlangich (valik tarkibida bo'lishdan oldin) zichligi  $\rho_0$  bulsa, u holda uning valik tarkibidagi zichligi  $\rho = \rho(r)$  quyidagicha aniqlanadi:  $\rho = \rho_0(1 + \varepsilon)$

Agar (7.1.8) sharti bajarilsa

$$\varepsilon = C_1 - C_2 r^2 / R^2 \quad (7.1.11)$$

deb qabul qilamiz, bu yerda  $C_1 = 2A + e_0$ ,  $C_2 = \frac{\omega^2 \rho R^2}{8E_0} \frac{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}{1 - \sigma}$ ], u holda

$$\rho = \rho_0(1 + C_1 - C_2 r^2 / R^2)$$

7.1.1- rasmda zichlikning valikning radiusi bo'ylab taqsimlanishi  $\rho / \rho_0$  uchun  $\sigma$  va nisbat  $\alpha = \omega^2 \rho R^2 / E_0$  ning har xil qiymatlarida keltirilgan.

Keltirilgan grafiklar tahlilidan zichlikning valik radiusi buylab taqsimlanishi qonuniga Puasson koeffitsienti  $\sigma$  muxim ta'sir etishini ko'rsatayapti.  $\sigma < 0.4$  bo'lsa, o'lchamsiz nisbat  $\alpha = \omega^2 \rho R^2 / E_0$  oshgan sari zichlikning monoton oshishi,  $\sigma > 0.4$  bo'lsa, grafiklarda zichlikning bu nisbatning qiymatlarida monton o'sish va kamayish zonalari mavjud bo'lishi mumkinligi kelib chiqayapti.

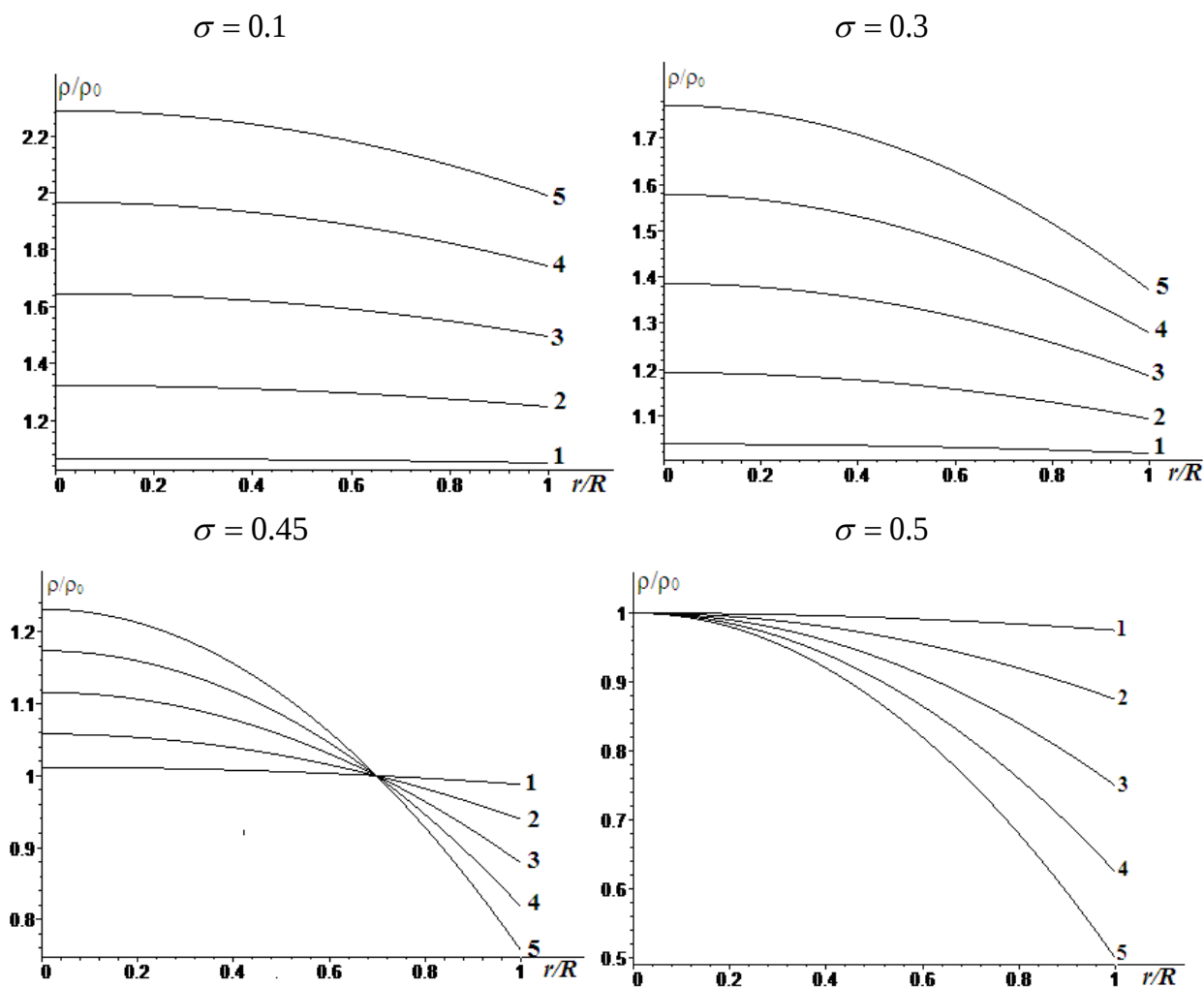
Endi valik ikki qatlamli kontsentrik silindrdan iborat bo'lib, qatlamlarining chegarasi  $r = R_1$  radiusda bo'lsin. Qatlamning radius bo'yicha ichki qismidagi ko'chishni  $U_1$ , Yung moduli va Puasson koeffitsientlarini  $E_1$ ,  $\sigma_1$ , ikkinchi (tashqi) qatlamda esa ularni  $U_2$ ,  $E_2$  va  $\sigma_2$  bilan belgilaymiz. Qatlamlarning chegarasi  $r = R_1$  da quyidagi kuchishlarini va radial' kuchishlarining uzluksizlik shartlari bajarilishi lozim.

$$U_1 = U_2, \sigma_{rr}^{(1)} = \sigma_{rr}^{(2)} \quad r = R_1 \quad \text{bo'lganda} \quad (7.1.11)$$

Valikning uzunligi o'zgarmas deb olamiz ( $e_i = 0$  ichki qatlam markazi  $r = 0$  da va tashqi qatlam chegarasi  $r = R$  da quyidagi shartlarni qo'yamiz.

$$U_1 = 0 \quad r = 0 \quad \text{bo'lganda}, \quad (7.1.12)$$

$$\sigma_{rr}^{(2)} = 0, \quad r = R \quad \text{bo'lganda} \quad (7.1.13)$$



7.1.1-rasm. Xom ashyo valigi nisbiy zichligi  $\rho/\rho_0$  ning  $\sigma$  va nisbat

$\alpha = \omega^2 \rho R^2 / E_0$  ning xar xil qiymatlarida radius uning radiusi buylab taqsimlanishi.

Bu yerda  $\sigma_{rr}^{(i)}$  ( $i=1,2$ ) radial kuchlanishlar bo'lib, ularni  $U_i$  ko'chishlar orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_{rr}^{(i)} = \lambda_i \left( \frac{dU_i}{dr} + \frac{U_i}{r} \right) + 2\mu_i \frac{dU_i}{dr} \quad (7.1.14)$$

(7.1.5) tenglamada  $e_0 = 0$  qo'yib, uni xar bir qatlam ko'chishlari uchun yozib chiqamiz va uning ularining echimlarini quyidagicha olamiz:

$$U_1 = A_1 r - \frac{\omega^2 \rho r^3}{8E_1} \frac{(1+\sigma_1)(1-2\sigma_1)}{1-\sigma_1} + B_1 \frac{R_1^2}{r} \quad (7.1.15)$$

$$U_2 = A_2 r - \frac{\omega^2 \rho r^3}{8E_2} \frac{(1+\sigma_2)(1-2\sigma_2)}{1-\sigma_2} + B_2 \frac{R_1^2}{r} \quad (7.1.16)$$

Bu ifodalardagi o'zgarmaslar  $A_i$  va  $B_i (i=1,2)$  (7.1.11) - (7.1.13) shartlardan aniqlanadi. (7.1.12) shartda  $B_1 = 0$  tenglik kelib chiqadi. (7.1.13) foydalanib  $A_2$  o'zgarmasni  $B_2$  orqali ifodalaymiz.

$$A_2 = (1 - 2\sigma_2)B_2 \frac{R_1^2}{R^2} + \frac{\omega^2 \rho R^2 (3 - 2\sigma_2)(1 + \sigma_2)(1 - 2\sigma_2)}{8E_2(1 - \sigma_2)}$$

(7.1.15) va (7.1.16) tengliklar quyidagi ko'rinishga keltiriladi:

$$U_1 = A_1 r - \frac{\omega^2 \rho r^3}{8E_1} \frac{(1 + \sigma_1)(1 - 2\sigma_1)}{1 - \sigma_1}$$

$$U_2 = B_2 \frac{R_1^2}{r} [1 + (1 - 2\sigma_2) \frac{r^2}{R^2}] - \frac{\omega^2 \rho r}{8E_2} \frac{(1 + \sigma_2)(1 - 2\sigma_2)}{1 - \sigma_2} [R^2 (3 - 2\sigma_2) - r^2]$$

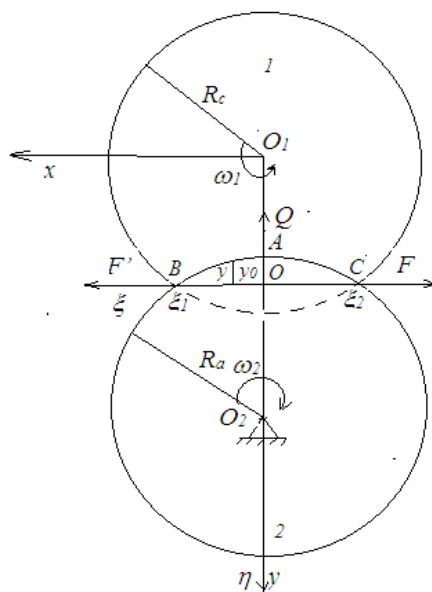
Bu ifodadagi  $A_1$  va  $B_2$  o'zgarmaslar (7.1.11) shartlardan aniqlanadi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Xom ashyo valigining tarkibi haqida ma'lumotlar.
2. Valik mexanik xossalari jinslash jarayoniga ta'sirini baholash. Uning tashqi tuzilishi va massasi.
3. Xom ashyo valigini bir jinsli bo'lmagan va ko'p qatlamli elastik muhit ko'rigshida tanlab olish.
4. Valikni doiraviy bir qatlamli elastik silindr ko'rinishida tanlash. Uning kesimidagi kuchishlar va deformatsiyalar.
5. Aylanma silindrning muvozanat tenglamalari va ularni integrallash uchun chegaraviy shartlar va qo'shimcha o'qdag kuchlanish uchun qo'yilgan shart.
6. Chegaraviy shartlarga qo'yiladigan va qo'shimcha ikkinchi shart.
7. Muvozanat tenglamalarini integrallash va ko'chishlarini hisoblash.
8. Xom ashyo kesimidagi deformatsiya va kuchlanishlarini aniqlash.
9. Hajm deformatsiyasining radius bo'ylab taqsimlanish qonunini tahlil qilish
10. Ikki qatlamli silindrning muvozanat tenglamalari va kuchishlarni aniqlash uchun chegaraviy shartlar.

## 7.2. Harakatdagi xom ashyo valigi sirti bilan arrali silindr tishlari orasidagi o'zaro ta'sirlashuv jarayonini modellashtirish.

To'liq elastik bo'lmagan asoslar uchun ishqalanish va tebranishlarning (kachenie) nazariy maummolari A.Yu.Ishlinskiy ishlarda keng yoritilgan. Ushbu mavzuda xom ashyo valigini tebranma (kachenie) relaksatsiyasiga moyil poydevorlar nazariyasi asosida o'zgarmas burchak tezlikdagi arrali silindr bilan sirpanmasdan o'zaro ta'sirlanishuvining modeli taklif etilgan. Arrali silindr bilan o'zaro tutashda bo'lgan valikdan qisman moddiy zarrachalarning ajralish jarayoni ham e'tiborga olingan. Ularning harakatini aniqlash uchun eyiluvchanlik (iznos) nazariyasining ayrim holatlari asos qilib olingan. Xom ashyo valiki va arrali silindr sirtida ishqalanish kuchining hosil bog'lishida bosim kuchining valik sirtida nosimmetrik taqsimlanishi ham sababchi bo'ladi. Bosim bilan xom ashyo valigi materiali orasidagi bogalanish sodda holda Vinkler-Foygt qonuni bilan bog'langan deb qabul qilinadi. Faraz qilaylik kengligi  $b$  va radiusi  $R_a$  bo'lgan arrali silindr qo'zg'almas  $O_2$  o'q'i atrofida o'zgarmas  $\omega_2$  burchak tezlik bilan deformatsiyalanadigan xom ashyo valigi ustida sirpanmasdan harakat qilsin. Xom ashyo valigi ham markazi  $O_1O_2$  yunalishida harakatlanuvchi o'q atrofida  $\omega_1 < \omega_2$  burchak tezlik bilan harakat qilsin (7.2.1-rasm).



7.2.1-rasm Xom ashyo valigi (1) va arrali silindrning (2) o'zaro ta'sirlanishuv sxemasi

U holda arrali barabanga ta'sir etayotgan hamma kuchlar muvozanatda, bo'lib, ularning ifodalari qo'yidagicha bo'ladi.

1. Xom ashyo valigi arrali baraban ta'sirida aylanma harakatda bo'ladi. Arrali silindrga ta'sir qilayotgan tashqi gorizontal reaksiya  $F$  va vertikal  $Q$  kuchlari valikni aylantiradigan  $L$  moment hosil qiladi.

2. Xom ashyo valigining arrali barabanga bog'lab turish kuchi  $F'$ . Bu kuch valikning sirpanishiga qarshilik ko'rsatadi va qisman tolani xom ashyo sirtidan tola ajratib olishga sababchi buladi.

3. Arrali silindr bilan xom ashyo valigi kontak sirtida xom ashyo reaksiyasidan hosil bo'lgan normal tarqalgan kuchlar. Bu kuchlardan hosil bo'lgan solishtirma bosim  $p$  ni valik va arrali silindr yo'naltiruvchisi bo'ylab o'zgarmas deb, bu bosim xom ashyo valigi o'qidan o'tuvchi unga perpendikulyar bo'lgan tekislikkacha bo'lgan masofaga bog'liq deb olamiz. Arrali silindrning xom ashyo valigi hosil qilgan soha oldingi qatlami uning arrali silindr va xom ashyo valigining o'qlaridan o'tuvchi tekislikdan  $\xi$  masofa ajratib olingan qismi bo'ladi.  $\xi = \xi_1 > 0$  ikkala silindrik sirtlar o'zaro kontaktning boshlanishini,  $\xi = \xi_2 < 0$  uning tugashini belgilaydi.

Arrali silindrga ta'sir etayotgan kuchlar muvozanati qo'yidagicha bo'ladi:

$$F' - F = 0, \quad Q - \int_{\xi_1}^{\xi_2} b p(\xi) d\xi = 0, \quad FR_a - L + \int_{\xi_1}^{\xi_2} b \xi p(\xi) d\xi = 0 \quad (7.2.1)$$

buerda  $FR_a$  – foydali qarshilik momenti, ushbu integral esa

$$M = \int_{\xi_1}^{\xi_2} b \xi \cdot p(\xi) d\xi \quad (7.2.2)$$

chaykalma (kacheniya) ishkalanish momenti. Bunday momentning hosil bo'lishi uchun qo'yidagi shart bajarilishi lozim

$$F' = F < f \cdot Q \quad (7.2.3)$$

Bu yerda  $f$  - sirpanishdagi arrali silindr bilan xom ashyo valigi sirti orasidagi ishqalanish koefitsienti, aks holda arrali silindr valik sirti bo'ylab sirpanishi hosil bo'ladi. Tishli arrali silindrda tengsizlik (7.2.3) amalda xamma vaqt o'rinli bo'ladi.

Arrali silindr aylanishida uning eng baland nuqtasi  $A$  valikning sirtidan  $y_0$  masofada bo'ladi. Bu masofa o'z navbatida xom ashyo valigining arrali silindr o'qiga yaqinlashish masofasini ham beradi.

Endi markazlari  $((O_1, R_1 + y_0), (O_1, R_2))$  nuqtalarda bo'lgan aylana tenglamalarini ko'ramiz.

$$y_1 = -R_1 + \sqrt{(R_1 + y_0)^2 - \xi^2}; \quad y_2 = R_2 - \sqrt{R_2^2 - \xi^2}; \quad R_1 = R_c, \quad R_2 = R_a$$

Xom ashyo valigining ixtiyoriy nuqtasidagi arrali silindr o'qiga yaqinlashish masofasi qo'yidagicha bo'ladi.

$$y = y_1 - y_2 = -R_1 + \sqrt{(R_1 + y_0)^2 - \xi^2} - R_2 + \sqrt{R_2^2 - \xi^2}$$

Qo'yidagi shartlar asosida

$$\left( \frac{\xi^2}{2R_2}, \frac{\xi^2}{2R_1} \right) \ll 1 \left( \frac{\xi^4}{4R_2^4} = 0; \frac{\xi^4}{4R_1^4} = 0 \right), \left( \frac{\xi^2}{2R_2}, \frac{\xi^2}{2R_1} \right) \ll 1,$$

yo'zishimiz mumkin.

$$y = y_0 - \frac{R_2 + R_1}{2R_2R_1} \xi^2 \quad (7.2.4)$$

Bu yerda  $\xi$  va  $\eta$  koordinata boshi  $O$  nuqtada harakatlanuvchi koordinata sistemasi bo'lib,  $O\xi$  harakatdagi absitssta o'qi bo'ylab,  $O\eta$  o'qi unga perpendikulyar qilib yo'naltirilgan. Agar arrali silindr  $\omega_2 R_2$ , xom ashyo valigi esa  $\omega_1 R_1$  tezlik bilan harakatlansa, u holda valikning arrali silindrga nisbatan tezligi qo'yidagicha bo'ladi:

$$\frac{d\xi}{dt} = -c \frac{\sqrt{(R_1 + y_0)^2 - \xi^2}}{R_1 + y_0} \approx -c$$

$$(c = \omega_2 R_2 - \omega_1 R_1).$$

Xom ashyo valigining arrali silindrga yaqinlashish tezligi uning ixtiyoriy nuqtasida qo'yidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{dy}{dt} = 2\xi \frac{\alpha}{2R_1} \frac{d\xi}{dt} = \xi \frac{\alpha}{R_1} c = \frac{\xi \alpha c}{R_1}, \left( \alpha = \frac{R_2 + R_1}{R_2} \right) \quad (7.2.5)$$

Arrali silindrning xom ashyo valigi bilan dastlabki uchrashish nuqtasida yaqinlashishi nolga teng, shuning uchun  $u = 0$  agar  $\xi = \xi_1$  bo'lsa, u holda  $0 = y_0 - \frac{\xi_1^2 \alpha}{2R_1}$ , bo'lib, qo'yidagi boglanishni olamiz.

$$y_0 = \frac{\alpha \xi_1^2}{2R_1}$$

Valikning arra silindri kontaktdan chiqish nuqtasida umuman olganda ularning bir-biriga yaqinlashish qiymati nol bo'lmasligi mumkin, lyokin bu nuqtada valik arradan ajralib ketganligi uchun bosim nolga teng bo'ladi. Shunday qilib, yozishimiz mumkin

$$p(\xi_2) = 0$$

Yaqinlashishning boshlangich nuqtasi  $\xi = \xi_1$  ga kelganda, bu nuqtada xom ashyo valigining deformatsiyalanish holatiga qarab bosim nolga teng yoki unda farqlanishi mumkin. Agar uni deformatsiyalanishi Vinkler Foygt qonuniga bo'ysinsa (relaksatsiyaga moyil muxit) u holda bosim uchun qo'yidagi ifodani olihimiz mumkin

$$p = Ky + \mu \frac{dy}{dt}$$

Bu yerda  $K$  - bikrlilik moduli,  $\mu$  - xom ashyo valigining so'nish (dempfirilanish) koeffitsienti  $y, \frac{dy}{dt}, u_0$  larning ifodalarini e'tiborga olib (4.16.4) va (4.16.5) larga ko'ra, qo'yidagi bog'lanishlarni topamiz

$$p = K \frac{\alpha}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi^2) + \mu \frac{\alpha \omega_1 R_1}{R_1} \xi = \frac{K\alpha}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi^2) + \mu \alpha \xi \frac{c}{R_1}$$

Arrali silindrga ta'sir etayotgan vertikal kuchning ifodasi qo'yidagicha

$$Q = \int_{\xi_2}^{\xi_1} bp(\xi) d\xi = b\alpha \left[ K \left( \frac{\xi_1^3}{2R_1} - \frac{1}{6R_1} \xi_1^3 \right) - K \left( \xi_2 \frac{\xi_1^2}{2R_1} - \frac{1}{6R_1} \xi_2^3 \right) + \mu \frac{c}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi_2^2) \right]$$

va chaykalishga qarishilik momenti

$$M = \int_{\xi_2}^{\xi_1} bp(\xi) d\xi = b\alpha \left[ K \left( \frac{1}{4R_1} \xi_1^4 - \frac{1}{8R_1} \xi_1^4 \right) - K \left( \frac{1}{2} \frac{\xi_1^2}{2R_1} \xi_2^2 - \frac{\xi_2^4}{8R_2} \right) + \mu \frac{c}{3R_1} (\xi_1^3 - \xi_2^3) \right]$$

Ushbu tenglikni

$$p(\xi_2) = \frac{\alpha K}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi_2^2) + \alpha \mu \frac{c}{R_1} \xi_2 = 0 \quad (7.2.6)$$

e'tiborga olib, yozish mumkin:

$$Q = \alpha b \left[ \frac{K}{R_1} \frac{1}{3} (\xi_1^3 - \xi_2^3) + \mu \frac{c}{2R_1} (\xi_1^2 + \xi_2^2) \right] \quad (7.2.7)$$

$$M = \alpha b \left[ \frac{K}{R_1} \frac{1}{8} (\xi_1^4 - \xi_2^4) + \mu \frac{c}{6R_1} (2\xi_1^2 + \xi_2^3) \right] \quad (7.2.8)$$

Chayqalish kuchi ushbu formula yordamida aniqlanadi:

$$F = (L - M) / R_1, F < fQ \quad (7.2.9)$$

Arrali silindrni sirpanmasdan harakat qilishini ta'minlash uchun ushbu shart bajarilishi  $L > M$  lozim.

Shunday qilib ko'rsatilgan rejimdagi kontakti ta'minlash va arrali silindr talab etilayotgan shartda xom ashyo valigi bilan o'zaro ta'sirlanishuvi holatida harakatlanish uchun tashqi qo'yilayotgan moment ushbu tengsizlikni qanoatlantirishi lozim bo'ladi  $M < L < M + fQR_1$

7.2.1-Jadval. Koordinatalar  $\xi_1$ ,  $\xi_2$ , ko'chish  $y_0$  va qarshilik momenti  $M$  larning ulchamsiz parametr,  $\lambda = Q / KR_1^2 b$  ning ikki qiymatida parametr  $\beta = c\mu / KR_1$  bo'yicha o'zgarishlari.

7.2.1-Jadval

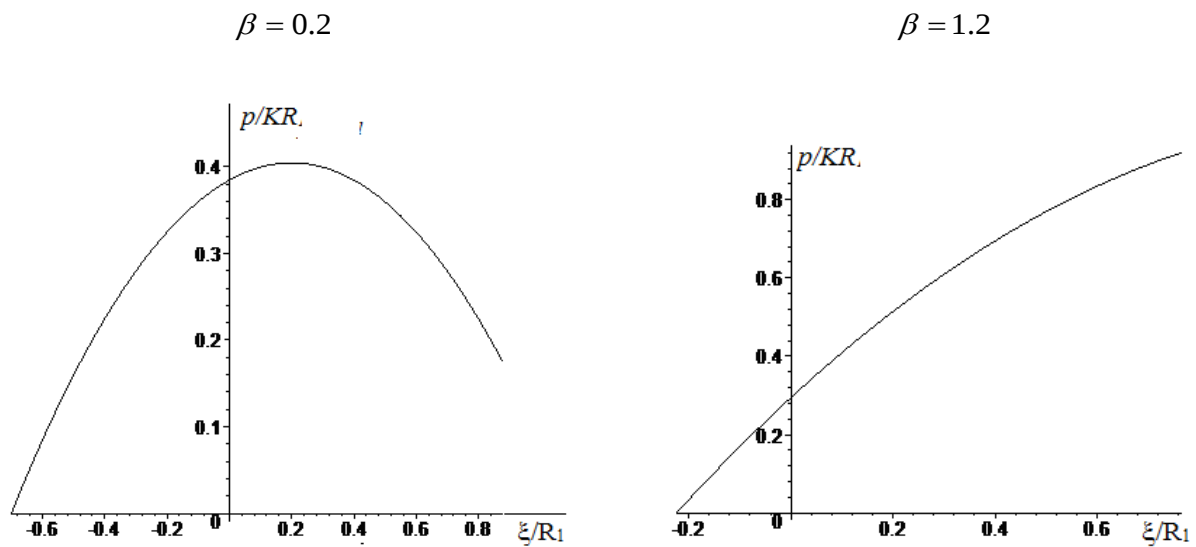
| $\lambda = 0.5$       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\beta = c\mu / KR_1$ | 0    | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1    | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2    |
| $\xi_1 / R_1$         | 0.7  | 0.53 | 0.4  | 0.3  | 0.23 | 0.18 | 0.15 | 0.12 | 0.1  | 0.09 | 0.07 |
| $-\xi_2 / R_1$        | 0.7  | 0.7  | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.63 | 0.61 | 0.59 | 0.58 | 0.56 | 0.55 |
| $y_0 / R_1$           | 0.54 | 0.54 | 0.52 | 0.49 | 0.47 | 0.43 | 0.41 | 0.37 | 0.36 | 0.34 | 0.33 |
| $8M / KbR_1^3$        | 0    | 2.02 | 3.4  | 4.36 | 4.96 | 5.35 | 5.69 | 5.94 | 6.2  | 6.27 | 6.45 |
| $\lambda = 1$         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $\beta = c\mu / KR_1$ | 0    | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1    | 1.2  | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2    |
| $\xi_1 / R_1$         | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.84 | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| $-\xi_2 / R_1$        | 0.88 | 0.7  | 0.55 | 0.43 | 0.34 | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.16 | 0.13 | 0.12 |
| $y_0 / R_1$           | 0.89 | 0.84 | 0.81 | 0.77 | 0.72 | 0.68 | 0.64 | 0.61 | 0.58 | 0.55 | 0.52 |
| $8M / KbR_1^3$        | 0    | 4.07 | 6.9  | 8.74 | 10   | 11   | 11.6 | 12.2 | 12.5 | 12.9 | 13.1 |

Agar xom ashyo valigiga vertikal tashqi kuch ta'sir etmasa, u holda  $Q$  kuch uning og'irligiga teng bo'ladi, ya'ni  $Q = mg$  ( $m$  - valik massasi) (7.2.6) va (7.2.7) formulalardan  $\xi_1$  va  $\xi_2$ , aniqlab (7.2.8) chayqalish moment  $M$  topamiz.  $\xi_2 = -\xi_0 R_1$  ( $\xi_0 > 0$ ) deb qabul qilamiz va (7.2.6) tenglamani  $\xi_1$  nisbatan echamiz:  $\xi_1 = \sqrt{\xi_0(\xi_0 + 2\beta)}$  va unig ifodasini (7.2.7) tenglamaga qo'yib  $\xi_1$  nisbatan quyidagi tenglamani olamiz.

$$\xi_0(\xi_0 + 2\beta)\sqrt{\xi_0(\xi_0 + 2\beta)} + \xi_0^3 + 3\beta\xi_0(\xi_0 + \beta) - 3\lambda/\alpha = 0$$

Bu yerda  $\beta = c\mu / KR_1$ ,  $\lambda = Q / KR_1^2 b$

Jadvalda  $\lambda$  parametrning ikkita qiymatida koordinatalar  $\xi_1$ ,  $\xi_2$ , kuchish  $y_0$  va qarshilik momenti  $M$  larining  $\beta$  parametr bo'yicha uzgarishlari keltirilgan. 7.2.2-rasmda ulchamsiz bosim  $\bar{p} = p / KR_1$   $\lambda = 1$  bo'lganda  $\beta$  ning ikkita qiymatida jinlash zonasidagi uzgarishi grafigi keltirilgan. Jadvaldagi natijalardan va grafiklardan jinlash zonasidagi parametrlarga parametr  $\beta$  ning kata ta'sir utkazish kuzatiladi.



7.2.2-rasm. Jinlash zonasida bosim  $\bar{p} = p / KR_1$  ning taqsimlanish grafigi.

### **Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar**

1. Xom ashyo valigi va arrali silindr tutashgan sirtida xosil buladigan kuchlarning izohi.
2. Tashqi quyilgan kuchlar va reaksiya kuchlari uchun muvozanat tenglamalari.
3. Tutash sirtidagi bosimni aniqlashda uning modeli. Vinvler –Foygt qonuni va undan foydalanish.
5. Jinlash zonasida xom ashyo valigi va arrali silindr sirtlarining yaqinlashish koordinatalarini aniqlash.
6. Tutash sirtining boshlangich va undan chiqish koordinatalarini toppish.
7. Tutash sirtida hosil bo'ladigan kuchlarining teng ta'sir etuvchisini topish.
8. Tutash sirtida hosil bo'ladigan kuchlar momentini topish.
9. Arrali silindr sirtiga vertikal kuch ta'sir etsa jinlash zonasining boshlangich va chiquvchi koordinatalari va qarshilik momentini aniqlash.
10. Tutash sirtidagi bosimni aniqlash va uning grafigini tahlili.

### **7.3. Vertikal o`q bilan burchak tashkil qilgan xom ashyo valigining arrali silindir ta'siridagi statik va dinamik holatlarini modellashtirish.**

Jinlashda arra tishlari ta'sirida tolaning chigitdan ajratish jarayoni bo`lib, bu jarayon ishchi kamerada sodir bo`lib, arra tishlarining xom ashyo valigi va kolosniklar bilan o`zaro ta'sirlanishuvi natijasida bo`lib utadi. Tolani chigitdan ajratish yyetarli darajada murakkab jarayon bo`lib, u hozirgacha yyetarli darajada o`rganilmagan va bu yerda hosil bo`ladigan ko`p muammolari hali o`z yechimini to`la topmagan. G.I.Miroshnichenko, G.I.Boldinskiy, M.T.Tillaev va boshq`alarninig ishlarida arra tishlari bilan tola massasi orasidagi ishqalanish kuchlari haqida ayrim ma'lumotlar berilgan bo`lib, bu kuchlarning o`z navbatida o`zaro tasirlanishuv yoyida o`zgaruvchanligi va ular tola ajratish dinamikasida katta rol o`ynashi ta'kidlangan. Bu ishlarda xom ashyo valigi bilan arrali silindrning tutash sirtida tolaning chigitda ajratishga katta ta'sir qiladign tutash (kontakt) kuchning qanday qonun bilan taqsimlangani aniqlanmagan. Ishda tutash sirtida hosil bo`ladigan bosimni izohlash va uni tahlil qilish uchun «prujina» modeli taklif etilgan. Unga ko`ra tutash zonasida arra tishlarining xom ashyo valigiga chuqurlashishi bilan normal kuch orasidagi boglanish chiziqli qonun bilan tasvirlangan. Bu ishda tutash (kontakt) zonasida

sirpanish zonasinig hosil bo`lishi va uning tolani chigitda jinlash jarayoniga ta'siri masalalari ko`rilmagan. Unda absolyut qattiq g`altakning relaksatsiyaga moyil muhitda chayqalib harakat qilishi tahlil qilingan bo`lib, kontakt yuzada hosil bo`ladigan qarshilik kuchi siljish  $c$  nolga teng bo`lmasa qovushqoq kuch ta'sirida bosimning nosimmetrik taqsimlanishi natijada hosil bo`lishi ta'kidlangan. Bunday hol uchun oldingi ma'ruzada tegishli model taklif etilib ularni qo`llash natijasida olingan natijalar tahlili berilgan edi. Navbatdagi ma'ruzada bosimning nosimmetrik taqsimlanishi xom ashyo valigining vertikal o`qqa nisbatan qiya burchak hosil qilishi natijasida hosil bo`lish mumkinligi qaraladi. Ma'ruzada arrali silindrning burchak aylanish tezligining va valik va arrali silindr markazlarini birlashtiruvchi chiziq bilan vertikal o`k orasida qiya burchakning kontaktda hosil bo`ladigan tishlar bilan valik orasidagi ta'sirlanishuv kuchlariga ta'siri o`rganilgan ularni tavsiflash modeli taklif etilgan.

Faraz qilaylik radiusi arrali silindr  $R_a$  bo`lgan absolyut qattiq g`altak (katok) bo`lib, radiusi  $R_c$  ga teng deformatsiyalanadigan xom ashyo valigi bo`ylab sirpanmay o`zgarmas  $v$  chiziqli tezlik bilan harakat qilsin. Kontakt yuzada sirpanish bo`lmaganligi sababli valikning arrali silindr bilan tutashgan har bir nuqtasi shu tezlik bilan harakat qiladi. Natijada valikning kontakt zonasida deformatsiyalanishi vaqt  $t$  ning o`ziga aynan bogliq bo`lmay tutashdagi koordinata bilan arrali silindrning ko`chishi  $vt$  orasidagi ayirmaga bog`liq bo`ladi va bunday holat odatda statsionar holat deb ataladi. Bu holatda arrali silindrning aylanishidan hosil bo`lib, xom ashyo valigiga ta'sir etayotgan barcha kuchlar o`zaro muvozanatda bo`ladi. Bu kuchlar quyidagilardir (7.3.1-rasm):

1. Arrali silindrga tashqi ta'sir etayotgan gorizontal  $F$  va vertikal  $Q$  kuchlarni silindrning geometrik markaziga ko`chirilishi natijasida hosil bo`lgan juft moment  $L$  arrali silindrni aylantirayotgan tashqi momentga teng bo`ladi

2. Arrali silindr tishlarining xom ashyo valigigi chuqurlashishi va tolani chigitdan uzishni hosil qiladigan va shuning bilan birga valikni arrali silindr sirtida saqlab turuvchi kuch.

3. Kontakt yuzada hosil bo'lgan tarqalgan normal kuch. Bu kuch xom ashyo valigining uzunligi bo'ylab o'zgarmas bo'lib uni va odatda solishtirma bosim  $p$  deb aytiladi

Koordinata boshini 7.3.1-rasmga ko'ra  $O$  nuqtada o'rnatiramiz va  $\xi$  o'qini kontakt chizig'i bo'ylab yo'naltiramiz,  $\xi = \xi_2 > 0$  va  $\xi = \xi_1 < 0$  nuqtalarni mos ravishda arrali silindrning valikka boshlangich (dastlabki) botish va undan chiqish nuqtalari deb qaraymiz. Arrali silindrga ta'sir etayotgan kuchlarning muvozanat tenglamalari quyidagicha yoziladi

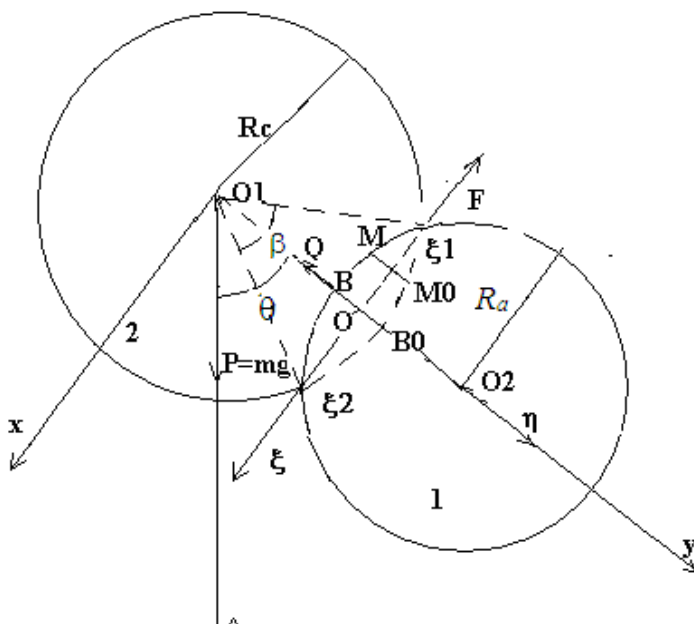
$$F + P \sin \theta = 0 \quad (7.3.1)$$

$$Q - Q_0 + P \cos \theta = 0 \quad (7.3.2)$$

$$L - M_0 - F(R_b - u_0) = 0 \quad (7.3.3)$$

$$Q_0 = b \int_{\xi_1}^{\xi_2} p(\xi) d\xi, \quad M_0 = b \int_{\xi_1}^{\xi_2} \xi p(\xi) d\xi = 0$$

Bu yerda  $P = mg$  - xom ashyo valigining og'irlik kuchi,  $b$  - valikning uzunligi,  $u_0 = BB_0$  - xom ashyo valigi va arrali silindr markazlarining bir-biriga yaqinlashishi,  $Q$  - og'irlik kuchidan tashqari tashqi ta'sir qilayotgan vertikal kuch,  $\alpha$  - xom ashyo valigi va arrali silindr markazlaridan o'tuvchi to'g'ri chiziq  $O_1O_2$  ning  $O_1A$  vertikal o'q bilan tashkil qilgan burchagi ( $0 \leq \theta < \pi/2$ ) (7.3.1-rasm).



7.3.1- rasm. Arrali silindr (1) bilan xom ashyo valigi (2) kontakt zonasi

–  $\xi_1 < \xi < \xi_2$  da ta'sir qilayotgan kuchlar sxemasi.

Xom ashyo valigining arrali silindr bilan sirpanmasdan harakatda bo'lishini ta'minlanishi uchun quyidagi tengsizlik bajarilishini talab qilish lozim bo'ladi.

$$F < fQ$$

Bu yerda  $f$  - arrali silindrning xom ashyo valigi sirtida sirpanishdagi ishqalanish. Agar sirpanish jarayoni ro'y bersa, u holda jinlash jarayonining samaradorligi kamayadi. Arrali silindrni xom ashyo valigiga botishida uning eng yuqori nuqtasi  $B$  valikning deformatsiyalanishi natijasida unga  $BB_0 = u_0$  masofaga chuqurlashadi. Endi valikning ixtiyoriy nuqtasidagi ko'chishni aniqlaymiz.  $xO_1y$  koordinata sistemasida markazlari  $O_1(0, u_0)$  va  $O_2(0, R_b + R_c)$  nuqtalarda bo'lgan aylanalar tenglamalarini yozamiz

$$(y_2 - u_0)^2 + x^2 = R_c^2, (y_1 - R_c - R_b)^2 + x^2 = R_b^2$$

Arrali silindrning valikning ixtiyoriy nuqtasidagi botish quyidagicha aniqlanadi:

$$u = y_2 - y_1 = u_0 + \sqrt{R_c^2 - x^2} + \sqrt{R_b^2 - x^2} - R_c - R_b \quad (7.3.4)$$

To'rtinchi tartibdagi cheksiz kichkina ( $\frac{x^4}{R_c^4} \approx 0, \frac{x^4}{R_b^4} \approx 0$ ) aniqlik uchun quyidagi

$x = \xi$  deb quyidagi ifodani yozishimiz mumkin

$$u \approx u_0 - \frac{\xi^2}{2R_c} - \frac{\xi^2}{2R_b} \quad (7.3.5)$$

Arrali silindrning boshlang'ich nuqtasida ( $\xi = \xi_2 > 0$ )da silindrning valikka botish qiymati nolga teng. Shuning uchun (7.3.5) dan foydalanib yozish mumkin.

$$u_0 = \xi_2^2 \frac{R_c + R_b}{2R_c R_b} \quad (7.3.6)$$

Bu yerdan  $\xi_2$  nuqtani  $u_0$  orqali ifodasini aniqlaymiz

$$(\beta = R_c / \alpha = R_c R_b / (R_c + R_b))$$

$$\xi_2 = \sqrt{2\beta u_0}$$

Kontaktdagi xom ashyo valigi bilan arrali yuzasida bosimni aniqlash uchun «prujina» modelini qo'llaymiz, unga ko'ra arra tishi botishi natijasida xom ashyo

nuqtasida hosil bo'lgan bosim yuzaning shu nuqtasidagi ko'chishiga propotsional bo'ladi, ya'ni ( $K$  - bikrlilik koefitsienti)

$$p = Ku = K[u_0 - \xi^2(R_b + R_c)/2R_cR_b] \quad (7.3.7)$$

Kontakt yuzasidan chiqqan nuqta  $\xi = \xi_1$  da umuman olganda arraning botishi nolga teng bo'la olmaydi. Lekin bu nuqtada xom ashyo valigi arrali silindr sirtidan ajraladi, shuning uchun bu nuqtada bosimni nolga teng deb olish zarur. U holda (7.3.7) ga ko'ra  $\xi_1 = -\xi_2$  tenglik o'rinli bo'ladi.

Bosim kuchining teng ta'sir etuvchisi va qarshilik momentlari uchun (7.3.2), (7.3.3) va (7.3.7) tengliklarga ko'ra quyidagi formulalarni olamiz.

$$Q_0 = \int_{-\xi_2}^{\xi_2} bp(\xi)d\xi = \frac{4}{3}bKu_0\sqrt{2\beta u_0}, \quad M_0 = 0 \quad (7.3.8)$$

$Q_0$  va  $M_0$  ifodalrini (4.17.2) va (4.17.3) tengliklarga qo'ysak:

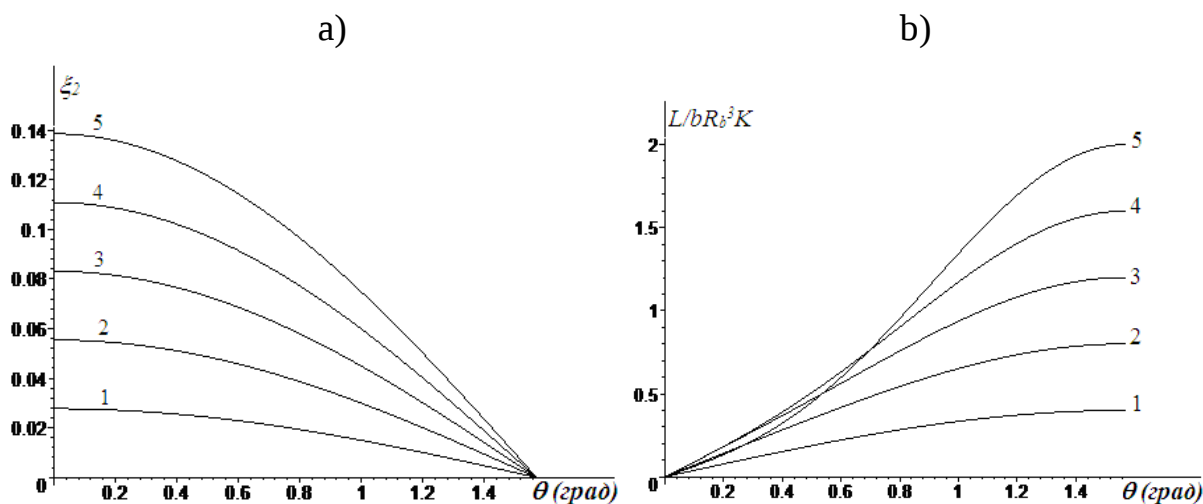
$$Q + P \cos \theta = \frac{4}{3}bKu_0\sqrt{2\beta u_0} \quad (7.3.9)$$

$$L - P(R_b - u_0)\sin \theta = 0 \quad (7.3.10)$$

$Q_0$ ,  $M_0$  va burchak  $\theta$  berilsa, (8) i (9) tenglamalardan ko'chish  $u_0$  va moment  $L$  ni aniqlash mumkin:

$$u_0 = \left( \frac{9}{32} \frac{(Q + P \cos \theta)^2}{\beta b^2 K^2} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad L = P(R_b - u_0)\sin \theta \quad (7.3.11)$$

7.3.2- rasmda arrali silindrning xom ashyo valigiga boshlangich botish nuqtasi  $\xi_2(m)$ , hamda o'lchamsiz moment  $L/bR_b^3K$  larning burchak  $\theta$  ga bog'liqlik grafiklari o'lchamsiz parametr  $\lambda = mg/bR_b^2K$  ning har xil qiymatlardagi keltirilgan. Hisobda quyidagi qiymatlar qabul qilingan:  $Q = 0$ ,  $R_b = 0.16m$ ,  $R_c = 0.19m$ . Grafiklar tahlilidan o'lchamsiz kattalik  $\lambda = mg/bR_b^2K$  qiymati oshganda (ya'ni bu xol xom ashyo valigi og'irligini oshishiga yoki bikirlik koefitsienti  $K$  ning qiymati kamayishiga mos keladi) koodinata  $\xi_2$  va momenti  $L$  qiymatlarini oshib borishi kuzatilgan. Agar moment  $L$  qiymati ma'lum bo'lsa, u holda arrali silindrning aylanish burchak tezligi  $\omega_b$  ni aniqlash mumkin bo'ladi.



7.3.2-rasm. Koordinata  $\xi_2(\mathcal{M})$  (a) va o'lchamsiz moment  $L/bR_b^3K$  (b)

parametr  $\lambda = mg/bR_b^2K$  ning har xil qiymatlarida burchak  $\theta$  ga bog'lanish grafiklari.

### Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar

1. Vertikal o'qqa qiya o'rnatilgan valikning muvozanatda bo'lishi va uning arrali silindr ustida sirpanmaslik sharti.
2. Xom ashyo valigining arrali silindr bilan tutashganda muvozanat tenglamasi.
3. Arrali silindrning xom ashyoga botishi va uning kontakt chizigi bo'yicha taqsimlanishi.
4. Arrali silindr bilan xom ashyo valigi zonasidagi statsionar harakat va uning o'rinli bo'lish sharti.
5. Kontakt yuzada bosimning aniqlashda Vinkler modelidan foydalanish.
6. Arrali silindrning xom ashyoga botishi bilan vertikal kuch orasidagi bog'lanish.
7. Kontakt yuzada hosil bo'ladigan qarshilik momentini aniqlash.
8. Arrali silindrning valikka botish qiymatini aniqlash.
9. Kontakt yuzada hosil bo'lgan momentni hisoblash.
10. Natijalar grafiklarining tahlili.

#### 7.4. Xom ashyo valigidan tola ajratish jarayoning modeli va uning silindrga nisbatan kichkina tebranishlarining jinlash jarayoniga ta'siri.

Endi faraz qilaylik arrali silindrning xom ashyo valigi bilan o'zaro ta'sirlanishuvi jarayoni qisman xom ashyodan tola ajratish bilan sodir bo'lsin. Jarayon xom ashyo valigida ma'lum qatlamdagi tola ajratilib, bu holat kontat yuzadagi taqsimlangan bosimga ta'sir etmaydi va hamda valikdan massaning ajratib olish tezligi (adabiyotda bu jarayon sirtning egiluvchanligi (iznashivanie) deyiladi) egiluvchanlig nazariyasiga ko'ra bosimga va xom ashyo valigi bilan arrali silindr chiziqli tezliklariga proportsional bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, arrali silindr tezligi va xom ashyo valigi tezliklarining bir biridan farq qilinishi silindrning xom ashyo sirtida sirpanish natijasida hosil bo'lmaydi, chunki aks holda valikdan tola ajratilmagan bo'lardi. Ikki silindr orasida qatlam hosil bo'lganligi sababli tezliklar bir biridan farq qiladi va buning natijasida qatlamdan qisman massa ajralish jarayoni yuzaga keladi. Bu qatlam qalinligi kichkina bo'lganligi sababli, uning silindr va valik tezliklariga ta'sir etmaydi deb qabul qilish mumkin. Buning natijasida kontakt sirtida xom ashyo chiziqli tezligi silindr tezligiga teng bo'lmaydi, boshqacha qilib aytganda, sirtida normal yo'nalishda tezlik uzilishga ega bo'ladi.

Sirtidagi qatlamni kontakt yuzaga perpendikulyar yo'nalishdagi ko'chishini  $w(\xi)$  belgilaymiz (7.4.1-rasm). Qabul qilingan sxemaga binoan bu ko'chish quyidagi tenglamani qanoatlantirishi lozim ( $K_w$ - yuzasi  $1m^2$  qalinligi bir birlikka teng bo'lgan qatlamdan ajratib olish uchun zarur bo'lgan kuchni ifodalaydigan koeffitsient, ishqalanish va egiluvchanlik nazariyasida uni egiluvchanlik koeffitsienti deb aytiladi:

$$\frac{dw}{dt} = K_w cP(\xi) = K_w cP(\xi)$$

Bu yerda ayirma  $c = \omega_2 R_2 - \omega_1 R_1$  - ikki jismning bir-biriga nisbatan siljishini belgilaydi,  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  - silindr va xom ashyo valigining burchak tezliklari,  $R_1$  va  $R_2$  - ularning radiuslari. Dastlab siljish o'zgarmas deb olamiz, ya'ni  $c = c_0 > 0$  bo'lsin.

16-ma'ruzada bosim uchun olingan ifodaga ko'ra qo'zg'aluvchi sistema koordinatasiga nisbatan yuqoridagi tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz

$$-c_0 \frac{dw}{d\xi} = K_w c_0 \alpha \left[ K \frac{\xi_1^2 - \xi^2}{2R_1} + \mu \frac{c_0}{R_1} \xi \right]$$

Bu tenglamani  $w = 0$   $\xi = \xi_1$  bo'lganda sharti bilan integrallaymiz

$$w = \alpha K_w \left[ \frac{K(\xi_1 - \xi)^2 (2\xi_1 + \xi)}{6R_1} + \frac{\mu c_0 (\xi_1^2 - \xi^2)}{2R_1} \right] \quad (7.4.1)$$

Qatlamdan olinadigan tola massaning hajmi quyidigicha aniqlanadi.

$$\begin{aligned} V &= b \int_{\xi_2}^{\xi_1} W(\xi) d\xi = b \alpha K_w \left[ \int_{\xi_2}^{\xi_1} \frac{K(\xi_1 - \xi)^2 (2\xi_1 + \xi)}{6R_1} + \frac{\mu c_0 (\xi_1^2 - \xi^2)}{2R_1} \right] \alpha \xi = \\ &= b \alpha K_w \frac{(\xi_1 - \xi_2)}{4} \left\{ \frac{K(8\xi_1^3 - 6\xi_1^2(\xi_1 + \xi_2) + (\xi_1 + \xi_2)(\xi_1^2 + \xi_2^2))}{6R_1} + \frac{\mu c_0 (\xi_1^2 - \xi_2 \xi_2 + \xi_2^2)}{R_1} \right\} \end{aligned} \quad (7.4.2)$$

Ajratilgan tola massasi  $m = \rho V$  formula yordamida aniqlanishi mumkin.

Tolali massaning ajratish (jinlash) jarayonining intesivligi ( $m^3/s$ ) quyidagi formula yordamida aniqlashimiz mumkin:

$$\begin{aligned} q &= b \int_{\xi_2}^{\xi_1} \frac{dw}{dt} d\xi = -b c_0 \int_{\xi_2}^{\xi_1} \frac{dW}{d\xi} d\xi = -b K_w \alpha c_0 \left[ \int_{\xi_2}^{\xi_1} K \frac{\xi_1^2 - \xi^2}{2R_1} + \mu \frac{c_0}{R_1} \xi \right] d\xi = \\ &= b K_w \alpha c_0 \left[ K \frac{\xi_1^2 (\xi_1 - \xi_2) - \frac{\xi_1^3 - \xi_2^3}{3}}{2R_1} + \mu \frac{c_0}{R_1} (\xi_1^2 - \xi_2^2) \right] \end{aligned} \quad (7.4.3)$$

$\xi_2$  qiymati (7.4.6) tenglamadan aniqlanadi:

$$\xi_2 = \frac{\mu}{K} c_0 - \sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} c_0^2 + \xi_1^2} \quad (7.4.4)$$

Hususiyl holda, agar  $\mu = 0$ ,  $\xi_2 = -\xi_1$  bo'ladi va intensivlik

$$q = \frac{c_0}{3} b K_w \alpha \frac{K}{R_1} \xi_1^3$$

(7.4.8) formulada,  $\xi_1$  quyidagi boglanishni topamiz

$$Q + P \cos \theta = \frac{2bK}{3\beta} \xi_1^3$$

Yuqoridagi formula bilan solishtirsak

$$q = K_w c_0 (Q + P \cos \theta) / 2$$

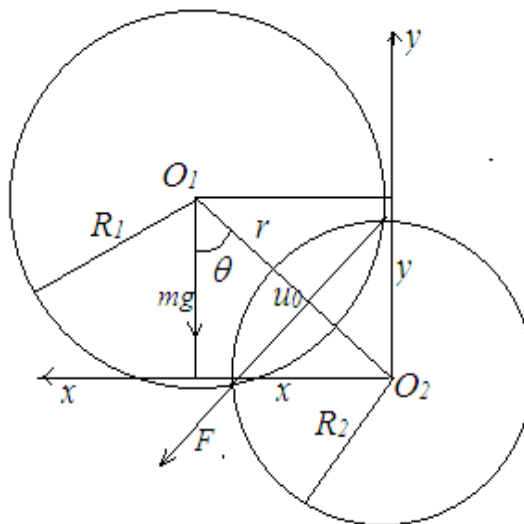
Shunday qilib jinlash intensivligi xom ashyo valigiga ta'sir etayotgan vertikal kuchga propotsional ekan. Agar vertikal kuch faqat xom ashyo valining og'rliqi nolga teng bo'lsa ( $Q = 0$ ), u holda quyidagi formulani olamiz:

$$q = K_w c_0 mg \cos \theta / 2$$

Jinlash jarayoni qurilmalarining notekis harakati, hamda ta'minlagichlardan notekis mahsulot yetkazilishi sababli odatda nestatsionar holatda kechadi. Bu esa jinlash jarayonining vaqt bo'yicha o'zgarib turishi, bu holat esa ajratiladigan tola miqdori bir birlik vaqt oralig'ida bir hil bo'lmasligini ko'rsatadi, boshqacha qilib aytganda intensivlik vaqt  $t$  ning funksiyasi bo'lishi lozimligini ko'rsatadi. Xom ashyoning notekis harakatlanishigi yana bir sababi uning og'irlik markazi  $O_1$  nuqta koordinatasining vaqti bo'yicha o'zgarishi ham bo'lishi mumkin. Shu munosabat bilan  $O_1$  nuqtasining vaqt o'zgarishini aniqlash uchun uning qutb koordinatalarini qaraymiz (7.4.3-rasm).

$$x = r \sin \theta, \quad y = r \cos \theta \quad (7.4.4)$$

Bu yerda  $r = O_1 O_2 = R_1 + R_2 - u_0$



7.4.1-rasm. Markaziy nuqta koordinatalari o'zgaruvchi xom ashyoning sxemasi

Masofa  $r$  va burchak  $\theta$  larni umumlashgan koordinatalar deb qabul qilamiz. U holda uning kinetik energiyasi va umumlashgan kuchlarning ifodalari quyidagicha bo'ladi.

$$T = \frac{m}{2}(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2), \quad Q_r = mg \cos \theta - Q_0, \quad Q_\theta = -mg \sin \theta + L \quad (7.4.5)$$

Bu yerda  $m$  - xom ashyo massasi,  $Q_0$   $O_1O_2$  - yo`nalish bo'yicha hosil bo'lgan normal qarshilik kuchi, uni (7.4.8) formula yordamida aniqlaymiz. Lagranjning II – tur tenglamalarida

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{r}}\right) - \frac{\partial T}{\partial r} = Q_r, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}}\right) - \frac{\partial T}{\partial \theta} = Q_\theta$$

(7.4.5) ifodalarni qo'yib  $r$  va  $\theta$  topish uchun tenglamalar sistemasini olamiz

$$m\ddot{r} - mr\dot{\theta}^2 = mg \cos \theta - Q_0 \quad (7.4.6)$$

$$mr^2\ddot{\theta} = L - mgr \sin \theta \quad (7.4.7)$$

Bu sistemani (7.4.8) formulaga ko`ra, hamda koordinata  $r$  ning  $u_0$  orqali ifodalanishini e'tiborga olib (7.4.6) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz

$$m\ddot{r} - mr\dot{\theta}^2 = mg \cos \theta - \frac{4bK\beta(R_1 + R_2 - r)\sqrt{2\beta(R_1 + R_1 - r)}}{3} \quad (7.4.8)$$

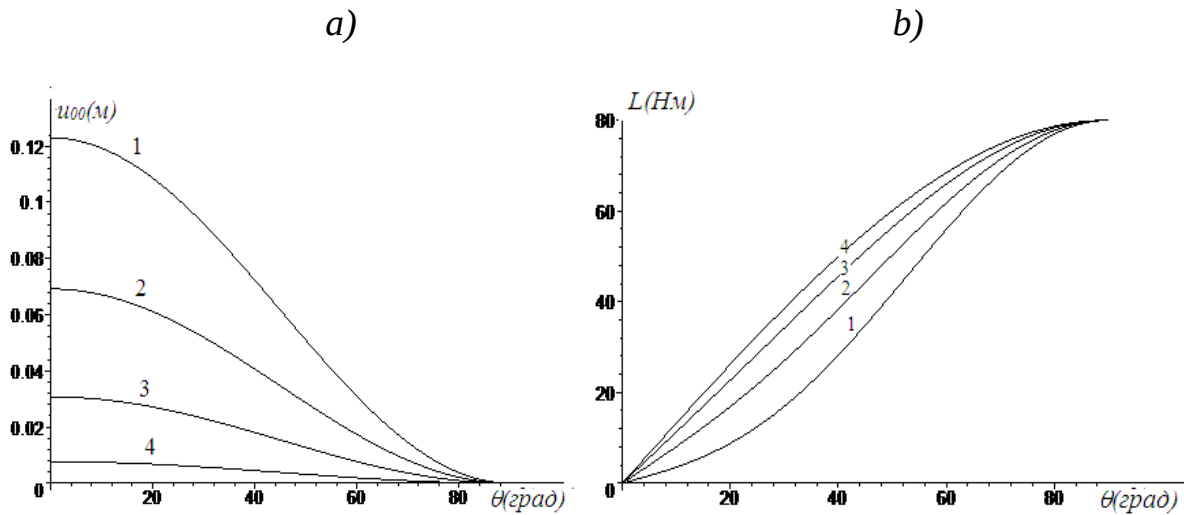
(7.4.7) va (7.4.8) lar umumlashgan koodinatalar  $r$  va  $\theta$  larni topish uchun chiziqsiz tenglamalar sistemasini beradi. Sistema  $t = 0$  bo'lganda  $r = R_1 + R_2 - u_{00}$ ,  $\theta = \theta_0$  shartlari bajarilish e'tiborga olib integrallanadi.

Bu yerda  $\theta_0$  berilgan boshlang'ich burchak bo'lib  $u_{00}$  xom ashyo valigini shu holatda saqlash uchun zarur bo'lgan  $L$  momentni (7.4.11) formulalardan aniqlash lozim.

$$u_{00} = \left( \frac{9}{32} \frac{(Q + P \cos \theta_0)^2}{\beta b^2 K^2} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad L_0 = P(R_b - u_{00}) \sin \theta_0$$

Koodinatalar  $r$  va  $\theta$  lar aniqlangandan keyin (7.4.4) formulalalar yordamida  $O_1$  nuqtaning koordinatalari  $(x, y)$  lar topiladi.

7.4.2-rasmda  $Q = 0$ ,  $m = 50\kappa z$ ,  $K = 10\kappa H / \mathcal{M}^3$ ,  $R_1 = 0.18$ ,  $R_2 = 0.16$ ,  $b = 1\mathcal{M}$  bo'lganda bikrlilik koeffitsienti  $K(\kappa H / \mathcal{M}^3 \text{ h xil qiymatlarida } u_{00}$  va  $L_0$  larning boshlangich burchak  $\theta_0 = \theta$  ga nisbatan o'zgarish grafiklari keltirilgan.



7.4.2-rasm. Arrali silindrning xom ashyo valigiga boshlang'ich eng katta botiqligi  $u_{00}(m)$  (a) va arrali silindrdan qo'yiladigan moment  $L(Hm)$  (b) larning har xil bikirlik  $K(\kappa H / m^3)$  larda qiya burchak  $\theta(\text{grad})$  ga nisbatan o'zgarish grafiklari:

$$1 - K = 1.5, 1 - K = 2, 1 - K = 3, 1 - K = 6$$

Grafiklar tahliliga ko'ra, boshlang'ich (muvozanatdagi) botiqlik burchak  $\theta_0$  kichkina qiymalarida deyarli kam o'zgarsada, uning katta qiymatlarida keskin kamayishi kuzatiladi. Shuning bilan birga xom ashyo valigini arrali sirt ustida ushlab turadigan moment qiymati burchak oshgan sari oshib boradi va koeffitsient  $K$  ning yirik qiymatlaridan unga amalda bog'liq bo'lmaydi (7.4.7) va (7.4.8) tenglamalardan ko'chish  $u_0$  va burchak  $\theta$  aniqlangan so'ng, ushbu ayirmada (siljish)  $c = R_2\omega_2 - R_1\omega_1$  xom ashyo burchak tezligi  $\omega_1$  vaqtning funksiyasi deb qaraladi va bu tezlik  $\omega_1$  xom ashyo valigining fiksirlangan o'q atrofida aylanish tezligi bo'lib uni topish uchun ushbu tenglamadan foydalanish lozim bo'ladi.

$$J\dot{\omega}_1 = L_1 - mg(R_1 - u_0) \sin \theta \quad (7.4.9)$$

Bu yerda  $J$  -xom ashyoning inertsia momenti,  $L_1 > L$  -valikning o'q atrofida aylantirish uchun zarur bo'lgan tashqi moment. (7.4.9) dan  $\omega_1$  aniqlanib,  $c = c(t)$  funksiyada foydalanib  $q = K_w c(t) mg \cos \theta / 2$  formula yordamida jinlash intensivligi topiladi.

### **Mustaqil o`zlashtirish uchun savollar**

1. Jinlash jarayoniga ta'sir etadigan asosiy omillar va ularning qisqacha tavsifi.
2. Xom ashyo valigi va arrali jin tutashida (kontaktida) hosil bo'ladigan kuchlar va ularning valikdan tola ajratishdagi o'rni.
3. Tola ajratish jarayonini egiluvchanlik (iznashivanie) nazariyasi asosida modellashtirish imkoniyatlari.
4. Egiluvchanlik nazariyasida kontakt yuzadan tolani ajratish mexanizmi va uni matematik bog'lanish tenglamasi.
5. Kontaktda hosil bo'ladigan bosimning ifodasi Vinkler-Foygt qonuni bilan izohlash.
6. Xom ashyo valigidan ajratiladigan massani hisoblash formulasi.
7. Valikdan ajraladigan massaning intesivligini hisoblash formulasi.
8. Jinlash jarayonining vaqt bo'yicha notekis sodir bo'lishi haqida ma'lumotlar va ularning tahlili.
9. Valik harakat tenglamasini kelirib chiqarish va xususiy hollar.
10. Aylanish tezligi vaqt bo'yicha o'zgaruvchi valikdan tola ajratish intesivligini aniqlash.

### **7.5. Ishchi kameraning mukammal konturini tanlash.**

#### **Paxta bo'lakchasining arrali silindir ustidagi harakatini o'rganish**

Ma'lumki, arrali jinining ishchi kamerasi: qobirg'ali panjara, peshtoq brus, kamera bo'g'izi, yuqorigi fartuk va chigit tarog'i joylashgan pastki fartukdan tashkil topgan. (7.5.1-rasm).

Yuqorida keltirilgan ishchi kamera elementlarining arraga nisbatan joylashishi, tuzilishi va o'lchamlari, hamda tirqishlari arrali jinlash jarayoniga ma'lum miqdorda ta'sir qiladi. Shu elementlarning vazifalarini va jinlash jarayoniga ta'sir darajasini tahlil qilish mumkin. Ishchi kamerasining kolosnik panjarasi arra tishiga ilingan tola bilan ichkariga kirib ketishini ta'minlab turadi, hamda asosiy jarayon, ya'ni tolani chigitdan ajratishni amalga oshiradi. Undan tashqari jinlangan chigitni pastga mashinadan chiqishini ta'minlab turadi.

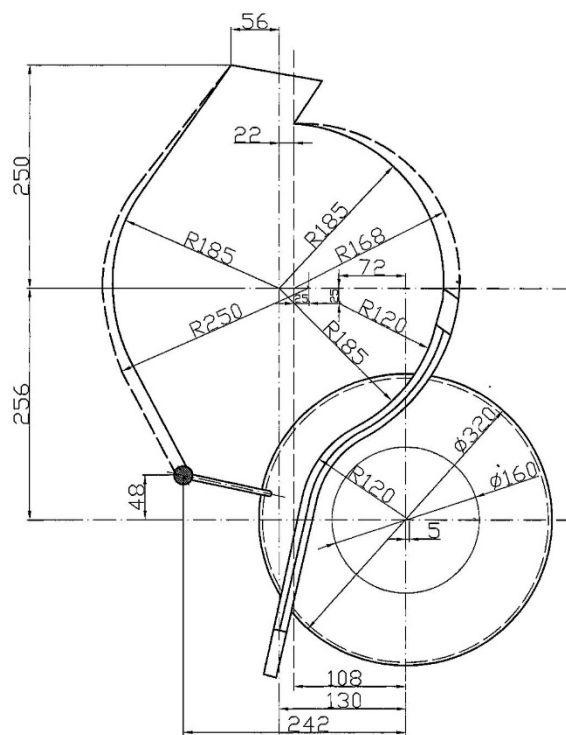
Hozirda ishlab turgan ishchi kameraning ishlashini tahlil qilsak, uning tuzilishi mukammal emasligini ko'ramiz, chunki ichidagi xom ashyo valigining zichligini ortishi, hamda elektrenergiya sarfining ko'p ekanligi ma'lum. Chunki xomashyo valigining aylanish tezligini hisobga olganda, ishchi kamerasi tuzilishininig eng maqbuli- bu aylanaga yaqinidir (ya'ni bir radius bilan). Xozirgi ishchi kameraning tuzilishi bundan uzoqdir. Shuning uchun xomashyo valigi aylanganda, unda markazdan qochma kuch oshib va o'z-o'zini to'xtatish xususiyatiga olib keladi, undan tashqari, elektrenergiya sarfini oshirib yuboradi.

Arra tishiga ilingan tola xom ashyo valigining kuchlanishini oshirib, jinlash jarayoni (O-tola ajratish nuqtasi) gacha boradi. Ammo kuchlanish ishchi kamera radiusiga qarab har xil ko'rsatkichlarga ega bo'ladi, ya'ni radius qancha kam bo'lsa, xom ashyo valligidagi kuchlanish shuncha ko'p bo'ladi.

Keyinchalik tola chigitidan ajratilgandan so'ng sirg'alish paydo bo'ladi, bu ko'rsatkich  $x=0,3 \text{ m}$  gacha davom etadi, bunda xom ashyo valligidagi kuchlanish kamayib boradi. Masalan: ishchi kamera radiusi  $R_b=0,15 \text{ m}$  ga teng bo'lganda xomashyo valigidagi kuchlanish  $680 \text{ N/m}$  ga teng bo'ladi, radiusi  $R_b=0,24 \text{ m}$  ga teng bo'lganda kuchlanish  $480 \text{ N/m}$  gacha pasayadi.

Agarda tolaning shikastlanish darajasini kamaytirish va elektroenergiya sarfini pasaytirish maqsadida eng katta radiusni tanlash mumkin, chunki bu holatda urunma kuchlanish kam bo'ladi.

Gap ishchi kamerasi radiusining hamma o'lchamlari bitta qilib olinishi haqida fikr yuritilmoqda. Hozirgi ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan ishchi kamera radiuslari  $0,12 \text{ m}$  dan  $0,25 \text{ m}$  ga teng qilib olingan, bu esa ishchi kameraning o'lchamlari turli bo'lgan joylarda urunma kuchlanishning to'planishiga olib keladi. Shularni bartaraf etish uchun ishchi kameraning hamma uchastkalarida bitta radius bo'lishini ta'minlash zarurdir.



7.5.1-rasm. Jin ishchi kamerasing va arrali barabanning ishlash sxemasi.

----- -hozirda ishlab turgan ishchi kamera tuzilishi;

\_\_\_\_\_ - taklif qilinayotgan ishchi kamera tuzilishi

Ishchi kamera radiusining o'rtacha radiusini olish uchun xomshyo valligiga ta'sir qilayotgan o'rtacha urunma kuchlanishdan kelib chiqib tanlash zarurdir. 7.5.1-rasmda ko'rsatilgandek ishchi kameradagi xomshyo valligiga ta'sir qilayotgan o'rtacha urunma kuchlanish ishchi kamera radiusi M.T.Tillayev tavsiyasiga ko'ra 0,17-0,19 m ga teng keladi ( $3 \div 5$  chiziqlar).

Yuqoridagi ko'rsatkichlarni inobatga olib, 7.5.2-rasmda ko'rsatilgandek ishchi kameraning o'rtacha radiusi aniqlanadi va u  $R=0,185 \text{ m}$  ga tengdir, uning markazi umumiy bo'lib, ishchi kamera markazidadir.



Buerda burchak  $\varphi$ , bulakchanning joylashishiga karab uzgarib turadi .

$$\varphi = \pi - \varphi_0 - \omega t - \beta_0$$

$\varphi_0$ -arra radiusining gorizont bilan tashkil qilgan burchagi,  $\omega$  -arraning burchak tezligi;  $\beta_0$ -silindr radiusi bilan bu o'qchanning harakatdagi radiusi orasidagi burchagi.  $\varphi$  va  $R$  larning ifodalarini (7.5.1) qo'yamiz

$$\begin{aligned} X &= (R_1 + R\xi) \cos(\pi - \varphi_0 - \omega t - \beta_0) = -R \cdot \cos(\varphi_0 + \omega t + \beta_0) \\ Y &= R \cdot \sin(\varphi_0 + \omega t + \beta_0) \end{aligned}$$

yoki

$$\begin{aligned} X &= -(R_1 + a\xi) \cdot \cos(\varphi_0 + \omega t + \beta_0) \\ Y &= (R_1 + a\xi) \cdot \sin(\varphi_0 + \omega t + \beta_0) \end{aligned} \quad (7.5.3)$$

$t$  bo'yicha xosila olamiz;

$$\begin{aligned} \dot{X} &= (R_1 + a\xi) \cdot \sin(\varphi_0 + \omega t + \beta_0)\omega - a \cos(\varphi_0 + \omega t + \beta_0)\dot{\xi} \\ \dot{Y} &= (R_1 + a\xi) \cdot \cos(\varphi_0 + \omega t + \beta_0)\omega + a \sin(\varphi_0 + \omega t + \beta_0)\dot{\xi} \end{aligned}$$

Bo'lakchanning kinetik energiyasi;

$$T = \frac{m}{2} (\dot{X}^2 + \dot{Y}^2) = \left[ (R_1 + a\xi)^2 \omega^2 + a^2 \cdot \dot{\xi}^2 \right] \frac{m}{2} \quad (7.5.4)$$

Bu yerda  $m$  –birorta tish ilashtirgan bulakcha massasi, nisbiy ko'chishga proportsional bo'lgan chigitdan tolani uzib oladigan  $F_0$  kuchni aniqlaylik

$$F_0 = k\xi \cos \gamma = k \cdot \xi \cdot \cos(\alpha_0 - \varphi_0 - \omega t)$$

Bu yerda

$K$  -elastiklik koefisienti;

$\gamma$  - ugol, ishqalanish bilan uzish kuchlari orasidagi burchak.

Uning ifodasi bulakchanning joylashgan koordinatasiga bog'liq bo'ladi va quyidagi formula bilan aniqlanadi;

$$\begin{aligned} \gamma &= \pi - \frac{\pi}{2} - \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) + \alpha_0 + \beta_0 + \pi \\ \gamma &= \varphi + \alpha_0 + \beta_0 - \pi = \alpha_0 - \varphi_0 - \omega t \end{aligned}$$

Havoning siljitish kuchini xisobga olib, tish yo'nalishidagi (umumlashgan) kuchni aniqlaymiz:

$$Q_{\xi}^1 = P \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi + \pi - \alpha_0 - \beta_0\right) - f \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi + \pi - \beta_0 - \alpha_0\right) =$$

$$= P[\sin(\alpha_0 - \varphi_0 - \omega t) - f \cos(\alpha_0 - \varphi_0 - \omega t)] \quad (7.5.5)$$

Bu yerda  $R$  – siljitish kuchi,  $f$  – ishqalanish koefisienti tolani uzish  $F_0$  kuchining tish yo'nalishidagi proyeksiyasi quyidagicha aniqlanadi;

$$Q_{\xi}^2 = k\xi \cdot \cos(\alpha_0 - \varphi_0 - \omega t) \quad (7.5.6)$$

Endi Lagranjning ikkinchi tur tenglamasini yozamiz;

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\xi}}\right) - \frac{\partial T}{\partial \xi} = Q_{\xi}^1 + Q_{\xi}^2 \quad (7.5.7)$$

(7.5.4) foydalanamiz

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\xi}} = m \cdot a^2 \cdot \dot{\xi}, \quad \frac{\partial T}{\partial \xi} = m\omega^2(R_1 + a \cdot \xi) \cdot a \quad (7.5.8)$$

(7.5.5)-(7.5.8) ifodalarni (7.5.7)ga qo'yib,  $\xi$  ga nisbatan tenglama xosil qilamiz.

$$ma^2\ddot{\xi} - m\omega^2a(R_1 + R\xi) = P[\sin(\beta_1 - \omega t) - f\cos(\beta_1 - \omega t)] - k\xi\cos(\beta_1 - \omega t) \quad (7.5.9)$$

(7.5.9) tenglamani ikkala tomonini  $ma^2$  ga bulamiz, u holda

$$\ddot{\xi} + \xi \left[ \frac{k\xi}{ma^2} \cos(\beta_1 - \omega t) - \omega^2 \right] = \frac{\omega^2 R_1}{a} + \frac{P}{ma^2} [\sin(\beta_1 - \omega t) - f\cos(\beta_1 - \omega t)] \quad (7.5.10)$$

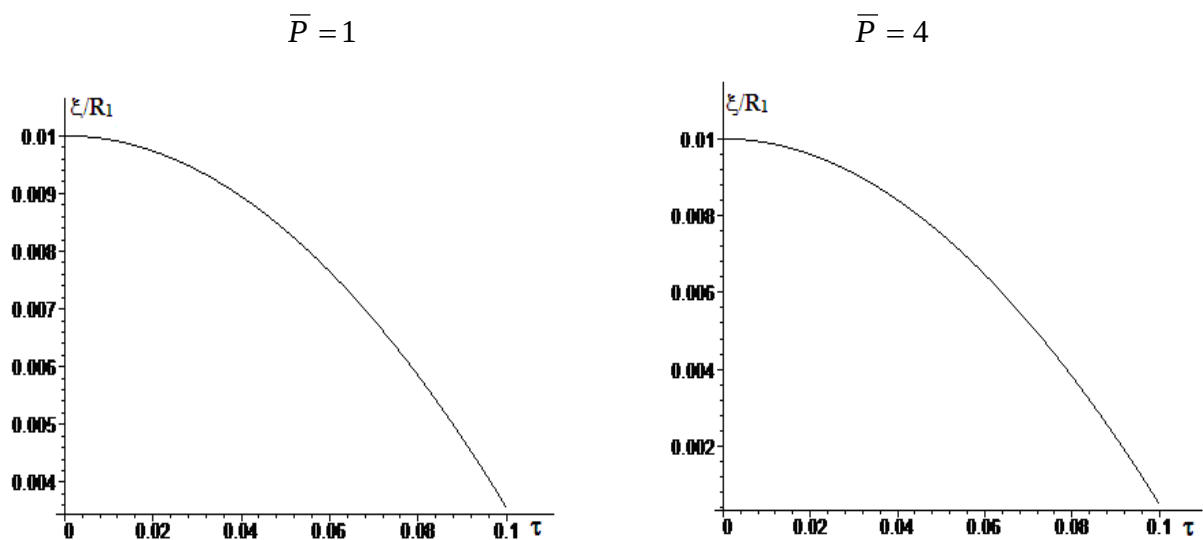
Bu yerda  $\beta_1 = \alpha_0 - \varphi_0$  (4.19.10) tenglamani echish uchun boshlangich shartlar;  $\xi=0$ ;  $\dot{\xi} = 0$   $t=0$  bo'lganda.

Bu tenglamani ma'lum Mate tenglamasiga keltirish mumkin. Xarakat musbat yo'nalishda (ya'ni tish bo'ylab yuqoriga qarab) xosil bo'ladi, agar quyidagi shart bajarilsa  $\ddot{\xi} \geq 0$   $t = 0$  bo'lganda, (7.5.10) dan foydalanib topamiz:

$$\ddot{\xi}(0) = \frac{\omega^2}{a} R_1 + \frac{P}{ma^2} [\sin\beta_1 - f\cos\beta_1]$$

Yukoridagi shartga ko'ra, ushbu tengsizlik bajarilishi lozim;

$$\frac{\omega^2}{a} R_1 + \frac{P}{ma^2} [\sin\beta_1 - f\cos\beta_1] \geq 0 \quad (7.5.11)$$



7.5.3-rasm. Bo'lakchanning  $\bar{P}$  parametrning ikki qiymatida  $\tau$  bo'yicha uzgarishi.

Bulakchanning tish buylab markazga qarab o'lchamsiz vaqt  $\tau = \omega t$  bo'yicha kuchishi  $\bar{\xi} = \xi / R_1$  ning grafigi 7.5.3–rasmda keltirilgan. Hisobda quyidagi qiymatlar qabul kilingan:  $\alpha_0 = 120^\circ$ ,  $\beta_1 = 30^\circ$ ,  $\bar{k} = k / m\omega^2 R = 2.5$ ,  $f = 0.3$ . Grafiklar tahlilidan ko'rinib turibdiki, havoning siljitish kuchi bo'lakchani tishga ilashishida ijobiy rol o'ynaydi, ya'ni arra tishining ilashish qobiliyati kuchayadi. Undan tashqari bu kuch ta'sirida ilashadigan tolalar soni oshadi, bu o'z navbatida chigitning jinlash jarayonida bo'lish vaqti kamayishi va tola sifatining yaxshilanishiga olib keladi.

### Mustaqil o'zlashtirish uchun savollar

1. Ishchi kameraning asosiy elementlari va ularning bajaradigan funktsiyalari.
2. Ishchi kamera konturni ratsional tanlashda qo'yiladigan talablar, ularning mohiyati.
3. Xomashyo valligining ishchi kameradagi harakatining tahlili, unga ishchi kamerasining ta'siri haqida ma'lumotlar.
4. Xom ashyo valligi ta'sir qiladigan kuchlar tahlili.
5. Xom ashyo valligidagi paxta bo'lakchalarining jinlash zonasidagi harakatini o'rganish.
6. Paxta bo'lakchasini arrali jin ignasi bilan o'zaro ta'siri, uning tahlili.
7. Arrali jin ignasidagi o'rnatilgan paxta bo'lakchasining harakat tenglamasini tuzish.
8. Igna ustida paxta bulakchasining harakat tenglamasini tahlili va uni integrallash.
9. Paxta bo'lakchasi harakatini nazariy o'rganish va undagi asosiy qonuniyatlar tahlili
10. Nazariy xulosalarning amaliy tatbiklari va ularni baholash.

## 7.6. Paxta tolasini arra tishidan ajratib olish jarayonini va havo oqimi kuchi ta'siridagi harakatini tahlil qilish va nazariy o'rganish

Har xil massadagi tolalarning ignali barabandan ajralib chiqishi jarayonini nazariy o'rganib chiqaylik. Arraning radiusini  $R$  (m), uning aylanish tezligini  $\omega$  ( $\text{sek}^{-1}$ ), igna uzunligini  $l$ (m) deb olaylik.

Havo oqimining quvurdagi tezligida  $v_0$ , tolalar esa  $v_1$  tezlik bilan barabanga tushsin. Quyidagi farazlarni qabul qilamiz: havoning tezligi o'zgarmas bo'lib, tolalarga ignalar yo'nalishida ta'sir qilsin; *tolalar dastaval uzunlingi  $r_0$  bo'lgan igna bo'ylab harakatda bo'lib, so'ngra  $l_0$  masofani bosib o'tgandan so'ng erkin harakat qilsin.* Nazariy yo'l bilan tolalarning harakatini va ularning igna ustida (massasiga qarab) bo'lish vaqtini topamiz. Shuning bilan birga tolalarning igna *bilan birgalikda* harakat qilishi uchun mos keladigan arra burchak tezligini ham aniqlaymiz. Koordinata boshini arraning markazida joylashtirib,  $ox$  o'qini o'ngdan chapga,  $ou$  o'qini unga perpendikulyar qilib, pastdan yuqoriga yo'naltiramiz (7.6.1-rasm). Faraz qilaylik tola ixtiyoriy  $t$  momentda igna ustida  $VM=r$  masofada harakat qilsin.

Arra radiusi bilan igna yo'nalishi orasidagi burchakni  $\beta$  deb qabul qilamiz.  $M$  nuqtaning koordinatalarini  $(x, u)$  bilan belgilaymiz.

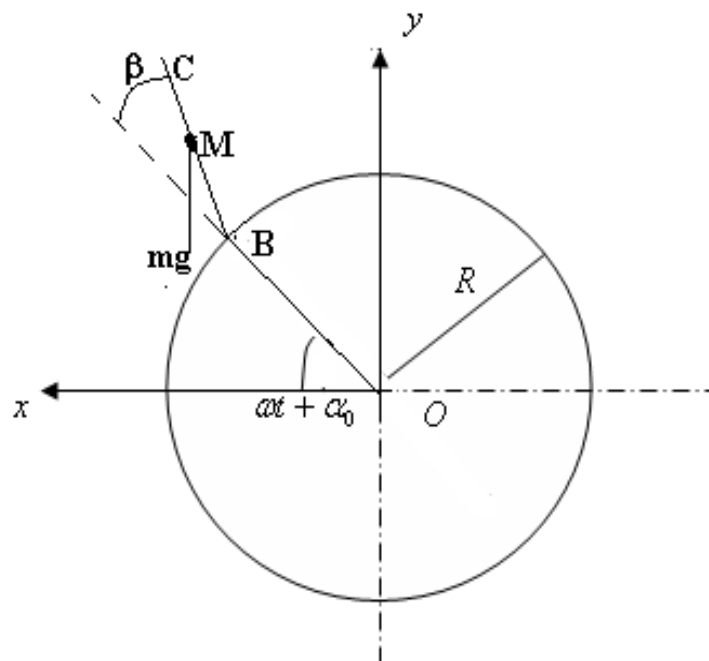
Tanlangan koordinata sistemasida ularning ifodalari quyidagicha bo'ladi:

$$x = (R + r \cos \beta) \cos(\omega t + \alpha_0)$$

$$y = (R + r \cos \beta) \sin(\omega t + \alpha_0)$$

bu yerda  $\alpha_0$  - arra radiusining  $ox$  o'qi bilan boshlang'ich momentda hosil qilgan burchagi.

Tolaga ta'sir qiladigan kuchlarni aniqlaymiz. Bular tolaning og'irlik kuchi, ishqalanish kuchi va havoning igna bo'ylab ta'sir kuchi. Ignali barabannning harakati davomida bu kuchlarning ta'sir chiziq yo'nalishlari o'zgarib turadi. Shu tufayli tolaning arrada saqlanib qolishi yoki erkin harakat vaziyati holatini olishi tola massasiga, arra aylanish tezligiga va havoning ta'sir kuchiga bog'liq bo'ladi. Og'irlik va ishqalanish kuchlari ignaning arraga nisbatan tashkil qilgan burchagiga va arra tezligiga bog'liq bo'ladi.



7.6.1-rasm. Massasi  $m$  bo'lgan tolaning igna ustidagi harakati sxemasi.

7.6.1-rasmdan foydalanib og'irlik kuchining va ishqalanish kuchlarining igna yo'nalishidagi proektsiyalarini topamiz:

$$F_{TP} = f \cdot N$$

$$F_g = -mg \sin(\alpha_0 + \omega t + \beta)$$

Bu yerda:  $m$  – tola massasi,  $N$  – tolagi ta'sir qilayotgan normal kuch bo'lib, og'irlik, markazdan qochma va Korriolis kuchlarini e'tiborga olganda uning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$N = 2m\omega\dot{r} \cos \beta + mg \cos(\alpha_0 + \omega t + \beta) + m(r \cos \beta + R)\omega^2 \sin \beta$$

Bu kuchlardan tashqari tolagi markazdan qochma kuch

$$m(R + r \cos \beta)\omega^2 \cos \beta$$

havoning so'rish kuchi

$F_0 = c(v_0 - \dot{r})$  ( $v_0$  - havoning igna yo'nalishidagi tezligi,  $s$  – havoning qarshilik koeffitsienti) ta'sir qiladi. Bu kuchlarni e'tiborga olib tolaning igna bo'ylab harakati tenglamasini yozamiz.

$$m\ddot{r} = m(R + r \cos \beta) \cos \beta \omega^2 - mg \sin(\alpha_0 + \omega t + \beta) - f[2m\omega\dot{r} \cos \beta + mg \cos(\alpha_0 + \omega t + \beta) -$$

$$- fm(\cos \beta + R)\omega^2 \sin \beta + c(v_0 - \dot{r})$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\ddot{r} + \dot{r}(2\omega \cos \beta + \gamma) - r\omega^2(\cos \beta - f \sin \beta) \cos \beta = \\ = R\omega^2(\cos \beta - f \sin \beta) - g[\sin(\alpha_0 + \omega t + \beta) + f \cos(\alpha_0 + \omega t + \beta)] + \gamma_0 \quad (7.6.1)$$

bu yerda  $\gamma = c/m$

Quyidagi belgilashlar  $\alpha = \alpha(t) = \alpha_0 + \omega t + \beta$   $n = (2\omega + \gamma)/2$ ,

$c_0 = \cos \beta - f \sin \beta$ ,  $a = c_0\omega^2$ ,  $b = R\omega^2 c_0 + \gamma_0$  yordamida (7.6.1) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz.

$$\ddot{r} + 2n\dot{r} - ar = b - g[\sin \alpha(t) - f \cos \alpha(t)] \quad (7.6.2)$$

(7.6.2) tenglama  $r=r_1, \dot{r}=0, t=0$  bo'lganda shartlarida  $0 < t < t_1$  oraliqda integrallanadi, bu yerda  $t_1 = \frac{L}{\omega}$ ;  $L$  - arraning havo oqimi bilan kontakda bo'lgan yoyining uzunligi. (7.6.1) tenglamaning yuqoridagi shartlarni qanoatlantiruvchi yechimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$r = Ae^{k_1 t} + Be^{k_2 t} - \frac{b}{a} + A_0 \sin(\omega t + \alpha_0 + \beta) + B_0 \cos(\omega t + \alpha_0 + \beta)$$

bu yerda

$$A = \frac{c_1 k_2 - c_2}{k_2 - k_1}; B = \frac{c_2 - k_1 c_1}{k_2 - k_1}; c_1 = b/a - A_0 \sin \alpha_1 - B_0 \cos \alpha_1;$$

$$c_2 = -\omega(A_0 \cos \alpha_1 - B_0 \sin \alpha_1); k_1 = -n + \sqrt{n^2 + a};$$

$$k_2 = -n - \sqrt{n^2 + a}; B_0 = g \frac{\omega^2 + a + 2n\omega f}{\Delta}; A_0 = g \frac{\omega^2 + a - 2n\omega f}{\Delta};$$

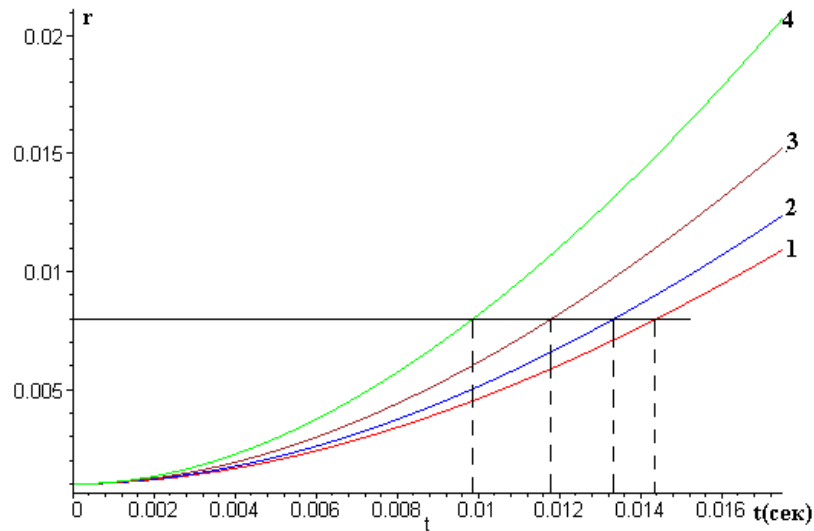
$$\Delta = (\omega^2 + a)^2 + 4n^2 \omega^2; \alpha_1 = \alpha_0 + \beta.$$

(7.6.1) tenglamaning har xil massalardagi echimi grafik ko'rinishida tasvirlab, tolalarning arra sirtida saqlanishini yoki undan ajralib ketish holatlarini tahlil qilish mumkin.

Agar tolalarning igna bo'ylab ko'chishi  $r(t_1) < r_0$  shartini bajarsa bunday massadagi tolalar arra sirtida saqlanib qoladi, agar  $r(t_1) > r_0$ , u holda bunday tola arra sirtidan ajralib, erkin tolaga aylanadi. Hisoblashda quyidagi qiymatlar qabul qilindi:

$$R = 0.2M, L = 0.05M, c = 0.001Hc/M, v_0 = 10M/c, \omega = 20c^{-1}, r_1 = 1mm, r_0 = 8mm,$$

$$f = 0.2, \alpha_0 = 15^\circ, \beta = 15^\circ.$$



7.6.2-Rasm. Har xil massadagi tolaning vaqt  $t(cek)$  bo'yicha igna bo'ylab ko'chish  $r(m)$  grafiklari:

$$1 - m = 0.6\varepsilon, 1 - m = 0.4\varepsilon, 1 - m = 0.2\varepsilon, 1 - m = 0.1\varepsilon$$

Hisobotlash natijalari tolaning ko'chishi  $r(t)$  ning vaqt bo'yicha o'zgarish grafiklari 7.6.2- rasmda keltirilgan. Hisoblashda  $t_1 = 0.0125cek$  kelib chiqadi. Bundan grafiklarni tahlil qilib, massalari  $m = 0.1\varepsilon$  va  $m = 0.2\varepsilon$  bo'lgan tolalar ignada saqlanmasligi aniqlangan.

Xulosa qilib aytganda maqolada ignali baraban orqali ajratishda ta'sir qiluvchi kuchlar, igna sirtidan ajralish holatlari o'rganib chiqildi.

Endi aralashmani ikki xil toladan tashkil topgan deb qabul qilamiz.

Ularni uzatgichda miqdorlarini  $Q_1$  va  $Q_2$  bilan belgilaymiz. Agar uzatgichning boshlang'ich kesim yuzasi  $S_0$ , tolalar zichliklari  $\rho_{10}$  va  $\rho_{20}$  bo'lib, ularning egallagan ulushlari  $m_0$  va  $1 - m_0$  bo'lsa u holda uzatilayotgan aralashmaning miqdori (bir birlik vaqt orasidagi massasi) quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_1 = (1 - m_0)\rho_{10}v_{10}S_0 \quad Q_2 = m_0\rho_{20}v_{20}S_0 \quad (7.6.3)$$

bu yerda  $v_{10}$ ,  $v_{20}$  - har bir komponentning boshlang'ich uzatish tezliklari.

(7.6.3) formulada  $\rho_{10}$  va  $\rho_{20}$  komponentlarning haqiqiy zichliklari bulib,  $m_0$  aralashma ikkinchi komponentining hajmdagi egallagan hajm ulushi hisoblanadi.

Ixtiyoriy kesimda uning qiymati o'zgarib, hajmdagi komponentlar zichligi quyidagicha aniqlanadi;

$$\rho_1 = (1-m)\rho_{10}, \rho_2 = m\rho_{20} \quad (7.6.4)$$

Bu ifodalardan quyidagi tenglik kelib chiqadi.

$$\frac{\rho_1}{\rho_{10}} + \frac{\rho_2}{\rho_{20}} = 1$$

$\rho_1 / \rho_{10}, \rho_2 / \rho_{20}$  - zichliklar odatda keltirilgan zichliklar deb aytiladi.

Aralashma valiklar orasida harakati davomida uning komponentlarining keltirilgan zichliklari oshadi. Shuning uchun ularning zichliklarini topish va olingan qiymatlarni ruxsat berilgan zichlik bilan taqqoslash asosiy masala hisoblanadi.

Eng avvalo valiklar orasidagi kesim yuza o'zgarmas deb qabul qilamiz, yuza  $S_0$  ga teng deb olamiz. Tolalarning zonada harakati davomida ularga valiklar sirtida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Koordinata boshini uzatgichning boshlangich kesimida joylashtirib,  $0x$  o'qini yukoridan pastga yo'naltiramiz. Jarayonni statsionar deb qabul qilamiz. Har bir komponentning ixtiyoriy kesimdagi tezliklari  $v_1(x)$ ,  $v_2(x)$  va bosim  $p(x)$  uchun X.A.Raxmatullin modelidan foydalanib, quyidagi tenglamalarni yozamiz.

$$\rho_1 v_1 \frac{dv_1}{dx} = -\frac{\rho_1 dp}{\rho_{10} dx} + \rho_1 g - \frac{k_1(1-m)f_1 L p}{S_0} \quad (7.6.5)$$

$$\rho_2 v_2 \frac{dv_2}{dx} = -\frac{\rho_2 dp}{\rho_{20} dx} + \rho_2 g - \frac{k_2 m f_2 L p}{S_0} \quad (7.6.6)$$

$\rho_1, \rho_2$  - komponentlarining mos ravishda zichliklari bo'lib, (7.6.4) formulalar orqali hisoblanadi;  $k_1, k_2$  - valiklarning xarbir komponent uchun eng sirti bosim koefisientlari;  $f_1, f_2$  - mos ravishda har bir komponent uchun ishqalinish koefisientlari;  $L$  - uzatma valiklari uzunligi.

(7.6.4), (7.6.5) tenglamalardan  $v_1(x)$ ,  $v_2(x)$ ,  $p(x)$ ,  $\rho_1$  va  $\rho_2$  noma'lumlar aniqlanishi kerak.

Bu tenglamalar bilan birgalikda (7.6.2) tengliklar, hamda ixtiyoriy kesimda quyidagi massaning saqlanish qonunlarini yozishimiz mumkin:

$$(1-m)\rho_{10}v_1 = \frac{Q_1}{S_0} ; m\rho_{20}v_2 = \frac{Q_2}{S_0} \quad (7.6.7)$$

$$\text{yoki } v_1 = \frac{1-m_0}{1-m} v_{10} ; v_2 = \frac{m_0}{m} v_{20} \quad (7.6.8)$$

(7.6.4), (7.6.7) va (7.6.8) formulalar yordamida (7.6.5), (7.6.6) tenglamalar quyidagi ko'rinishni oladi.

$$v_1 \frac{dv_1}{dx} = -\frac{dp}{\rho_{10}dx} + (1-m)g - \frac{k_1 f_1 Lp}{\rho_{10}S_0} \quad (7.6.9)$$

$$v_2 \frac{dv_2}{dx} = -\frac{dp}{\rho_{20}dx} + mg - \frac{k_2 f_2 Lp}{\rho_{20}S_0} \quad (7.6.10)$$

$$v_1 = \frac{1-m_0}{1-m} v_{10} \quad (7.6.11)$$

$$v_2 = \frac{1-m_0}{1-m} v_{20} \quad (7.6.12)$$

(7.6.9)-(7.6.12) tenglamalar 4 noma'lum  $v_1(x)$ ,  $v_2(x)$ ,  $p(x)$  va  $m(x)$  aniqlash uchun sistema bo'lib hisoblanadi.

$v_1$ ,  $v_2$  tezliklar ifodasini (7.6.9) – (7.6.10) tenglamaga qo'yib, olamiz:

$$v_{10}^2 \frac{(1-m_0)^2}{(1-m)^3} \frac{dm}{dx} = -\frac{1}{\rho_{10}} \frac{dp}{dx} - (1-m)g - \frac{k_1 f_1 Lp}{\rho_{10}S_0} \quad (7.6.13)$$

$$-v_{20}^2 \frac{m_0^2}{m^3} \frac{dm}{dx} = -\frac{1}{\rho_{20}} \frac{dp}{dx} - mg - \frac{k_2 f_2 Lp}{\rho_{20}S_0} \quad (7.6.14)$$

(7.6.13)va (7.6.14) tengliklardan  $p(x)$  komponent ulushi  $m$  uchun quyidagi tenglamalar sistemasini olish mumkin.

$$\frac{dp}{dx} = B_1(m)p + B_2(m) \quad (7.6.15)$$

$$\frac{dm}{dx} = C_1(m)p + C_2(m) \quad (7.6.16)$$

$$B_1(m) = -\frac{L[k_2 f_2 m^3 (1-m_0)^2 \rho_{20} v_{20}^2 + k_1 f_1 m_0^2 (1-m)^3 \rho_{10} v_{10}^2]}{S_0 C_0(m)}$$

$$B_2(m) = -\frac{g[m^4 (1-m_0)^2 + m_0^2 (1-m)^4] \rho_{10} v_{10}^2 \rho_{20} v_{20}^2}{C_0(m)}$$

$$C_1(m) = \frac{L\{k_2 f_2 - k_1 f_1\} m^3 (1-m)^3}{S_0 C_0(m)}$$

$$C_2(m) = \frac{g\{\rho_{20}m - \rho_{10}(1-m)\} m^3 (1-m)^3}{C_0(m)}$$

$$C_0(m) = m^3 (1-m_0)^2 \rho_{10} v_{10}^2 + (1-m)^3 m_0^2 \rho_{20} v_{20}^2$$

(7.6.15) va (7.6.16) tenglamalar nochizik bo'lib ularning yechimi sonli usul bilan olinadi. Bosim  $p(x)$  parametr  $m(x)$  aniqlangandan so'ng, har bir komponentning zichligi va tezliklari quyidagi formulalar yordamida aniqlaniladi.

$$\rho_1 = (1-m)\rho_{10}, \rho_2 = m\rho_{20}, v_1 = \frac{1-m_0}{1-m} v_{10}, v_2 = \frac{m_0}{m} v_{20}$$

(7.6.15) va (7.6.16) tenglamalarni g'ovaklik  $m(x)$  tonishga keltirish mumkin.

$$\frac{dm}{dx} = \frac{m(1-m)\{k[m_0(1-m)u_{00} - m(1-m_0)u_{10}] + m^2(1-m)^2 \rho_1^{(0)} g\}}{\rho_0^{(0)} u_{00}^2 m_0^2 (1-m)^3 + \rho_1^{(0)} u_{10}^2 (1-m_0)^2 m^3}$$

### **Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar**

1. Ishchi kamera va uning jinlash jarayonidagi o'rni.
2. Ishchi kameraning tuzilishi va uning asosiy elementlari va ularning tahlili.
3. Kamera ichki konturini tanlash, ularni shakli va jinlash jarayonida o'rni.
4. Jinlash jarayonida arrali barabanda tola massasining joylashish mexanizmining tahlili.
5. Tolaning arra ustida harakati va unga ta'sir qiladigan kuchlar.
6. Tola harakat tenglamasi chiqarish va uning yechimini olish.
7. Tolaning harakatidagi ayrodinamika o'rni.
8. Tolali massani ikki komponentli muhit model deb tanlash uni tola ajratish jarayonida qo'llash, asosiy boglanishlar.
9. Havo va tolaning oqimlarining jinlash jarayonida arra tishlaridagi harakat tenglamalari.
10. Ikki muxitli oqim tenglamalarning tahlili va ularni ikki noma'lumli sistemaga keltirish.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. I.A.Karimov. O'zbekiston mustaqillikka erishish ostonasida.- T. "O'zbekiston" nashriyoti, 2011 - 440 b.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2014-2016 yillar uchun tayyor mahsulotlar, butlovchi buyumlar va materiallar ishlab-chiqarishni mahalliyashtirish dasturi to'g'risida"gi 2014 yil 04 fevraldagi PQ-2120 sonli qarori.
3. Alyavdin L.A. i dr. Planirovanie m analiz issledovatel'skogo eksperimenta primenitel'no k legkoy promishlennosti. -M. Leg. ind. 1969. - 269 s
4. B.M.Mardonov, M.T.Tillaev, F.N.Sirojiddinov. Issledovanie nestatsionarnogo dvijeniya sirtsovogo valika v protsesse pilnogo djinirovaniya // J. Problemi tekstilya. Tashkent,2009, №1.
5. Braginskiy V.B.,Manukin A.B. Izmerenie malix sil v fizicheskix eksperimentax. M. Nauka, 1974.
6. Brandt Z. Analiz dannix.Statisticheskie i vichislitel'nie metodi dlya nauchnix rabotnikov i injenerov. Izd. «Mir», 2003, 686 bet
7. Buslenko N.P. Modelirovanie slojnix sistem. M. «Nauka», 1975 400 s.
8. Djonson K. Mexanika kontaktnogo vzaimodeystviya. Izd.Mir, 1989
9. Edinitsi izmereniy i sootnosheniya mejdu nimi. Mini- ensiklopediya. M. AST-Astrel'. 2004. 255s.
10. Fizicheskie velichini. Spravochnik. (pod red. I.S.Grigor'eva, E.I.Meylixova.) Energoatomizdat 1991. 1232 s.
11. Goryacheva I.G. Dobichin M.N. Kontaktnie zadachi v tribologii. M. Mashinostroenie, 1988.256 s.
12. Ishlinskiy A.Yu.Prikladnie zadachi mexaniki. M. «Nauka». 1986. 360 s.
13. Kamke D., Kremer K. Fizicheskie osnovi edinits izmereniya. Izd. «Mir», 1980. 208 bet
14. Kolde Ya.K. Praktikum po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike. M. 1991.155 s.
15. Kramer N.Sh. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika. M. 2007 551.s.
16. Lebedev G.D. Raschet i proektirovanie sushil'nix ustanovok. M.-L. Gosenergoizdat. 1963
17. Likov A.V. Analiticheskie issledovaiya protsessax sushki vlajnix materialov ngretimi gazami.Teplo – massoobmen v protsessax ispareniya. M.Izd. AN SSSR 1956
18. Likov A.V. Teoriya sushki. L.Gosenergoizdat.1950
19. Likov A.V. Teoriya teploprovodnosti. Vissh. Shkola. 1967, 600 bet.
20. Lyav Ya. Matematicheskaya teoriya uprugosti. ONTI. 1927.
21. M.T.Tillaev. Takomillashtirilgan ishchi kamerasini ishlab chiqarishdagi tajriba-sinov natijalari //J. To'qimachilik muammolari. Toshkent, 2010, №2.
22. Mardonov B.M.Volnovie protsessi v uprugix nasishennix sredax. Tashkent,«FAN»,1991,200 s.
23. Migushov I.I. Mexanika tekstil'noy niti i tkani. M. Legkaya industriya. 1980, 160 s.
24. Miroshnichenko G.I. Osnovi proektirovaniya mashin pervichnoy obrabotki xlopka. M. Mashinostroenie, 1972. 486 s.
25. Miroshnichenko G.I. Osnovi proektirovaniya mashin perviyanoy obrabotki xlopka. M. Mashinostroenie 1984.
26. Miroshnichenko G.I., Maxkamov R.G.Bokovie davleniya pri uplotnenii xlopka sirotsa. Sbornik TTI, vip. №20, 1967, s.26-30.
27. Murodov R. «Paxta seperatorining samaradorligini oshirish yo'llari». O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi «Fan» nashriyoti. Toshkent 2005 y.
28. Panovko Ya.G. Vvedenie v teoriyu mexanicheskix kolebaniy. M.Nauka,1991.
29. Parpiyev A.P. Sovershenstvovanie texniki i texnologii sushki xlopka-sirtsax /A.P.Parpiev//Obzorn. Inform. UzNIINTI. -Tashkent, 1983. 32 s.
30. Ul'dyakov A.I. Sushka xlopka-sirtsax / A.I.Ul'dyakov. M.:, 1975. -148 s.

31. Rashidov T. Xojmetov G.X. Mardonov B. Kolebaniya soorujeniy, vzaimodeystvuyushix s gruntom. Tashkent, Fan, 1973.
32. Raxmatulin X.A. Gazovaya i volnovaya dinamika. M. Izd. MGU, 1983, 196 s.
33. S.M.Targ. Kratkiy kurs teoreticheskoy mexaniki. M.Nauka. 1972. 478 s.
34. Saadi F.A. Aerodinamika vozdušnogo djina i pnevmotransporta volokna. Tashkent. INTI. UzSSR, 1965.
35. Saatov Ya.U. Ploskie zadachi mexaniki uprugoporistix sred. Tashkent, Fan, 1975.
36. Sajin B.S. Gudim L.I., Reutskiy V.A. Gidromexanicheskie i diffuzionnie protsessiy M. Legprombitizdat. 1988
37. Samandarov S.A. Nekotrie elementi teorii ochistki xlopka sirtsa. Sbornik nauchn. issl. trudov SNIIXpoma, vip.YI. 1958 s. 42-55.
38. Samarskiy A.A., Mixaylov A.P. Matematicheskoe modelirovanie. M.Nauka, 1979.
39. Sedov L.I. Metodi podobiya i razmernosti. M.Nauka, 1977. 440 bet.
40. Sevost'yanov A.G., Sevost'yanov P.A. Modelirovanie texnologicheskix prosessov. Moskva. Legkaya i pishevaya promishlennost. 1984 g. 344 str.
41. Shapovalov L.A. Modelirovanie v zadachax mexaniki elementov konstruktsiy. Mashinostroenie. 1990.
42. Svetlitsiy V.A. Stasenko M.V., Gabryuk V.I. i dr. Statsionarnoe dvijenie i malie kolebaniya niti. M. Mashinostroenie. Izv. Auzov, 1965, №2, s.57-67
43. Tarasyuk V.P. Matematicheskoe modelirovanie texnicheskix sistem. Minsk. DizaynPRO, 1997.
44. Targ S.M. Kratkiy kurs tereticheskoy mexaniki. M.Nauka M. 1972. 480 bet
45. Teoriya teplomassoobmena. Uchebnik dlya texnicheski universitetov i vuzov. M. Izd-vo MGTU im. Bauman. 1997, 684 bet
46. Tillaev M.T. Puti provisheniya texnologicheskix pokazateley pil'nogo djinirovaniya // J. Problemi tekstilya. Tashkent, 2009, №3.
47. Tillaev M.T. Xodjiev M.T. Osobennosti protsessa pil'nogo djinirovaniya xlopka sirtsa. Tashkent, Fan, 2005, 256 s.
48. Tixomirov V.B. Planirovanie i analiz eksperimenta. - M., LI, 1974, - 262 s.
49. Tixonov A.N., Kal'ner V.D., Glasko V.B. Matematicheskoe modelirovanie texnologicheskix sistem i metodi obratnix zadach v mashinostroenii. M. Mashinostroenie. 1990. 320 bet.
50. Ul'dyakov A.I. Sushka xlopka sirtsa. M. «Legkaya industriya» 1975.
51. V.S. Gmurman Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika. M. «Visshaya shkola» 1977. s.367
52. Vinarskiy M.S., Lur'e M.V. Planirovanie eksperimenta v texnologicheskix issledovaniyax. Kiev. - Tekhnika. 1975. - 168 s.
53. Xodjiev M.T. Osnovi protsessa uplotneniya xlopka –sirtsa. Tashkent, «Fan»b 1996. 157 s.
54. Zarubin V.S. Injenernie metodi resheniya zadach teploprovodnosti. M. Energoatomizdat, 1983, 328 bet
55. Zarubin V.S. Matematicheskoe modelirovanie v texnike. Moskva Izd. MVTU. 2003.
56. D.Koks, D.XINKLI. Zadachi po teoreticheskoy statistike s resheniyami. M. Mir. 1978
57. Rao S.R. Lineyniy staticheskie metodi I ix primenenie. M. Nauk. 1968
58. Gordon G.A. A general purpose systems simulator, IBM system, J.N1, 1962
59. Coleman B.D. Statistics and independence of mechanical breakdown in fibres, Journal of applied physics. Vol.29. N6, 1958, p.p. 968-983.
60. Hearly J.W.S. Carlsberg P., Bocker S. Structural Mechanics of Fibres. Yarn and Fibres. New York. 1969.

## MUNDARIJA

|              |                                                                                                                                                                                                   |          |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|              | <b>SO'Z BOSHI.....</b>                                                                                                                                                                            | Bet<br>3 |
| <b>1-BOB</b> | <b>JARAYONLARNI NAZARIY O'RGANISH VA MATEMATIK<br/>MODELLASHTIRISH ASOSLARI</b>                                                                                                                   |          |
| 1.1.         | Texnologik jarayonlarning nazariy asoslari tushunchasi. Nazariyani qo'llash usullari .....                                                                                                        | 4        |
| 1.2.         | Fizikaviy va matematik modellashirish (MM) tushunchalari. MM bosqichlari va ularning tahlili.....                                                                                                 | 9        |
| 1.3.         | Matematik model strukturasi va xossasi. Strukturali va funktsionol modellar tushunchasi.                                                                                                          | 15       |
| 1.4.         | O'lchovli va o'lchovsiz fizik kattaliklar. SI tizimi, birlamchi va ikkilamchi o'lchov birliklari.....                                                                                             | 22       |
| 1.5.         | TO ning aniqlovchi va aniqlanadigan parametrlari. Nazariy va empirik modellarda aniqlanadigan parametrlar, $\pi$ -teorema, texnologik jarayonlarni boshqarishda ularning o'rni.....               | 31       |
| 1.6.         | Funksional matematik modellar (FMM). Stoxastik, determinantlashgan va evolyutsion modellar. Matematik modellarning ierarxiyasi va ularni shakli, qo'llash usullari.....                           | 38       |
| 1.7.         | Matematik modellarni tuzishda mexanika va fizika qonunlaridan foydalanish. Jarayonlarda saqlanish (balans) qonunlari va ularni modellar tuzishda qo'llash.....                                    | 46       |
| 1.8.         | Oddiy tipdagi elementlardan tashkil topgan va vaqt bo'yicha o'zgaruvchi murakkab tizimdagi matematik modellarni tuzish va ularni tahlil qilish. Misollar.....                                     | 54       |
| <b>2-BOB</b> | <b>TEXNOLOGIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRISHDA MATEMATIK<br/>STATISTIKANING QO'LLASH ASOSLARI</b>                                                                                                   |          |
| 2.1.         | Matematik statistika fani tushunchasi va uning amalda qo'llash zarurligi. Variatsion qatorlar, grafiklarda tasvirlash, variatsiyaning ko'rsatkichlari.....                                        | 61       |
| 2.2.         | Statistik gipotezalar, ularning turlari, tekshirish usullari. Ularni amaliy masalalarni echishda qo'llash.....                                                                                    | 69       |
| 2.3.         | Bir va ikki omilli dispersion tahlillar, ularning statistikada qo'llanilishi.....                                                                                                                 | 79       |
| 2.4.         | Korrelyatsion va regression tahlillar. Ularning statistikada qo'llanilishi.....                                                                                                                   | 88       |
| 2.5.         | Regression bog'lanish va ularining modelini tuzish. Chiziqli va chiziqsiz regression tenglamalar. Juft chiziqli regression model.....                                                             | 97       |
| 2.6.         | Tadqiqot jarayonida tajriba natijalaridan foydalanish. Regression analiz. Ikki o'lchovli (faktorli) regression modellar. Regressiya tenglamalarining koeffitsientlarini aniqlash va baholash..... | 107      |
| 2.7.         | Ikkinchi tartibli ikki regression modellarini tuzish va uning adekvatligini aniqlash usullari.....                                                                                                | 116      |
| 2.8.         | Ikki karrali ko'p omilli tajribalar statistikasi. Kompozitsion markaziy ortogonal reja, uning amaliy qo'llanilishi.....                                                                           | 123      |
| <b>3-BOB</b> | <b>ODDIY ELEMENTLI VA KO'P PARAMETRLI TEXNIKAVIY<br/>OB'EKTLARING MATEMATIK MODELLARINI TUZISH</b>                                                                                                |          |
| 3.1.         | Issiqlik o'tkazuvchanlik va almashish jarayonlarni modellashirishda oddiy elementli issiqlik tizimlardan foydalanish.....                                                                         | 131      |
| 3.2.         | Tolali muhitlardan mayda zarrachalarni ajratish jarayonining matematik modeli va uning tahlili.....                                                                                               | 141      |
| 3.3.         | G'ovak muhitlarni uzatish texnologiyasining matematik modellashirish asoslari.....                                                                                                                | 153      |
| 3.4.         | Elastik muhitning (jismning) qattiq sirtlar bilan o'zaro dinamik ta'sirini modellashirish asoslari.....                                                                                           | 162      |

|               |                                                                                                                                                                                                          |     |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>4-BOB</b>  | <b>TEXNOLOGIK JARAYONLARNI MODELLASHTIRISHDA AERODINAMIKANI QO'LLASH ASOSLARI</b>                                                                                                                        |     |
| 4.1.          | Jismlarning havo oqimi bilan o'zaro ta'siri va aerodinamikasi asoslari. Paxta bo'lakchalarining havo ta'siridagi surilish jarayonlarini o'rganish.....                                                   | 173 |
| 4.2.          | Havo va paxta hom ashyosi aralashmasi oqimi harakatini ikki tezlikli muhit yordamida modellashtirish.....                                                                                                | 178 |
| 4.3.          | Paxta hom ashyosini havo oqimi yordamida uzatish texnologiyasi aerodinamikasini modellashtirish.....                                                                                                     | 186 |
| <b>5-BOB</b>  | <b>PAXTANI DASTLABKI ISHLASH VA URUG'LIK CHIGIT TAYYORLASH (PDIUCHT) TEXNOLOGIYASIDA ISSIQLIK TARQALISH VA PAXTA XOM ASHYOSINI QURITISH JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH</b>                                |     |
| 5.1.          | Paxtani dastlabki ishlash va chigitli urug'ni tayyorlash (PDIUCHT) texnologiyada hisob ishlarini tashkil etishda qo'llaniladigan asosiy fizik qonunlar va ularning nazariy izlanishda qo'llanilishi..... | 193 |
| 5.2.          | Paxta xom ashyosi uni quritish ob'ekti sifatida o'rganish va tahlil qilish, teplofizik xossalardan ma'lumotlar. ....                                                                                     | 200 |
| 5.3.          | Quritish jarayonning kinetikasidan foydalanish va quritish chizig'ining quritish tezligi o'zgarmas va pasayuvchi davrlardagi tenglamalari.....                                                           | 210 |
| 5.4.          | Quritish jarayonini intensivatsiya qilish ratsional parametrlarini tanlash usullari, ularni optimallashtirish imkoniyatlari.....                                                                         | 219 |
| 5.5.          | Chigitli paxta va uning komponentlarini quritish ob'ekti sifatida karat, ularning teplofizik va namlik almashish xossalari.....                                                                          | 229 |
| 5.6.          | Quritish barabanlarida issiqlik tarqatish hajmi, issiqlik va massa almashishi, tarqatuvchanlik xossalari va ularning ko'rsatkichlarini aniqlash.....                                                     | 238 |
| 5.7.          | Barabanli quritish qurilmasi uning parametrlarini hisoblash va bosqichlari. Yuklanish hajmini va geometriyasini aniqlash.....                                                                            | 248 |
| <b>6- BOB</b> | <b>TOLALI MUHITLARDAN MAYDA ZARRACHALARNI AJRATISH JARAYONINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH ASOSIDA TADQIQ QILISH</b>                                                                                        |     |
| 6.1.          | Paxta chiqindilari haqida ma'lumot, yirik va mayda iflosliklar. Ularning paxta tarkibidan chiqarish usullari. Tozalash jarayonida mexanik (zarba) ta'siridan foydalanish .....                           | 255 |
| 6.2.          | Bo'lakchadan zarba ta'siridan chiqindilarini ajratishda qarshilik kuchining murakkab modellaridan foydalanish.....                                                                                       | 262 |
| 6.3.          | Konturi egri bo'lgan turli yuzada harakatlanayotgan yakka xom ashyo bo'lakchasi tarkibidan ifloslik zarrachasini zarba va sudrash usullari vositasida ajratish.....                                      | 267 |
| 6.4.          | Tozalash zonasida o'zgarmas tezlik harakatlanayotgan paxta massasidan ajratiladigan iflosliklarini nisbiy miqdorini (tozalash samaradorligini) hisoblash.....                                            | 278 |
| <b>7- BOB</b> | <b>CHIGITLI PAXTANI JINLASH JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH</b>                                                                                                                                            |     |
| 7.1.          | Xom ashyo valigining mexanik xossalari, uning aylanma harakatini modellashtirish va kesim yuzasidagi kuchishlarni aniqlash.....                                                                          | 286 |
| 7.2.          | Harakatdagi xom ashyo valigi sirti bilan arrali silindr tishlari orasidagi o'zaro ta'sirlashuv jarayonini modellashtirish.....                                                                           | 293 |
| 7.3.          | Vertikal o`q bilan burchak tashkil qilgan xom ashyo valigining arrali silindir ta'siridagi statik va dinamik holatlarini modellashtirish.....                                                            | 299 |
| 7.4.          | Xom ashyo valigidan tola ajratish jarayonining modeli va uning silindrga nisbatan kichkina tebranishlarining jinlash jarayoniga ta'siri.....                                                             | 305 |
| 7.5.          | Ishchi kameraning mukammal konturini tanlash. Paxta bo'lakchasining arrali silindir ustidagi harakatini o'rganish.....                                                                                   | 310 |
| 7.6.          | Paxta tolasini arra tishidan ajratib olish jarayonini va havo oqimi kuchi ta'siridagi harakatini tahlil qilish va nazariy o'rganish.....                                                                 | 317 |
|               | <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR</b> .....                                                                                                                                                                   | 324 |

**MUXSIN TOJIYEVICH HOJIYEV,  
BOTIRLON MARDONOVICH MARDONOV,  
FAZLIDDIN NASRIDDINOVICH SIROJIDDINOV**

**“PAXTA SANOATI TEXNOLOGIYASI  
JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH”  
FANIDAN**

**Toshkent - “Adabiyot uchqunlari” -2018**

Texnik muharrir: U.S.Tadjiyev

Kompyuterda  
sahifalovchi: M.Qultayev

Bosishga ruxsat etildi 05.05.2018. Bichimi 60x84  $\frac{1}{16}$ .

«Times New Roman» garniturası. Rezografiya usulida chop etildi.

Shartli bosma tabog‘i 21. Nashr bosma tabog‘i 21,0.

Tiraj 100. Buyurtma №132

“Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti bosmaxonasi”da chop etildi.

100100, Toshkent shahri, Shohjahon ko‘chasi, 5-uy.