

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM
VAZIRLIGI

NAMANGAN MUHANDISLIK-IQTISDIYOT INSTITUTI

“TEXNOLOGIK MASHINA VA JIHOZLAR” KAFEDRASI

“TARMOQ MASHINALAR PUXTALIGI” FANIDAN

MA`RUZALAR MATNI

NAMANGAN – 2014 y.

Ma`ruza matni da mashina va jarayonlarning ishlamay qolish sabablari, ularning puxtalik qO`rsatkichlarini aniqlash va ta`minlash usullari yoritilgan.

Oliy o`quv yurtlarining 5320700- Texnologik mashinalar va jihozlar» yo`nalishida ta`lim olayotgan talabalariga mo`ljallangan.

Ushbu ma`ruzalar matni institut Ilmiy Kengashining 2014 yil, 31-avgustdagi № 1 -sonli yig`ilishida muhokama qilingan.

Tuzuvchilar:

dots. A. Safaev, dots. N. Safarov
katta o`qituvchi M.Sayidmurodov

Taqrizchilar:

NamMPI “TMJ” kafedrası
dotsenti M. Meliboev

NamMII “TMJ” kafedrası
dotsenti A. Burxonov

SO`Z BOSHI

O`zbekistonda ishlab chiqarilgan samolyotlar, avtomobillar, traktorlar, qishloq xo`jalik mashinalari va turli texnologik jihozlarni, jumladan, to`qimachilik va paxtani qayta ishlovchi mashinalarni, xalqaro bozorda raqobatbardoshligini ta`minlash uchun ularning puxtaligini oshirish talab etiladi. Mashinalarning puxta ishlashini ta`minlash uchun muntazam ravishda ularning tuzilishini taqomillashtirish, ishlash qobiliyatini kerakli darajada tutib turish tadbirlarini ishlab chiqish zarur. Bu vazifalarni bajarish loyixalash, tayyorlash va foydalanish chokida mashinalarning puxtaligini oshirish usullarini amalga oshira oladigan mutaxassislar zimmasiga yuklatiladi.

O`zbekistonda mashinalar puxtaligi soxasida qator ilmiy-tadqiqot ishlari bajarilgan. Masalan, yo`l-qurilish mashinalarining yeyilishini kamaytirish bo`yicha O`.A. Ikromov, T. E. Asqarxo`jaev; to`qimachilik va paxta tozalash mashinalarining yeyilishini kamaytirish bo`yicha R.O`.Mahkamov; ichki yonuv motorlari yeyilishi va puxtaligi masalalari bo`yicha S.M. Qodirov, Sh.V.Saidov; gidravlik tizimlar puxtaligi, yonilgi va moylarning foydalanishdagi xossalari bo`yicha O.V.Lebedev, M.M.Toshpo`latov; qishloq xo`jalik mashinalari puxtaligi, ularni ta`mirlash bo`yicha Sh.U.Yo`ldoshev va boshqalar samarali chuqur tadqiqotlar o`tkazishgan.

Mashinalar puxtaligi fanining asosiy vazifasi - ishlaymay qolish qonuniyatlarini o`rganib, kam xarajat qilgan xolda, mashinalarning belgilangan vazifalarini bajarishini ta`minlashga qaratilgan chora - tadbirlarni ishlab chiqishdan iborat. Darslikda puxtalik nazariyasining asosiy tushunchalari va qoidalari o`rganiladi, puxtalikning tabiiy xamda matematik asoslari, miqdoriy ko`rsatkichlarining xususiyatlari, mashinalarni puxtalikka sinash, puxtalik ko`rsatkichlarini oldindan aniqlash usullari va puxtalikni oshirishni asosiy yo`nalishlari ko`rib chiqilgan. Darslik mazmunini o`zlashtirish uchun talaba matematika va mashina detallari fanlari bo`yicha tayanch bilimlarga ega bo`lishi kerak.

Ma`ruza matni puxtalik fanini ilk bor o`rganayotgan talabalar uchun xam, bu soxada qandaydir tajribaga ega mutaxassislar uchun xam foydali bo`lishi mumkin. Unda mashinalarni loyixalash vaqtida puxtalik ko`rsatkichlarini baxolashga, texnologiya tizimlari puxtaligi masalalariga aloxida e`tibor berilgan. Ma`ruza matnida mavzular bo`yicha muayyan sonli misollar ko`rib chiqilgan bo`lib, bu xol darsni o`zlashtirishni ancha osonlashtirishga yordam beradi. Keltirilgan jadvallar va ma`lumotlar qo`shimcha manba`lardan foydalanmasdan turib, ko`plab mashina detallarining puxtaligini mustaqil xisoblashga imkon beradi.

1 – MA`RUZA

Kirish. Asosiy tushunchalar. Mashina sifati ko`rsatkichlari

Reja

- 1. Puxtalik to`g`risida tushuncha**
- 2. Mashinalarning ishlash sharoiti va detallarning chidamliligi.**
- 3. Mashina detalini chidamliligi**

Puxtalik to`g`risida tushuncha

Odatda buyumlarning, shu jumladan mashinalarning ham, sifati turli ko`rsatkichlar: puxtalik, texnologiyaboplik, tejamlilik, birxillashtirish darajasi, qulaylik, patent talablariga javob berishi va boshqa ko`rsatkichlar bilan baxolanadi. Puxtalik mashinaning xususiyatlaridan biri bo`lib, ko`p jixatdan uning sifatini belgilab beradi.

Mashinalar, jihozlar, dastgohlar va boshqa texnika qurilmalarining sifatini aniqlovchi aloxida xossalar bo`ladi. Masalan dastgohlar uchun aniqlik, unumdorlik, avtomatlashtirish darajasi muhim bo`lsa, avtomobil uchun tezlik, yuk ko`tarish qobiliyati, yonilgi sarfi muxim ahamiyat kasb etadi. Mashinaning xossalari faqat ish jarayonida namoyon bo`ladi. Shuning uchun ham dastgox dastlab qanchalik a`lo tavsifga ega bo`lmasin, uning aniqlik, unumdorlik ko`rsatkichlari qanchalik yuqori bo`lmasin, ular dastgoxning sifatini to`liq ta`riflab bera olmaydi, faqat uning texnikaviy imkoniyatlarini ko`rsatadi xolos. Dastgoxning sifatini baxolash uchun nafaqat aniqlik, quvvat, unumdorlik va xokazo ko`rsatkichlarni, balki bu ko`rsatkichlarni ish jarayonida iloji boricha ko`proq vaqt mobaynida saqlay olishini xam bilish kerak bo`ladi.

Albatta puxta mashina sifatli degani emas, mashina puxta bo`lishi ammo uning texnikaviy ko`rsatkichlari past bo`lishi mumkin. Mashina yetarli puxtalikka ega bo`lmasa, uning barcha texnikaviy ko`rsatkichlari qanchalik yuqori bo`lmasin o`z ahamiyatini yo`qotadi, chunki ulardan ish jarayonida to`la foydalanib bo`lmaydi.

Puxtalikni oshirish boshqa mashinalar bilan bir qatorda, to`qimachilik va paxta tozalash mashinalar uchun xam aloxida ahamiyat kasb etadi, chunki bu soxalardagi texnikalardan ba`zi xollarda qisqa muddatlarda foydalanishga to`g`ri keladi. To`qimachilik va paxta tozalash sanoati mashinalarini tuzatish xamda ularga texnik xizmat ko`rsatishga juda katta mablag sarf etiladi. Texnikaning buzilgan xolatda bekor turib qolishi oqibatida ko`riladigan zarar xam kam emas, ba`zi xollarda mashinalarning umumiy ish vaqtini sezilarli qismi ishlamay qolishlarni bartaraf etishga sarflanadi.

Er zaminidagi ma`danlarining tabiiy zaxiralari cheklangan, mashinasozlikda esa nisbatan ko`p metall ishlatiladi. Shu sababli, yangi yaratiladigan mashinalar metall sarfini va tannarxini kamaytirish, ayni chogda ularning quvvatini oshirish puxtalik ko`rsatkichlarini baxolashni talab qiladi.

Mashinalar puxtaligi vaqtga bogliq. Detallar yeyilib borgani sari ularning puxtaligi kamayib boradi. Barcha buyumlar, shu jumladan, mashinalar xam ertami -

kechmi buziladi. Mashinalar puxtaligi nazariyasi - mashina ishlash qobiliyatini asta - sekin yo`qotish xodisasi xaqidagi fandır. U ishlaymay qolishlar qonuniyatlari va kelib chiqish sabablarini, shuningdek mashina xil puxtaligini oshirish vositalarini ko`rib chiqadi.

Puxtalik masalalarining maxsus xususiyati bo`lib vaqt omili xisoblanadi, chunki boshlangich ko`rsatkichlarning mashinadan foydalanish jarayonida o`zgarishi baxolanadi, uning chiqish ko`rsatkichlarini saqlanishi nuqtai- nazaridan ob`ekt o`zini qanday tutishi oldindan aniqlanadi. Puxtalik xaqidagi fan mashina chiqish ko`rsatkichlarini (ularning aniqligi, quvvati, f.i.k, unumdorligi) belgilangan darajaga yetkazish bilan shugullanmaydi, bu boshqa fanlarning vazifasidir. Puxtalik fani bu ko`rsatkichlarni vaqt o`tishi bilan o`zgarish jarayonini o`rganadi.

Puxtalik to`grisidagi xozirgi zamon fani fizika, kimyo, materiallar qarshiligi, metallar texnologiyasi va materialshunoslik, mashina detallari, ishqalanish va yeyilish nazariyalari va boshqa fanlarga tayanib ish ko`radi. Puxtalikni xisoblash uchun matematika usullaridan keng foydalaniladi, xisoblash ishlari zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanib amalga oshiriladi.

Dastlab buyumlarning puxtaligi xaqidagi bilimlar faqat tajribaga asoslangan bo`lib, xunarning sirlari tariqasida avloddan avlodga o`tib kelgan. Mustaxkamlik xaqidagi fan XIX asrda jadal rivojlandi, chunki bu davrda mashina va qurilmalar yaratishga ommaviy tus berildi. Dastlabki vaqtlarda xisob - Ma`ruza matni lar detallarni qo`yilgan yuklanish ta`sirida sinmaydigan qilish uchungina xizmat qilardi, xolos. XIX asrning oxiriga kelib buyumlarning xizmat muddati to`grisida tasavvur paydo bo`ldi. Detailarning ishqalanish sababli yeyilishini tekshirish, bu yeyilishni kamaytirish usullarini izlash ishlari boshlab yuborildi. Lekin, baribir, agar aravaning o`qi mo`ljaldagidan oldin ishdan chiqadigan bo`lsa, uni avvalgidek, faqat yo`gonroq qilib yasashar va shu bilan muammoni xal qilingan deb xisoblashar edi. Bunday yondoshuv yangi-yangi mashinalar, jumladan aviatsiya paydo bo`lguniga qadar xukm surib keldi. Samolyotning qanotini qalin po`latdan juda mustaxkam qilib tayyorlash mumkin, ammo bunday samolyot yerdan ko`tarila olmagan bo`lur edi.

Shu tarzda puxtalikni fanning mustaqil soxasi qilib ajratish zaruriyati paydo bo`ldi. Bu soxa turli qurilmalarning uzoq muddat xizmat qilishini ta`minlovchi umumiy qonuniyatlarni taxlil etib, mashinalar ishlaymay qolishlarini oldini olish usullarini ishlab chiqish bilan shugullanishi kerak edi. Muxandislar xamma vaqt mashinalar puxtaligini ta`minlash bilan bogliq masalalarni turlicha xal qilishgan, lekin keyingi bir necha o`n yil ichidagina puxtalikning miqdoriy ko`rsatkichlarini aniqlash imkonini beruvchi matematika usullari uzil-kesil yuzaga keldi.

Mashinalar puxtaligi xaqidagi fan ikki yo`nalishda: puxtalikni ta`minlash va uni xisoblash yo`nalishlarida rivojlandi. Puxtalikni ta`minlash yuqori sifatli mashinalarni yaratish va ulardan to`gri foydalanishga doir an`anaviy konstruktorlik va texnologiya usullariga tayanadi, puxtalikni xisoblash esa asosan matematika usullarini qo`llash bilan bogliqdir. Puxtalik xaqidagi fan rivojlanishining boshlangich davrida konstruktor va texnologlar ishlaymay qolishga olib keluvchi tabiiy jarayonlarni chuqur tushungan xolda, mashinalarning buzilmasdan ishlash miqdoriy ko`rsatkichlarini xisoblab chiqishni foydasiz ish deb xisoblashgan. Puxtalik nazariyasini ishlab

chiquvchi matematiklar esa texnik masalalarining o`ziga xos xususiyatlarini yetarlicha to`liq tasavvur qilmas va ba`zan xisoblash usullarini qo`llashni mashinalarning puxta bo`lishini ta`minlovchi birdan-bir yo`l, deb qarar edilar. Ana shu ikki yo`nalishni birgalikda ko`rib chiqishgina puxta mashinalar yaratilishiga olib keladi.

Loyixachining xatosi qanchalik tez payqalsa, uni tuzatish shunchalik arzonaga tushadi. Puxtalikni xisoblash u yoki bu konstruktorlik yechimini to`griligini tez fursatda tekshirish uchun xizmat qilishi mumkin. Mablagi tejash maqsadida xisoblash usullarini loyixalash bosqichida qo`llamaslik ko`p xollarda korxonalar uchun ko`zda tutilmagan katta miqdordagi sarf-xarajatlarga olib kelishi mumkin. xozirgi vaqtda mashina detallarining mustaxkamligini xisoblash muxandislik amaliyotida jiddiy muammo emas, ammo yeyilishni xisoblab chiqish puxtalik nazariyasida katta muammo sanaladi va amaliyotga to`liq joriy qilinmagan.

Mashinalarning ishlash sharoiti va detallarning chidamliligi.

Ishlatish va saqlash paytida xar qanday mashina turli xil ichki va tashqi ta`sirlarga duchor bo`ladi. Natijada uning asosiy ko`rsatkichlari va xususiyatlari buziladi. Mashinaning boshlangich xususiyatlari buzilishga asosiy sabablar sifatida uning ish sharoiti buzilishini, unga o`z vaqtida texnik xizmat ko`rsatilmasligini, tuzatish sifatining pastligi va boshqalarni ko`rsatish mumkin. Mashinani ishlatish qoidalarining buzilishi detallarning egilishi va bukilishi, ishchi sirtlarining tiralishi, darz ketishi, uvalanishi va sinishi kabi nuqsonlarni keltirib chiqaradi. Asta - sekin ishlaymay qolishga olib keladigan sabablar material va konstruktsiyalarda turli davrlarda sodir bo`luvchi fizik - kimyoviy jarayonlar bilan bogliqdir.

Detallarda (tutashmalarda) eng ko`p uchraydigan nuqsonlardan biri- ularning yeyilishidir. Bu nuqson material, buyumning yeyilishi, qatlamlarga ajralishi yoki qoldiq deformatsiyalanishi natijasida paydo bo`ladi. Odatda, detallarning shikastlanishi mashinalarni ishlatish va ularga texnik xizmat ko`rsatish qoidalarining buzilishi natijasida va ayrim hollardagina metalning toliqishi yoki undagi yashirin nuqsonlar (darzlar, bo`shliqlar va xokazo) oqibatida yuz beradi. Ishlatish qoidalariga amal qilinganda, tutash detallarning yeyilishi ularning ishlash vaqtiga bogliq ravishda asta - sekin ortib boradi. Eng oxirgi statistik ma`lumotlar mashinalar detallarining 15 % gachasi sinishi mumkinligini, 85 % dan ortigi esa yeyilish natijasida ishdan chiqishini ko`rsatadi.

Mashinalarning puxtaligi tez aylanuvchi detallari – turli xil vallari, maxoviklari, shkiylari, ilashish muftalarining disklariva xokazolarning ishlagandagi mashinalarning titrashiga ko`p darajada bogliq bo`ladi. Katta burchak tezlik bilan aylanadigan va anchagina ogir bo`lgan bunday qism xamda detallar turli xil, jumladan to`qimachilik va paxta tozalash mashinalarida juda ko`p. Bundan tashqari, ayrim detallarni tuzatish va almashtirish chogida ularning muvozanati buziladi, bu esa mashina ramasing titrashiga olib keladi. Tez aylanuvchi detallar ishlaganda yuzaga keluvchi titrash turli detallarda, shu jumladan podshipniklarda xam

qo'shimcha yuklanishlar xosil qiladi va pirovard natijada mashina ishlamay qolishi mumkin.

Detallarning muvozanatlanmaganligi bir qancha sabablar: ularning o'lchamlari noto'g'riligiga, materialining zichligi notekisligiga, yigish paytidagi xatoliklarga (bu xatoliklar detallarning valga o'tqazilishi buzilishida, qiyshayishlar, siljishlar va xokazalarda namoyon bo'ladi) bogliq bo'lishi mumkin. O'qdoshlikning buzilishi oqibatida vallarning podshipniklarida yuklanish keskin ortib ketadi, ilashish muftalarining disklari va burilish muftalari shataksiraydi, bu esa detallarning foydali ish koeffitsienti kamayishiga xamda ularning ortiqcha yeyilishiga olib keladi.

To'qimachilik va paxta tozalash mashinalarini ishlash vaqtida, xavodagi chang miqdori 1,5 - 3,5 gG'm³ ga yetadi. Shuni aytish kerakki, xavoda chang miqdori taxminan 0,8 - 1,2 gG'm³ bo'lganda ko'rinuvchanlik anchagina yomonlashadi. xavoda uchib yuruvchi zarralarning eng katta o'lchami taxminan 160 mkm ga teng. Zarralarning eng kichik o'lchamlari esa cheklanmagandir. Mashinalar yaqinida chang xosil bo'lish xususiyati ko'pgina omillarga bogliq bo'lib, keng doirada o'zgarib turadi. Asosiy omil esa masalan, qayta ishlanayotgan paxtaning ifloslanish darajasi va namligidir. yer satxidan balandlik ortib borishi bilan changning dispers tarkibi maydaroq bo'lib, undagi kvarts zarralarining miqdori ko'payib boradi.

Detallarning yeyilishiga changning mineralogik tarkibi katta ta'sir ko'rsatadi. Detallarning abraziv ta'sirida yeyilishga changning qattiq zarralari sabab bo'ladi. yeyilishga ta'sir qiluvchi zarralarning mikroqattiqligi quyidagilarni tashkil etadi: kremniy oksid (kvarts)niki -11-12 GPA, alyuminiy oksidniki - 21 GPA, temir oksidniki - 9 GPA.

Ma'lumki, changda kvarts zarralari qancha ko'p bo'lsa, detallar shuncha tez yeyiladi. Masalan, maxsus adabiyotlarda xavodagi chang miqdori 0,5 gG'm³ bo'lganda yangi motorning resursi motor toza xavoda ishlagandagiga nisbatan 20 % , chang miqdori 1 gG'm³ bo'lganda esa 60 % kamayishi ko'rsatilgan.

Quruq iqlim sharoitida to'qimachilik, yengil va paxta tozalash mashinalarini moylash qismlarida qo'shilmalarning taxminan 90 foizi 10-16 mkm gacha o'lchamli zarralarga to'g'ri keladi, Bunday, moyga aralashgan mayda zarralar surkov materiali bilan birga tutashmalardagi tirqishlarga osongina kirib boradi va detallarning abraziv ta'sirida yeyilishiga sabab bo'ladi. Moylashni muddatlari buzilganda undagi aralashmalar (asosan abraziv zarralar) miqdori anchagina ko'payadi.

Eyilish jarayoniga surkov moyi muhiti katta ta'sir ko'rsatadi. Surkov moyi muxitining asosiy vazifalaridan biri mashina detallarining ishqalanish kuchi va yeyilishini kamaytirishdan iborat. Amalda surkov moyi ikki qarama-qarshi vazifani bajaradi: abraziv ta'sirni so'ndiruvchi sifatida va abraziv zarralarni ishqalanuvchi yuzalarga tashib keltiruvchi sifatida ishlaydi.

Mashina qismlariga abraziv zarralar ularni tayyorlash, yonilgi - moylash materiallari va suyuqliklarni tashish, saqlash, quyish vaqtida va tabiiy yeyilish natijasida tushishi xam mumkin.

Tutashish joylaridagi tirqishlarni to'g'ri tanlash ularga abraziv zarralar kirib qolishining oldini olishi va detallarning yeyilish jadalligini sekinlashtirishi mumkin.

Tirqishlardan o'tib ketadigan abraziv zarralar esa ishqalanuvchi juftliklarning yeyilish jadalligini oshirishi mumkin.

Mashina detallarining chidamliligi.

Ayrim traktorlarning ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati quyidagichadir: YuMZ-6L - 400 soat; T-4A - 120 soat; MTZ-80 - 300...320 soat. Respublikamizda keng tarqalgan boshqa traktorlarning ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati taxminan 150...350 motosoatni tashkil etadi. Reklama ma'lumotlariga ko'ra, AqShda ishlab chiqariladigan traktorlarning xizmat muddati o'zbekiston traktorlarinikidan qariyb ikki marta ortiqdir. Biroq, AqShda va o'zbekistonda traktorlarni ishlatish sharoitlari bir - biridan ancha farq qilishini esdan chiqarmaslik kerak. o'zbekistonda traktorlarning o'rtacha yillik ishlashi 1300 moto-soatga yetadi, AqShda esa traktorlar yiliga 520 moto-soat ishlaydi xolos.

Toshkent viloyatida T - 4A traktori uchun extiyot qismlarning xaqiqiy sarfini aniqlash uchun o'tkazilgan tadqiqot ishlari traktor tuzatilganda asosiy detallarga belgilangan me'yordan 14 % ko'p mablag sarflanganini ko'rsatdi. yeyilgan sirtlarni o'rganish shuni ko'rsatdiki, shesternyalar ko'pincha toliqib va abraziv ta'sirida yeyilishga, gupchak - abraziv ta'sirida yeyilishga, bronza vtulka esa ilashib qolishga duchor bo'lar ekan.

Traktorlar ishlamay qolishlarining taxminan 20 foizi gidravlik tizimga to'gri keladi. Gidravlik tizimning asosiy agregatlaridan biri bo'lgan nasoslar uning ishlash qobiliyatini ko'p jixatdan belgilab beradi. Traktorlarning nasoslari ogir sharotda, katta yuklanish va ko'pincha o'ta yuklanish bilan ishlaydi.

Ish suyuqligining mexanik aralashmalar bilan yuqori darajada ifloslanishi filtrlar, sapunlar va moy baklarini tez - tez tozalab turishni, ish suyuqligini tezroq almashtirib turishni taqozo etadi. Gidrotizimdagi ish suyuqligining mexanik aralashmalar bilan ifloslanishi gidroagregatlar detallarining yeyilish jadalligini oshiradi. Mashina ishlayotgan vaqtda xavoning xarorati yuqori bo'lishi qo'zgaluvchi birikmalar sirtining xarorati ko'tarilishiga olib keladi, bu esa, o'z navbatida, sirtlarning moylanish va ularda ximoyalovchi chegaraviy qatlamlar xosil bo'lish sharoiti yomonlashuvi tufayli detallarning me'yorida ishlash muddatini qisqartiradi.

Mashina qismlarning yeyilishiga doir statistika ma'lumotlarini shesternyali nasos detallari misolida ko'rib chiqamiz. Foydalanish tajribasining ko'rsatishicha, NSh nasoslarining xizmat muddati o'rtacha 1,5 - 2 yilni, gidrotizimi katta yuklanish bilan ishlaydigan mashinalarda (avtogreyderlar, buldozerlar, ekskavatorlar, yuklagichlarda) esa ko'pi bilan bir yilni tashkil etadi. Nasoslarning xizmat muddatini kamaytiruvchi asosiy sabablardan biri detallarning yeyilishi ekan.

Qismlarga ajratilgan va yaroqli - yaroqsizligini aniqlashda chiqitga chiqarilgan shesternyali NSh - 46 U nasoslaridagi asosiy detallarning yeyilish darajasini mikrometraj usuli yordamida o'rganildi. Ana shu usul bilan 60 ta nasosning vtulkalari, yetakchi va yetaklanuvchi o'qlari tekshirildi. har bir yeyilgan sirtini o'lchash natijalari statistik ishlash dasturlaridan foydalangan holda EYMda ishlandi. Tadqiqotlar ko'rsatishicha, 18 XGT markali po'latdan yasalgan yetakchi shesternyaning tsapfasi o'rtacha 0,050 mm; yetaklanuvchi shesternyaning tsapfalari o'rtacha 0,010 mm yeyiladi; ularning o'lchamlari me'yoridagi qonun bo'yicha

taqsimlanmaydi. Br.OTSS 5-5-5 markali bronzadan yasalgan, teshigining diametri $26^{0,015}_{0,0}$ bo'lgan vtulkalarning o'rtacha yeyilishi 0,104 mm ga teng. o'lchamlarining taqsimlanishi me'yorida taqsimlanishga yaqindir. Ishqalanuvchi sirtlarning maxsus tadqiqoti natijasida mazkur holda abraziv ta'sirida yeyilish aniqlandi.

Nazorat savollari

1. Eyilish natijasida ishlamay qolishning sabablarini aytib bering.
2. Transport vositalarining qaysi agregat va detallarida yeyilish yeyilish ko'p uchraydi?
3. Abraziv ta'sirida yeyilish qanday sodir bo'ladi?
4. Paxta ekiladigan maydonlarda mashinalarning ishlash sharoiti nimasi bilan ajralib turadi?
5. Traktor va avtomobil detallarida yeyilishning qanday turlari uchraydi?
6. Toliqib yeyilish qay tarzda ro'y beradi?
7. qaysi materiallar eskirishga moyilroq bo'ladi?
8. Eyilishdan boshqa qanday jarayonlar mashinani ishlamay qolishga olib keladi?
9. Puxtalik nazariyasida qanday masalalar ko'riladi.
10. Mashinaning puxtalik ko'rsatkichlariga ta'rif bering.
11. Nuqson bilan ishlamay qolish o'rtasidagi farqni tushuntiring.
12. To'satdan va asta-sekin ishlamay qolishlarning sababi nimalarda?
13. Buzilmasdan ishlashning miqdoriy xususiyatlari qaysi ko'rsatkichlar bilan ifodalanadi?
14. Ishlamay qolish jadalligi deganda nimani tushunasiz?
15. Ishlamay qolish jadalligining vaqtga bog'liqligini yozib bering.
16. Texnik tayyorlik va foydalanish ko'effitsientlarining ma'nosi nima?
17. Asta sekin ishlamay qolishga misol keltiring.
18. Mashina hayotidagi qanday uchta davrni bilasiz?
19. Ishlamay qolishlarni o'rganish uchun nega ehtimolliklar nazariyasidan foydalaniladi?
20. Mashinaning ko'pga chidamliligini qanday ko'rsatkichlari mavjud?
21. Taqsimlanish qonunlarining parametrlarini sanab bering.

2-MA`RUZA

Puxtalik sohasida atamalar va tushunchalar

Reja

- 1. Asosiy atamalar va tushunchalar**
- 2. Ta'mirga yaroqlilik ko'rsatkichlar**
- 3. Puxtalikning umumlashgan ko'rsatkichlari**

Puxtalik nazariyasi mashinalarda ishlamay qolishlarning kelib chiqish qonunlarini o'rganadi. Puxtalikka doir atamalar va ta'riflar andozalashtirilgan bo'lib, ulardan ba'zilar quyida keltirilgan.

Ishlash jarayonida mashina tuzuk, ishlashga layoqatli, nosoz va ishlashga layoqatsiz holatlardan birida bo'lishi mumkin.

Mashinalarning puxtaligini o'rganishda turli - tuman ob'ektlar ko'rib chiqiladi. Qo'yilgan vazifaga qarab ob'ekt mashinaning alohida detali, kinematik juftligi, agregati yoki mashinaning o'zi bo'lishi mumkin.

Ishlash qobiliyati - ob'ektning shunday holatiki, bunda uning berilgan vazifalarni bajara olishini ifodalovchi barcha ko'rsatkichlarning qiymatlari me'yoriy-texnik va konstruktorlik hujjatlarining talabalariga mos keladi. Me'yoriy-texnik va konstruktorlik hujjatlari deganda davlat andozalari, texnikaviy shartlar, mahsulotning pasporti va boshqa texnik hujjatlar tushuniladi.

Tuzuklik - ob'ektning me'yoriy - texnik va konstruktorlik xujjatlaridagi hamma talablarni qanoatlantiradigan holati.

Nosozlik - ob'ektning shunday holatiki, bunda u me'yoriy - texnik va konstruktorlik hujjatlaridagi talablarning loaqal bittasiga javob bermaydi.

Ishlashga layoqatsizlik - ob'ektning shunday holatki, bunda uning berilgan vazifalarni bajara olishini ifodalovchi birorta ko'rsatkichning qiymati me'yoriy - texnik va konstruktorlik hujjatlarining talablarini qanoatlantirmaydi.

«Tuzuklik» tushunchasi «ishlash qobiliyati» tushunchasidan kengroqdir. Ishlashga layoqatli ob'ekt nosoz bo'lishi mumkin, ammo bu nosozlik uning me'yorida ishlashga to'sqinlik qiladigan darajada bo'lmaydi.

Puxtalik ob'ektning to'rtta xususiyati majmuidan iborat bo'lib, buzilmasdan ishlash, ta'mirlashga (tuzatishga) yaroqlilik, saqlanuvchanlik va ko'pga chidamlilik bilan belgilanadi.

Buzilmasdan ishlash - ob'ektning o'z ishlash qobiliyatini ma'lum vaqt ichida yoki ma'lum miqdordagi ishni bajargunga qadar saqlab turish xususiyati.

Ta'mirga yaroqlilik - ob'ektning ishlamay qolishlar, shikastlanishlar sabablarini aniqlashga va oldini olishga hamda tuzatish va texnik xizmat ko'rsatish orqali ularni bartaraf etishga moslanganlik darajasidan iborat xususiyati.

Ishlamay qolish - ob'ektning ishlash qobiliyati buzilishidan iborat hodisa.

Saqlanuvchanlik - ob'ektning saqlash yoki boshqa joyga ko'chirish davomida va bundan keyin soz hamda ishlashga layoqati holatini uzluksiz saqlab turish xususiyati.

**Ko`pga chidamlilik** - mavjud texnik xizmat ko`rsatish va tuzatish tizimlarida ob`ektning o`z ishlash qobiliyatini belgilangan ohirgi olat boshlangunga qadar saqlab turish xususiyati.

Oxirgi holat - ob`ektning shunday holatiki, ushbu holat yuzaga kelganda xavfsizlik talablari tuzatib bo`lmaydigan darajada buzilishi yoki berilgan ko`rsatkichlarning belgilangan chegaralaridan yo`l qo`yib bo`lmaydigan darajada chetlashuvi, yoxud foydalanish samaradorligi ruxsat etilgan eng kam samaradorlikdan ham pasayib ketishi, yoki tubdan ta`mirlash zarurligi tufayli ob`ektdan foydalanish to`xtalishi zarur. Oxirgi holatning alomatlari ushbu ob`ektga doir me`yoriy - texnik hujjatlarda ko`rsatiladi.

Texnik xujjatlarda belgilangan ko`rsatkichdan chetga chiqish me`yorlari va ruxsat etilgan chiqishlar ko`zda tutiladi. Masalan, tsilindr - porshenli guruh detallari yeyilishi oqibatida ichki yonish motorining quvvati kamayadi. Oxirgi quvvat shunday quvvatki, bunda motori yeyilgan traktor ko`rsatilgan yukni torta olmay qoladi.

3-MA`RUZA

To`qimachilik jihozlarini ishlamaslik klassifikatsiyasi

Reja

1. Ishlamay qolishlar tasnifi.
2. Buzilmasdan ishlash ko`rsatkichlari
3. Ta`mirga yaroqlilik ko`rsatkichlari

To`qimachilik va paxta tozalash mashinasi korxonada tayyor bo`lganidan boshlab, masalan, harakatga keltiruvchi yuritma tizimi ishlamay qolguncha o`tadigan vaqtni uning xizmat muddati deb qarash mumkinmi yoki bu vaqt biror jiddiy buzilish tufayli to`qimachilik va paxta tozalash mashinasi harakatlana olmaydigan payt bilan aniqlanadimi? Buni baholashning turli mezonlari ilgari surildi, ta`riflarni murakkablashtirish boshlanib, ularga ishlamay qolishning ahamiyati yoki qiymati tushunchasi, uni bartaraf etishning murakkablik darajasi tushunchalari kiritildi.

Ishlamay qolishni aniqlashga xizmat qiladigan alomatlar mazkur ob`ektning me`yoriy - texnik hujjatlarida ko`rsatiladi.

Mashinalarning ishlamay qolishi detallarning yeyilishi, sinishi, deformatsiyalanishi, mexanizmlari yoki tizimlarining rostlanishini buzilishi, mahkamlangan joylarining bo`shashib qolishi, yonilg`i, surkov moyi uzatilishi to`xtab qolishi oqibatida ro`y berishi mumkin.

qay tarzda namoyon bo`lishiga qarab, ishlamay qolishlar asta - sekin va to`satdan ishlamay qolishlarga bo`linadi. qandaydir ko`rsatkich yoki xususiyatning tobora o`zgarib borishi natijasida sodir bo`ladigan ishlamay qolish **asta – sekin ishlamay qolish** deb ataladi. Foydalanishning istagan davrida yuz berishi mumkin bo`lgan va tasodifiy omillarga bog`liq bo`lgan ishlamay qolish **to`satdan ishlamay qolish** deyiladi.

Buyum holatining parametrlari uning o'z vazifasini bajarish sifatini belgilaydi. holat parametrlarining ruxsat etilgan qiymatlardan chetlashishi buyumning ishlash qobiliyati buzilganini bildiradi. Bu turdagi ishlamay qolishlar parametrik ishlamay qolishlar deb ham yuritiladi. Agar parametrlarning o'zgarishi tuzatib bo'lmaydigan darajada bo'lsa (masalan, yeyilish, zanglash, eskirish sababli), u holda asta-sekin ishlamay qolish sodir bo'ladi.

To'satdan ishlamay qolishlar ko'zda tutilmagan yuklanishlarda, ishchi qurilmalari ifloslanganda va hokazolarda yuz beruvchi ishlash qobiliyatining tasodifan o'zgarishidan iborat. Detallarning sinishi to'satdan ishlamay qolishga misol bo'la oladi. Asta-sekin ishlamay qolishlar puxtalik xususiyatlarining qonuniy ravishda o'zgarishlarini ifodalaydi. Bu o'zgarishlar odatda detallarning me'yorida yeyilishi, shuningdek loyihalashdagi xatolar, foydalanish, xizmat ko'rsatish, tuzatish qoidalarining buzilishi va boshqalar bilan bog'liq bo'ladi.

Ro'y berish sabablariga ko'ra, ishlamay qolishlar quyidagi to'rtta turkumga bo'linadi:

Konstruktsion ishlamay qolishlar. Konstruktsioning xatolari yoki loyihalash usullarining mukammal emasligi (mashina qismlarining mustahkamligi yetarli emasligi, ulardagi eng muhim qismlarning chang, nam, xarorat va xokazolardan himoyalanganligi) tufayli yuz beradi.

1 - jadval. Ishlamay qolishlar tasnifi.

Tasniflash alomatlari	Ishlamay qolish turi va sabablari	Ishlamay qolishlar ulushi, %
Paydo bo'lish sabablari	Konstruktsiyaviy Ishlab chiqarishdagi Foydalanishdagi	15-20 45-50 30-40
Paydo bo'lish tarzi (vaqt o'tishi bilan avj olishi)	To'satdan Asta – sekin	15-20 75-85
Ta'sir ko'rsatish darajasi	Xafli Xafsiz	5-7 93-95
Oldindan bilish mumkinligi	Bashorat qilish mumkin Bashorat qilib bo'lmaydi	12-37 63-88
Ishlash qobiliyatini yo'qotish darajasi	Qisman To'liq	85-90 10-15

Ishlab chiqarishdagi xatolar tufayli ishlamay qolishlar. Bular mashinalarni tayyorlash yoki ta'mirlash texnologiyasining buzilishi yoxud mukammal emasligi tufayli kelib chiqadi. Detallar yuzalarining sifati va tayyorlanish aniqligi odatda ruxsat etilgan chegaralarning qiymatlari ichida bo'ladi. Ishlab chiqarish madaniyati pastligi tufayli sifat ko'rsatkichlari anchagina farq qilganda bir ob'ektning puxtaligi boshqasidan ancha past bo'lishi mumkin. Ishlab chiqarishdagi xatolar tufayli ishlamay qolishlar buyumlarning faqat bir qismida kuzatilishi mumkin.

Foydalanish paytidagi ishlamay qolishlar. Foydalanish qoidalarini buzilishi yoki qoidalarda koʻzda tutilmagan tashqi taʼsirlar natijasida yuzaga keladi. Bu hol buyumning barvaqt ishlamay qolishiga olib keladi. Odatda, bunday buzilishlar foydalanilayotgan mashinalarning faqat maʼlum qismida uchraydi.

Mashinalarning eskirishi natijasida paydo boʻluvchi ishlamay qolishlar. Bunday ishlamay qolishlar foydalanish va saqlash paytida yuz beruvchi tuzatib boʻlmaydigan darajadagi oʻzgarishlar bilan bogʻliqdir. Mazkur oʻzgarishlar natijasida qismlarning mustahkamligi, muvofiqlashuvi va oʻzaro taʼsiri buziladi. Ushbu ishlamay qolishlar asta - sekin ishlamay qolishlar jumlasiga kiradi.

«Tabiiy eskirish» va «maʼnaviy eskirish» tushunchalarini farq qila bilish kerak. Maʼnaviy eskirgan buyumlar (avtomobillar, traktorlar, dastgohlar va boshqalar) puxta boʻlishi mumkin, ammo ularning baʼzi koʻrsatkichlari yangilarinikidan kam boʻladi.

Puxtalik hususiyatlari koʻrsatkichlari.

Buyumning puxtaligi (koʻpga chidamliligi, buzilmasdan ishlashi, taʼmirlash yaroqliligi, saqlanuvchanligi) darajasini belgilovchi xususiyatlardan har biri koʻrsatkichlarning muayyan turkumi bilan ifodalanadi.

Koʻpga chidamlilik koʻrsatkichlari. Mashinalar chidamliligining asosiy koʻrsatkichlari quyidagilardir: texnik resurs, belgilangan resurs, gamma - foizdagi resurs, oʻrtacha xizmat muddati va hokazo.

Ishlash muddati - obʼektning ishlash davomiligi yoki ish hajmi boʻlib vaqt, uzunlik, yuza, hajm birliklarida va boshqa birliklarda oʻlchanadi.

Texnik resurs deb, obʼektning undan foydalana boshlagandan yoki tubdan taʼmirlanib tiklanganidan soʻng ohirgi holat yuzaga kelgunga qadar bajaradigan ishga aytiladi.

Belgilangan resurs - obʼekt xizmat muddati davomida bajaradigan jami ishi boʻlib, buni bajarib boʻlgandan soʻng qanday holatda boʻlishidan qatʼi nazar, undan foydalanish toʻxtatilishi zarur.

Roʻyxatdan chiqarib tashlangunga qadar boʻlgan oʻrtacha resurs - obʼektning undan foydalanila boshlagandan toʻ ohirgi holatga kelib qolganligi tufayli roʻyxatdan chiqarib tashlangunga qadar bajaradigan oʻrtacha ishi.

Gamma foizdagi resurs - bajarish davomida obʼekt berilgan γ foizlar ehtimoli boʻlgan ohirgi holatga yetmaydigan ish miqdori.

Kafolatli ishlash muddati - obʼektdan ishlash qoidalariga, shu jumladan, saqlash va boshqa joyga koʻchirish qoidalariga amal qilgan holda foydalanilsa, obʼektning tayyorlagan korxona uning ana shu muddat davomida buzilmasdan ishlashiga kafolat beradi va obʼektga nisbatan qoʻyiladigan talablarning bajarilishini taʼminlaydi.

Xizmat muddati - obʼektning undan foydalanila boshlagandan yoki tubdan taʼmirlangandan soʻng ohirgi holatga kelgunga qadar ishlash davomiligi.

Resursning xizmat muddatidan farqi shundan iboratki, resurs obʼektning soatlarda oʻlchanuvchi haqiqiy bajargan ish miqdorining bahosi boʻlib, bunda ishda boʻlgan tanaffuslar va bekor turib qolishlar vaqti hisobga olinmaydi; xizmat muddati esa mashinadan qay tarzda foydalanishda qatʼi nazar, u foydalanishga topshirilgan paytdan boshlab ishga yaroqli holatda boʻlish davomiligini ifodalaydi.

Buzilmasdan ishlash ko'rsatkichlari. *Ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati* deganda ta'mirlanadigan ob'ektning ishlash muddatini ana shu ishlash muddati davomida uning ishlamay qolishlari sonining matematik kutilmasiga nisbati tushuniladi. Agar ishlash muddati vaqt birliklarida ifodalangan bo'lsa, u holda "buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti" atamasi qo'llanishi mumkin:

$$T_{yp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

bu yerda: n - t vaqt ichidagi ob'ektlarning umumiy ishlamay qolishlari soni; t_i - i -nchi ob'ektning ishlamay qolgunga qadar bajargan ish miqdori.

Buzilmasdan ishlashning asosiy ko'rsatkichi ***ishlash ehtimoli*** bo'lib, bu davr ichida ob'ektning ishlamay qolishlari sodir bo'lmaydi:

$$P(t) \text{ q } (N - N_0) G' N$$

bu yerda: N - sinladigan ob'ektlar soni; N_0 - t vaqt ichida ishlamay qolgan ob'ektlar soni.

Ishlamay qolish ehtimoli yoki ***buzilish funksiyasi***

$$F(t) \text{ q } 1 - P(t)$$

Ishlamay qolishlar oqimining parametri ta'mirlanadigan ob'ektning vaqt birligi ichida ishlamay qolishlari o'rtacha sonini ifodalaydi:

$$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t + \Delta t) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N \cdot \Delta t}$$

bu yerda: m_i - t vaqt ichida i -nchi ob'ektning ishlamay qolishlari soni; Δt - ancha kichik bo'lgan vaqt oralig'i.

Ta'mirlanmaydigan ob'ektning buzilmasdan ishlash ko'rsatkich-lariga buzilmasdan ishlash ehtimoli, ishlamay qolgunga qadar bajarilgan o'rtacha ish miqdori va ishlamay qolishlar jadalligi kiradi.

Ishlamay qolishlar jadalligi – ta'mirlanmaydigan ob'ektning ishlamay qolish paydo bo'lishi ehtimolining shartli zichligi bo'lib, u ko'rib chiqilayotgan t vaqt uchun, ana shu paytga qadar ishlamay qolish bo'lmaganligi sharti bilan aniqlanadi:

$$\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t}$$

bu yerda: $N(t)$, $N(t + \Delta t)$ - t va $t + \Delta t$ vaqtga kelib ishlashga layoqatli ob'ektlar soni.

Ta'mirga yaroqlilik ko'rsatkichlari. Buyumning ta'mirga yaroqliligini baholash uchun quyidagi ko'rsatkichlardan foydalaniladi: tiklashga ketgan o'rtacha vaqt; berilgan vaqtda tiklash ehtimoli; texnik xizmat ko'rsatishning o'rtacha umumiy narxi va xokazo.

Tiklashga ketgan o'rtacha vaqt bitta ishlamay qolishni bartaraf etish maqsadida uni izlash va ta'mirlash uchun zarur bo'lgan majburiy to'xtatib qo'yish davomligini ifodalaydi:

$$T_r = \sum_{i=1}^m t_i / m$$

bu yerda t_i - tiklashning davomliligi (izlashga ketgan vaqt ham qo'shiladi); m - tiklanayotgan ob'ektlar miqdori.

Berilgan $P(t \leq t_{moc})$ vaqt ichida tiklash ehtimoli mashinaning chegaralangan vaqt davomida joriy tuzatishni o'tkazishga moslashtirilganlik darajasini ifodalaydi. Texnik xizmat ko'rsatishning o'rtacha umumiy narxi ana shu tadbirni o'tkazishga sarflanadigan mehnat, ish vaqti va material miqdorini ko'rsatadi.

Saqlanuvchanlik ko'rsatkichlari. Saqlanuvchanlik ko'rsatkichlariga saqlanuvchanlikning o'rtacha muddati, saqlanuvchanlikning gamma - foizdagi muddati va boshqa ko'rsatkichlar kiradi. Saqlanuvchanlik ko'rsatkichlari odatda chidamlilik ko'rsatkichlariga, xususan, xizmat muddatiga mos keladi. Mavsumga qarab foydalaniladigan turli mashinalar, almashma agregatlar va metal bo'lmagan har xil elementlarni, chunonchi, rezina shlanglar, zichlagich manjetalar, pnevmatik kameralar, shinalar va shu kabilarni loyihalashda saqlanuvchanlikni ta'minlashga katta ahamiyat beriladi.

Puxtalikning umumlashgan ko'rsatkichlari. Bularga tayyorlik koeffitsienti K_t va texnik jihatdan foydalanish koeffitsienti K_f kiradi.

Tayyorlik koeffitsienti istalgan vaqt momentida ob'ektning ishlashga layoqatli xolatda bo'lish ehtimolini ifodalaydi (rejalashtirilgan davrlar bundan mustasnodir, chunki bu davrlar davomida ob'ektdan o'z o'rnida foydalanish ko'zda tutilmaydi):

$$K_t = t / G' \quad (t \leq Q \quad t_t)$$

bu yerda: t - ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati; t_t - tiklashga ketadigan o'rtacha vaqt.

Texnik jihatdan foydalanish koeffitsienti foydalanishning ma'lum davri mobaynida ob'ektning ishlashga layoqati holatda bo'lish vaqti matematik kutilmasini ob'ektning ishlashga layoqati bo'lishini matematik kutilmasi, texnik xizmat ko'rsatish bilan bog'liq bekor turib qolishlar vaqti va foydalanishning o'sha davri mobaynida tuzatishlar vaqtining yig'indisiga nisbatidan iborat:

$$K_f = t_u / G' \quad (t_u \leq Q \quad t_{tuz} \leq Q \quad t_{txk})$$

bu yerda: t_u - ob'ektning umumiy ishlash muddati, soat; t_{tuz} , t_{txk} - tuzatish va texnik xizmat ko'rsatish chog'ida mashinaning bekor turib qolishlarini umumiy davomliligi.

Tiklashning o'rtacha vaqti va texnik xizmat ko'rsatish hamda tuzatish bilan bog'liq jami bekor turib qolishlar qancha kam bo'lsa, tayyorlik va texnik jihatdan foydalanish koeffitsientlari shuncha katta bo'ladi.

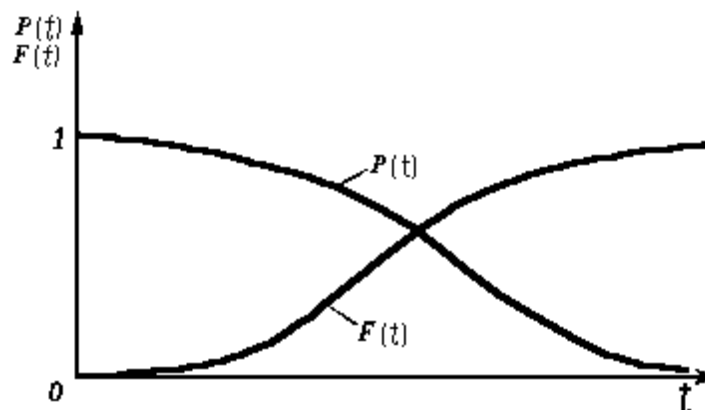
Mashinalarning puxtaligi bilan bog'liq bo'lgan amaliy masalalarni hal qilishda xususiyatlarning miqdoriy ko'rsatkichlarini aniqlab olish zarur. Bu ko'rsatkichlar foydalanish davrida yig'ilgan yoki stend sinovlarida olingan ma'lumotlarni tahlil qilish yo'li bilan, shuningdek nazariy hisoblash usuli bilan olinishi mumkin.

Puxtalikning miqdoriy ko'rsatkichlari ehtimollik xususiyatiga ega bo'ladi. Shu sababli ular tadqiq qilinuvchi kattaliklar bo'ysunadigan taqsimlanish qonunlari asosida tahlil qilinadi. Shuni aytib o'tish kerakki, puxtalikni baholash uchun foydalanish davrida ma'lumotlar to'plash va puxtalikka sinash hamisha katta mehnat

sarfi hamda moddiy xarajatlar bilan bog'likdir. Puxtalik ko'rsatkichlarini baholashning nazariy hisoblash usullari hozircha amaliyotda kam qo'llanilmoqda.

Puxtalik nazariyasi avvalambor mashinaning ishlash qobiliyatini belgilovchi detallarning ishlamay qolish statistikasini o'rganish bilan shug'ullanadi. Buning birinchi natijasi ishlamay qolishlarning taqsimlanish qonunini aniqlash bo'ladi. Ishlamay qolish ehtimolining sonli qiymatlari, xar qanday ehtimollik kabi, 0 dan 1 gacha bo'lishi mumkin.

2 - rasmda ob'ektning buzilmasdan ishlash ehtimolligi $R(t)$ ning ishlash davomligi t ga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziqning umumiy ko'rinishi keltirilgan.



1-rasm. Ishlash ehtimoli $P(t)$ va ishlamay qolish ehtimoli $F(t)$ ning vaqtga bog'liqligi.

Ishlamay qolish ehtimoli buzilmasdan ishlash ehtimolining teskari qiymati hisoblanadi:

$$P(t) + F(t) = 1$$

Agar traktor gidrotizimi taqsimlagichining t vaqtdagi buzilmasdan ishlash ehtimoli 0,9 ga teng ekanligi ma'lum bo'lsa, bu xol kuzatilayotgan 10 ta traktordan bittasida t vaqtda gidrotizimning ishlamay qolgan bo'lishi kerakligini, qolgan to'qqiztasi esa buzilmasdan ishlashi lozimligini bildiradi. Ammo muayyan sharotda bundan anchagina chetlanishlar bo'lishi mumkin, ya'ni $P(t)$ q 0,9 qiymatlar bosh to'plamga taalluqlidir, alohida kuzatuvlar esa nazariy kuzatuvdan farq qilishi mumkin. Kuzatilayotgan traktorlar soni yetarlicha ko'p bo'lganda har holda $P(t)$ q 0,9 bo'ladi.

Buzilmasdan ishlash ehtimoli vaqt o'tishi bilan kamayib boradi. Aksariyat elementlar uchun bu egri chiziq eksponentaga yaqinlashadi. Shu sababli buzilmasdan ishlash ehtimolini aniqlash uchun eksponentsial formula qabul qilingan:

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

bu yerda λ - ishlamay qolish jadalligi.

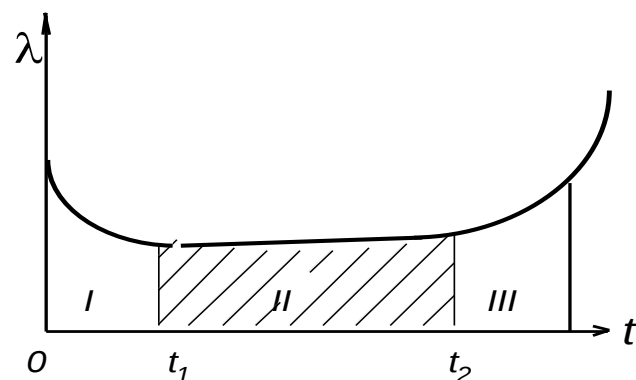
$$f(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t}; \quad f(t) \approx \lambda t,$$

bundan $\lambda \approx f(t)/t$, 1G'soat.

Ishlamay qolish jadalligi ko'pincha bitta ishlamay qolishning mashina bajargan ish miqdoriga nisbati sifatida aniqlanadi.

Masala. Agar 1000 soat davomida detalning buzilmasdan ishlash ehtimoli $P(1000)$ q 0,95 dan kam bo'lmazligi zarur bo'lsa, uning ishlamay qolish jadalligi ko'pi bilan qanday bo'lishi mumkin?

Echish: $\lambda = \frac{1 - p(1000)}{1000} = \frac{1 - 0,95}{1000} = 5 \cdot 10^{-5}$, 1G'coat.



2-rasm. Ishlamay qolishlar jadalligining vaqt o'tishi bilan o'zgarishi.

Ishlamay qolish jadalligi vaqt o'tishi bilan murakkab qonun bo'yicha o'zgaradi: dastlab u kamayadi (detallarning siyqalanishi yuz beradi), keyin ma'lum vaqt davomida o'zgarmas bo'ladi (me'yorida foydalanish davri) va shundan so'ng ortib boradi (falokatli yeyilish va eskirishning boshlanishi). Boshlang'ich davrda ishlamay qolish jadalligi yuqori bo'ladi. Bunga ishlab chiqarish jarayonida payqalmay qolingan yashirin nuqsonlar sabab bo'ladi.

Mahsulotni siyqalanish davri odatda ko'pga cho'zilmaydi. Ko'pchilik xollarda u bir necha o'n soatni tashkil qiladi. Shuning uchun siyqalanish jarayonini ishlab chiqarish korxonasida o'tkazish maqsadga muvofiqdir. Buyumni tayyorlovchilar uni zavodning o'zidayoq siyqalantirishga xarakat qilishlari, iste'molchi esa uni ishlamay qolish ehtimoli juda kam bo'ladigan t_1 paytda olishi kerak. Amalda esa iste'molchi ko'pincha tayyor buyumni t_0 bo'lgan paytda oladi. Tayyorlovchi korxonaga bu foydalidir, chunki buyumning tannarxi arzonlashadi, siyqalantirish esa iste'molchi zimmasiga o'tkaziladi.

t_1 va t_2 orasidagi davrda ishlamay qolishlarning ortishiga buyumdan foydalanuvchilar sababchi hisoblanadi. t_2 vaqtdan boshlab ishlamay qolishlar uchun buyumni tayyorlovchilar texnik nazorat xizmatlari bilan birgalikda javobgardir. t_2 paytdan boshlab ishlamay qolishlar ob'ekt detallarining yeyilishi tufayli ro'y beradi. Buyumning tuzilishini takomillashtirish ishlari hamisha uning ishlash qobiliyatini oshirishga qaratilgan bo'ladi. Shu sababli, agar oldindan belgilangan t_2 bajarilmaydigan bo'lsa, ishlamay qolishlarga loyihalovchilar ham javobgar bo'ladilar.

Mashinadan me'yorida foydalanish davri uning elementlarida yeyilish natijasida ishlamay qolishlar paydo bo'lishi bilan tugaydi. Mashinaning o'rtacha resursi davriga kelib yeyilish natijasida ishlamay qolishlar ulushi to'satdan ishlamay qolishlarga nisbatan 50 marta oshib ketadi. Shuning uchun mashinalarning tez yeyiluvchi detallarini t_2 davrdan boshlab almashtirish yaxshi natijalar beradi.

4-MA`RUZA

Mashina detallari va qismlarini puxtaligini hisoblash. Mashina umimdorligini oshirish

Reja

- 1. Mashinalar puxtaligini hisoblashning amaliy usullari.**
- 2. Yangi mashinaning tuzilish puxtaligini aniqlash**
- 3. Detallarni mustaxkamlikka hisoblash**
- 4. Mashina detallarining ishlash qobiliyatini va chekli holatini hisoblash**

Puxtalikni hisoblash tartibi.

Ma`lumki mashinaning ishlamay qolishi to`satdan va asta - sekin sodir bo`ladi. Uning umumiy puxtaligi ishlamay qolishlarning ana shu turlariga doir buzilmasdan ishlash ehtimolini ko`paytirish orqali baholanadi:

$$R(t) \text{ q } R_t(t)R_a(t)$$

bu yerda: $P_t(t)$ - to`satdan ishlamay qolish chohida buzilmasdan ishlash ehtimoli;
 $P_a(t)$ - asta - sekin (eyilish tufayli) ishlamay qolish paytida buzilmasdan ishlash ehtimoli.

Puxtalikni hisoblashda quyidagi izchillikda ish ko`rish tavsiya etiladi.

1. Puxtalikning mustaqil xususiyatlarini aniqlash mumkin bo`lishi uchun buyum alohida qismlarga ajratiladi. Bu qismlar mustaqil bo`lgani ma`qul.

2. Buyumning funktsional - tuzilish sxemasi tuzilib, unga zahira qismlar kiritiladi.

2- jadval. Buyum tayyorlashning bosqichlari va puxtalikni hisoblashning ularga mos turlari

Buyum tayyorlash bosqichlari	Puxtalikni hisoblash ishlari
Texnik topshiriqni ishlab chiqish	Puxtalik ko`rsatkichlarining qiymatlarini asoslash (me`yorlarni aniqlash)
Eskiz (xomaki) loyihasi	Puxtalikni taxminan hisoblash (tuzilish puxtaligini aniqlash)
Texnik loyiha	Ishlash tartibotlarini va ishlash sharoitini hisobga olgan holda puxtalikni aniq hisoblash
Ishchi loyiha	qo`shimcha omillarni, yeyilishni, ishlamay qolishlar jadalligi qiymatlarining tarqoqligini e`tiborga olgan holda puxtalikni uzil - kesil hisoblash
Tayyor bo`lgan namuna	Erishilgan puxtalik darajasini tajriba yo`li bilan

	baholash
--	----------

3. Buyumning yo bir tsikllik ishi uchun, yoki butun xizmat muddati uchun namunaviy ish tartibi tuzilib, unda ishlash tartibotlari va ishlash sharoitlari ko`rsatiladi. Buyum tayyorlashning turli bosqichlarida puxtalikni hisoblash ishlari tanlanadi (3 - jadval).

Mashinani loyihalash bosqichlari. Mashinani yaratishda turli mutaxassislar qatnashadilar. Bu jarayon quyidagi bosqichlardan iborat bo`ladi: yangi mashina yaratish zarurligini yoki mavjudlarini takomillashtirish kerakligini asoslab berish va bu ishlar bilan bohliq bo`lgan ilmiy - texnik tadqiqotlar; konstruktorlik loyihasini tuzish; tajriba namunalari tayyorlash, ularni sinash, shu jumladan, davlat sinovidan o`tkazish, maromiga yetkazish va ishlab chiqaruvchi korxonaga (buyurtmachiga) topshirish; mashinalarni seriyalab ishlab chiqarish.

Keyin konstruktorlik xujjatlarini hozirlashga kirishiladi. Konstruktorlik xujjatlari mashinaning tuzilishi haqidagi ma`lumotlarni, uning loyihasini ishlab chiqish, tayyorlash, tekshiruvdan o`tkazish, qabul qilib olish, sinash, foydalanish va tuzatish uchun zarur bo`lgan barcha ma`lumotlarni o`z ichiga oladi. Loyihalovchilar tasdiqlangan texnik topshiriq asosida texnik taklif tayyorlaydilar. Texnik taklifda, yaratiladigan va mavjud mashinalarning tuzilishi va ishlatish xususiyatlarini hisobga olgan holda, qo`yilgan vazifani hal etishning mumkin bo`lgan variantlarini asosi va bahosi, mazkur variantlarning patent jihatidan sofligi va raqobatlashish layoqati to`hrisidagi ma`lumotlar, loyihaning hajmi va bajarilish muddatlari haqidagi ma`lumotlar bo`ladi.

Konstruktorlik loyihasi eskiz, texnik va ishchi loyihalardan iborat bo`ladi. Seriyalab ishlab chiqarilayotgan mavjud mashinalarni takomillashtirishda eskiz loyihasi tuzilmasligi mumkin.

Eskiz loyihasi mashinaning vazifasi, tuzilishi, ishlash negizi va asosiy parametrlari to`hrisida umumiy tasavvur beradi. Eskiz loyihasida konstruktsiyaning batafsil kinematik ishlanmasi bilan bir qatorda, mashinadagi asosiy qismlarning o`ziga xos xususiyatlarini aniqlash yo`llari ham ko`rsatiladi.

Texnik loyihani tuzishda tayyorlash texnologiyasiga, ishlab chiqarish ko`lamiga, iqtisodiy samaradorlikka, xavfsizlik texnikasiga doir va boshqa masalalar ko`rib chiqiladi. Barcha texnik hisoblar batafsil va to`liq xajmda bajariladi. Loyiha ustida ishlashda ko`plab mutaxassislar, shu jumladan, texnologlar qatnashadi. Texnik loyihada hamma echimlar, shu jumladan, qism va detallarning tuzilishiga doir yechimlar ham, uzil-kesil ishlab chiqiladi, tegishli konstruktorlik xujjatlari esa ishchi xujjatlarni tuzish uchun tayyorlanadi.

Konstruktorlik xujjatlari konstruktorlik xujjatlarining yagona tizimi talablarini qanoatlantirishi zarur. Maromiga etkazish va ishda sinash uchun mashinaning tajriba namunalari tayyorlanadi. Mashinani yaratish jarayonida sinovlar muhim o`rin egallaydi. Sinov vaqtida mashinaning texnik topshiriqqa, davlat andozalari va texnik xujjatlardagi talablarga muvofiqligi aniqlanadi, shuningdek uning texnikaviy saviyasiga baho beriladi. Sinov natijalariga asoslanib mashinani seriyalab ishlab chiqarish uchun texnik xujjatlar tasdiqlanadi.

Mashinalar puxtaligining miqdoriy ko'rsatkichlari talab etilgan darajada bo'lishini ta'minlash loyihachilar, texnologlarning va undan foydalanuvchilarning vazifasidir. Mashinaning puxtaligi eng avvalo uning quyidagi ko'rsatkichlari bilan aniqlanadi: buzilmasdan ishlash ehtimoli; ishlamay qolishlar jadalligi; ishlamay qolgunga qadar o'rtacha ishlash vaqti va ana shu vaqtning tarqoqligi; gamma - foizdagi resursi va boshqa ayrim ko'rsatkichlari.

Tezlashtirilgan resurs sinovlari asosan mashinalarni ommaviy ishlab chiqarishda o'zini oqlaydi, chunki sinov jihozlarining narhi juda qimmat turadi.

Puxtalikni hisoblashning nazariy usullarini qo'llashdagi jiddiy qiyinchiliklar shundan iboratki, birinchidan, detallarning uzoq muddat ishlashini belgilovchi yeyilish hodisalarining tabiati hali to'liq ochilmagan, ikkinchidan, nazariy tadqiqotlar usullari ma'lum darajada murakkab va keng ko'lamlidir.

Konstruktor ish boshlashdan avval loyihalanayotgan mashinaning aniq foydalanish sharoitlarini yaqqol tasavvur qilishi lozim. Foydalanish puxtaligi bilan tuzilish puxtaligi tushunchalari bir xil ma'noga ega emas. Konstruktor puxtalikni qulay ish sharoitlari uchun moslab aniqlaydi. Foydalanish puxtaligi esa mashinani aniq sharoitlardagi haqiqiy puxtaligini ko'rsatadi. Shu sababli aksariyat xollarda foydalanish puxtaligi loyihalanayotgan mashinaning tuzilish puxtaligidan ancha kam bo'lib chiqadi.

Yangi mashinaning tuzilish puxtaligini aniqlash.

Puxtalik ko'rsatkichlarining qiymatlarini asoslash. Puxtalik me'yorlari quyidagi usullardan biri yordamida aniqlanishi mumkin.

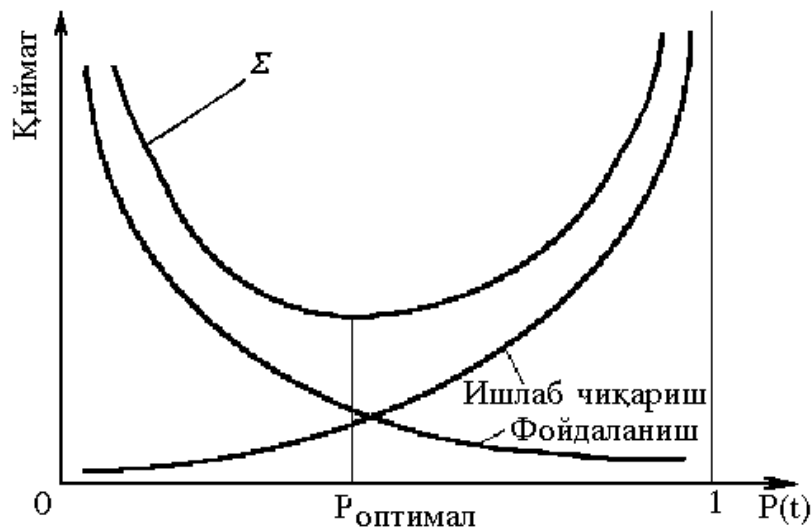
1. Buyumni tayyorlash va undan foydalanish eng arzonga tushishini belgilovchi mezon (samaralar mezoni) bo'yicha.

2. Mavjud qurilmalar analogiyasi bo'yicha.

3. Mutaxassis - ekspertlardan birma-bir so'rab chiqish orqali.

4. Amalda mumkin bo'lmagan voqea printsipi bo'yicha.

Odatda, puxtaligi past bo'lgan buyumlar arzonga tushadi, ammo ulardan foydalanish qimmatga tushadi (7 - rasm). Jami xarajatlari eng kam bo'lgan eng maqbul puxtalik sohasi mavjuddir. Mashina, berilgan aniq bir sharoit uchun qanchalik zarur bo'lsa, shu darajada puxta bo'lishi kerak. Alohida detallar chidamliligini cheksiz oshirib borishga intilish befoyda, chunki detallarning xizmat muddati mashinaning butkul xizmat muddatidan ancha oshib ketishi mumkin.



3-rasm. harajatlار va maxsulotlarning puxtaligi o`rtasidagi bohliqlik.

Tarkibiy qismlarning yuksak darajada puxtaligi ta`minlash, bir qarashda halati tuyulsa-da, loyihalovchilarni tizimga ortiqcha zahira qismlar kiritishga majbur qiladi, bu esa buyumni qimmatlashtirib, uning tashqi o`lchamlari, ohirligi va narxini oshirib yuboradi.

Puxtalikni taxminan hisoblash. Eskiz loyihasini tuzishda tuzilishning puxtaligini taxminan hisoblash amalga oshiriladi. Bunda bo`lhusi konstruktsiyaning kinematik sxemasi tuziladi. Birinchi yaqinlashishda asta - sekin ishlamay qolishlar ehtimoli 1 ga teng qilib olinadi: Ra q 1.

Taxminan hisoblash 2 variantda amalga oshirilishi mumkin:

1). Ob`ektning berilgan R(t) kattaligi bo`yicha alohida elementlarini ko`rsatkichi aniqlanadi;

2). Alohida elementlar uchun berilgan kattalikka ko`ra - butun konstruktsiyaning buzilmasdan ishlash ehtimoli R(t) aniqlanadi. Agar olingan natija puxtalikning belgilangan me`yoriga to`g`ri kelmasa, u holda tizimdagi alohida elementlarning puxtaligini oshirish uchun boshqa imkoniyatlarni qidirib topish kerak.

Misol. Mexanizm motor, reduktor va ish qurilmasidan tashkil topgan. Agregatlarning har birida mos ravishda 15, 5 va 20 ta detal bo`lib, ularning buzilmasdan ishlash ehtimoli bir xil, ya`ni λ q $2 \cdot 10^{-6}$ ga teng. t q 1000 soat ishlash davomida ularning buzilmasdan ishlash ehtimoli 0,95 dan kam bo`lmasligi, ya`ni $R(1000) > 0,95$ bo`lishi talab qilinadi.

Echish: Pa (t) q 1; Rt (t) q $e^{-\lambda t}$;

Motorning buzilmasdan ishlashi

$$P q e^{-20(2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000)} = 0,98$$

Reduktorning buzilmasdan ishlashi

$$P q e^{-15(2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000)} = 0,985$$

Ish qurilmasining buzilmasdan ishlashi

$$P_{iq} e^{-5(2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000)} = 0,995$$

$$P_{iq} P_{mot} \cdot P_{red} \cdot P_{iq} = 0,985 \cdot 0,995 \cdot 0,98 = 0,96.$$

Tuzilishning puxtaligini taxminan hisoblashda (eskiz loyihasini tayyorlash bosqichida) quyidagi masala paydo bo'lishi mumkin. Mavjud namunaning buzilmasdan ishlash ehtimoli R_{nam} va mazkur namuna tarkibiga kiruvchi elementlarning buzilmasdan ishlash ehtimoli R_i ma'lum. Shunga o'xshash yangi modelning buzilmasdan ishlash ehtimoliga nisbatan yangi talablar qo'yiladi. Modeldagi alohida elementlarning buzilmasdan ishlashiga nisbatan qo'yiladigan talablarni qanday taqsimlash kerak?

Masalaning taqribiy yechimi. Barcha elementlarning buzilmasdan ishlash ehtimolini teng deb olsak, ushbuga ega bo'lamiz:

$$P_{HAM} = kP^n;$$

$$P = \sqrt[n]{\frac{P_{HAM}}{k}}.$$

Texnik loyihani tuzishda mashinaning ishlash tartibotlari va sharoitini hisobga olgan holda uning puxtaligi aniq hisoblab chiqiladi. yeyilish tufayli ishlaymay qolishlar hozirgacha hisobga olinmagan edi. Ishlash sharoitini hisobga olish ishlaymay qolishlar jadalligini hamisha 1 dan katta bo'lgan zahira koeffitsienti K_λ ga ko'paytirish yo'li bilan amalga oshiriladi:

$$\lambda_i = \lambda_{j0} \cdot K_\lambda$$

bu yerda: λ_i - ishlaymay qolishlar jadalligi; K_λ - zahira koeffitsienti; λ_{j0} - λ ni hisoblab topilgan eng kichik qiymatlari. Odatda K_λ ning qiymatlari $1 < K_\lambda < 1000$ atrofida bo'ladi. Masalan, samolyot uchun K_λ q 120...150.

Ishchi loyiha. Puxtalikni to'liq hisoblashda barcha mumkin bo'lgan omillar hisobga olinadi. Bunda hamma ish sharoitlari, mavjud yeyilish tartibotlari, eskirish, zanglash ta'sirlari e'tiborga olinadi. Bundan tashqari, ishlaymay qolishlar jadalligi qiymatining mumkin bo'lgan tarqoqligi ham hisobga olinadi. Bu qiymat tajriba vaqtida aniqlanishi kerak.

Detallarni mustahkamlikka hisoblash.

Ob'ektni loyihalash uning tuzilishini muhandislik nuqtai nazaridan ishlab chiqishdan iborat. Fan - texnika taraqqiyoti loyihachilardan asosiy ko'rsatkichlari yuqori darajada bo'lgan mashinalar yaratishni taqozo etmoqda. Bunday ko'rsatkichlarning asosiylariga tejamlilik, puxtalik, resurs, material sarfi, tayyorlashning qulayligi va xizmat ko'rsatishning osonligi kiradi. Yaratiladigan ob'ekt aytib o'tilgan talablarni qanoatlantirishi uchun uni loyihalash chohida yangi konstruktorlik yechimlaridan foydalanilmohi zarur. Lekin bu gapimiz albatta, konstruktsiyaning uzviyligidan voz kechish va o'zini oqlagan eski konstruktsiyalar, detallar va qismlardan foydalanmaslik kerak, degan ma'noni bildirmaydi.

Motor detallarini mustahkamlikka hisoblashning ilgari qo'llanilgan usullari xech qanday e'tirozlarga duch kelmagan, chunki u paytlarda motorlarning kuchaytirilish darajasi kichik va o'rtacha edi, lekin ularning mustahkamlik zahirasi nisbatan yuqori edi. hozirgi vaqtda esa detallar geometriyasini va ularning yuklanish sharoitini ancha aniq hisobga oladigan hisoblash usullari talab etiladi.

Mashinalarni loyihalashning o'ziga xos tomonlari shundan iboratki, bunda ularning sifatini oshirish bilan bir qatorda, tuzilishini murakkablashtirish hamda xizmat muddatini uzaytirish ko'zda tutilishi kerak. Buning ustiga, loyihalash avtomatlashtirishni taqozo etadi. Bunday sharoitda hisoblashning ahamiyati ortadi. Shu sababli hisoblashlar EhM yordamida amalga oshirilishi hamda sifat jihatidan yuqori saviyada bajarilishi kerak.

Puxtalik nuqtai nazaridan mashina tuzilmalarining statik mustahkamlik bo'yicha chegaraviy holati, yo'l qo'yish mumkin va yo'l qo'yib bo'lmaydigan holatlar bilan ifodalanadi. Bu holatlar orasidagi chegara qurilmaning alohida elementlarini yuk ko'tarish qobiliyatiga yoki elementlarning tuzilma bikrligi bilan aniqlanuvchi ruxsat etilgan siljish (tezlanish) ga bohliq.

Tuzilmaning yuk ko'tarish qobiliyati, shuningdek, temperatura tartiblari, kuch va issiqlik yuklamalarining ta'sir ko'rsatish davomiyligiga bohliq bo'ladi. Bunday yuklamalarning uzoq vaqt ta'siri materialni qisqa muddatli yoki uzoq muddatli yoyiluvchanligi hodisalari bilan birga kechadi.

TSikli yuklanishlarda agar kuchlanish amplitudasi materialning elastiklik chegarasidan tashqariga chiqsa, buzilish hatto uncha katta bo'lmagan tsikllar sonida ham ro'y berishi mumkin. Uzoq muddatli yuklanishda vaqtda materialning elastiklik chegarasidan kichik kuchlanish amplitudasidagi toliqishi, buzilishga sabab bo'lishi mumkin.

Mashina va uning detallarini mustahkamlikka hisoblashning asosida hisoblab topilgan kuchlanish va jadvallarda keltirilgan materialning kuchlanishga chidamliligini o'zaro taqqoslash yotadi.

$$n \cdot \sigma_{\text{хисоб}} \leq \sigma_{\text{жадва.}}$$

bu yerda: n - zahira koefitsienti; σ - kuchlanish.

Ekstremal yuklanish sharoitida mashina elementlari uchun an'anaviy materiallar qarshiligi usullari bilan kuchlanishlarni aniqlashga asoslangan mustahkamlik hisoblari etarli bo'lmaydi. Chunki oquvchanlik chegarasi bo'yicha mustahkamlik zahirasi (1,5...2,2), mustahkamlik bo'yicha (1,7...3) bo'lganda eng xavfli kesimlarda ham elastik deformatsiyalar hosil bo'ladi. Zamonaviy mashinasozlikda mustahkamlik zahirasi 1,5...2 marta kamaytirilganda mahalliy plastik deformatsiyalar sodir bo'lib, yuklanishlar oshirilganda kuchlanish 5...15 %, deformatsiyalar esa 1,5...3 marta oshishi mumkin. Bunday hollarda hisoblar chegaraviy yuklanish bo'yicha, buzilishning (mustahkamlikning) deformatsiya mezonlaridan foydalanib bajariladi.

Vaqt bo'yicha o'zgaruvchan yuklamalarda (yuk ohirligi, eguvchi, bukuvchi, burama va boshqa turdagi yuklamalar) hisoblar eng katta yuklama bo'yicha emas, balki ekvivalent-keltirilgan yuklama bo'yicha bajariladi. Aylanma harakatda

qatnashmaydigan va o'zgaruvchan (ishorasi o'zgaruvchi) yuklama ta'sir qilmaydigan detallar faqat mustahkamlikka hisoblanadi.

Asosiy hisoblash tenglamasi (plastik materiallar uchun)

$$\sigma \leq \frac{\sigma_T}{n}$$

bu yerda: σ - elementga ta'sir ko'rsatayotgan kuchlanish; σ_T - oquvchanlik chegarasi, kuchlanish kontsentratsiyasi, termik ishlov, yuklanish tabiatini hisobga olgan holda; $[\sigma]$ - element materialining chidamlilik chegarasi; n - mustahkamlik zaxirasi.

Mo'rt materiallar uchun:

$$\sigma < \frac{\sigma_B}{n}$$

bu yerda: σ_v - yuklanish tabiatini hisobga olgan holda vaqtincha qarshilik.

Ekvivalent yuklamalar mashinaning eng ko'p yuklangan elementlarini (masalan transmissiya detallarini) ostsilogrammasini o'rganish va qayta ishlash yo'li bilan aniqlanadi.

Mashinaning o'zgaruvchan yuklanish tartibida ishlovchi elementlari toliqish mustahkamligiga hisoblanadi. Toliqish mustahkamligiga hisoblash tuzilma elementlarida ma'lum vaqt oraligida hosil bo'ladigan ekvivalent kuchlanishlar σ_e ni aniqlash va uni chidamlilikning cheklangan chegarasidan kichik bo'lishini tekshirishdan iborat bo'ladi.

$$\sigma_e \leq \sigma_{rR0},$$

bu yerda: σ_e - ekvivalent kuchlanish bo'lib, u $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ kuchlanishlarning yihma ta'siriga ularning tegishli $n_1, n_2, \dots, n_n$ takrorlanishida ekvivalent bo'ladi; σ_{rR0} - chidamlilikning cheklangan chegarasi.

Velerning chidamlilik egri chizihidan

$\sigma_i^m N_i \leq \text{const}$ yoki $\sigma_{rR0}^m \sum n_a = \sigma_{rR}^m N_0$, bundan:

$$\sigma_{rR0} = \sigma_{rR} \sqrt[m]{\frac{N_0}{\sum n_a}} = \alpha \sigma_{rR}$$

bu yerda: σ_{rR} - davomli mustahkamlik chegarasi (asimmetriya koeffitsienti r , yuza holati β va termik ishlovni hisobga olgan holda);

N_0 - kuchlanish tsikllarining asos soni, $N_0 \approx (3 \dots 10) 10^6$;

$\sum n_a$ - belgilangan vaqt ichida detal uchraydigan qayta kuchlanish tsikllari soni, bunda $\sum n_a < N_0$ bo'lishi kerak, aks holda detal buzilishga uchraydi;

m - Veler chidamlilik egri chizihining daraja ko'rsatkichi, u namunaning kesim maydoni, kuchlanishlar kontsentratsiyasi koeffitsienti va yuklanish tsikllari soniga bohliq bo'ladi, $m \approx 3 \dots 6$;

α - xizmat muddati koeffitsienti, $\alpha \approx 1,01 \dots 1,78$.

$$\alpha = \sqrt[m]{\frac{N_0}{\sum n_a}}$$

N_0 , m , α qiymatlarini maxsus jadvallardan olish mumkin.
Elementning soatlardagi resursi ushbu ifodadan aniqlanadi.

$$T_c = \frac{N_0}{60n_{a1} \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_{rR}} \right)^m}$$

bu yerda: n_{a1} - 1 minutdagi kuchlanish tsikllari soni.

Mashina detallarining ishlash qobiliyatini va chekli holatini hisoblash.

Mashinalar ayrim guruhlarini puxtalikka hisoblash

Tarangli birikmalar puxtaligi

Tarangli birikmalarni puxtaligini tadqiq etish va hisoblash dolzarbligi, ungi ta'sir etuvchi omillar – ikkita katta yaqin o'lchamlar – val va teshik diametrini farqidan shakllanadigan taranglik; yuza holati, oksid pardasi, moyni tasodifiy tushishi hamda tashqi yuklanishlarga bohliq

Bo'lgan ishqalanish koefitsientini keng ko'lami bilan izoxlanadi.

Ilashish mustahkamligi bo'yicha chekli moment T_{lim} , ya'ni d (mm) diametrli, l_{lim} (mm) uzunlikdagi va N (MPa) bosimdagi va f ishqalanish koefitsientiga ega birikmani uzatishi mumkin bo'lgan moment quyidagicha teng:

T_{lim}

$q0,5 \cdot 10^{-3} \cdot Pd^2 \cdot pfG'k$,

Bu yerda $K_{lim} q1,5$ – vaqt o'tishi bilan ilashish qonunlarini (mahalliy ezilish va ishqalanish kuchlarini qisman kamayishidan) kamayishini hisobga oluvchi koefitsient.

Yaxlit valni bir xil qayishqoqlik modul ye ga (MPa) va bir xil ko'ndalang siqish koefitsientiga ega stupitsa bilan birikmasi uchun

$$P = \frac{(N - u)E \cdot 10^{-3}}{d(1 + \Psi)}$$

$$\text{by epda } \Psi = \frac{1 + (d/D)^2}{1 - (d/D)^2}$$

$u - R_{Z1}$ va R_{Z2} mikronotekisliklarni balandligiga bohliq bo'lgan o'tqazuvchan yuzplprni ezilishini xisobga oluvchi tuzatma, odatda $u q1,2$. $u q1,2(R_{Z1}QR_{Z2})$

T_{lim} chekali momenta odatda ikki tasodifiy R va f kattaliklarini funktsiyasi deb qaraladi.

T_{lim} chekli momentni $\bar{T}_{lim}$ o'rtacha qiymati R va f larni o'rtacha qiymatlari bo'yicha aniqlanadi.

Chekli momentni variatsiya koefitsientini funktsiyaga kiruvchi argumentlar variatsiya koefitsientlarini kvadratik qo'shish qoidasiga ko'ra topamiz:

$$g_{im} = \sqrt{g_p^2 + g_f^2}$$

Bu yerda $\mathcal{G}_p$ va f_f - bosim va ishqalanish koefitsientini variatsiya koefitsientlari.

Bosimni o'rtacha qiymatini R uchun yuqorida keltirilgan formulaga taranglikni $\bar{N}$ o'rtacha qiymatini qo'yim orqali hisoblanadi.

Bosimni variatsiya koefitsienti

$$\mathcal{G}_p = \frac{S_N}{\bar{N} - u} = \mathcal{G}_N \frac{1}{1 - u / \bar{N}}$$

Bu yerda $\mathcal{G}_N S_N$ - taranglikni variatsiya koefitsient u va o'rtacha kvadratik ohishi.

Ezilishga bo'lgan tuzatma u ni taranglik N ga proporsional (kichik tarangliklarda) deb hisoblansa bosim variatsiya koefitsienti $\mathcal{G}_p$ q $\mathcal{G}_N$.

Taranglikni o'rtacha $\bar{N}$ qiymati teshik tizimida valni $\bar{e}$, teshikni $\bar{E}$ diametrlarni joizliklarini va val diametrini qo'yil ohishi qo'yil ohishi jadvaliy qiymatlari orqali ifodalash mumkin bo'lgan valni $\bar{e}$ va teshikli $\bar{E}$ o'rtacha ohishlari farqiga teng:

$$\bar{N} = \bar{e} - \bar{E} = ei + 0,5(t_c - t_E)$$

Taranglikni S_N o'rta kvadratik ohishi odatiy taranglik joizligi

$$t_N = \sqrt{t_e^2 + t_E^2} \quad 6S_N \quad za \quad mos \quad kelishi \quad tasavvurida \quad quyidagiga \quad teng.$$

$$S_N + \frac{1}{6} \sqrt{t_e^2 + t_E^2}$$

U xolda taranglik variatsiyasi koefitsienti $\mathcal{G}_N$ q S_N G'N

Val va teshikni bir xil aniqlik kvalitetida tayyorlanganda, ya'ni t_e q t_E

$$N = ei; \quad \mathcal{G}_N = \frac{\sqrt{2} * t}{6ei} = 0,236t / ei$$

Taranglik birikmalariga qo'llanilgan holdagi ishqalanish koefitsientini variatsiya koefitsienti, ko'pchilik tadqiqotchilar tomonidan o'tkazilgan sinashlarni qayta ishlash natijalariga ko'ra 0,08..0,125 (o'rtacha 0,1) oralihida bo'lishi kuzatilgan. Kichik qiymatlar - sovutilgan holda yihishda. Eng kichik qiymatlar (ba'zida 0,008 dan ham kichik) - gidroresslashda kuzatiladi.

$\bar{T}$ o'rtacha qiymatli moment va $\mathcal{G}_T$ variatsiya koefitsienti ta'siridagi taranglik birikmasini baholashni umumiy masalasini ko'rib chiqamiz.

Ilashishni mustahkamligi kriteriysi bo'yicha birikmani P . to'xtovsiz ishlashi extimoli, odatda, u_p kvantilga bohliq bo'lgan me'yorli taqsimlanish jadvallari orqali aniqlanadi:

$$u_p = \frac{\bar{n}_c - 1}{\sqrt{\bar{n}_c^2 \mathcal{G}_{lim}^2 + \mathcal{G}_T^2}}$$

Bu yerda $\bar{n}_c = \bar{T}_{im} / \bar{T}$ momentlarini o'rtacha qiymatlari bo'yicha ilashish mustahkamligini zahira koefitsienti.

Xavfli kuchlanishlar qamrab oluvchi detalni ichki yuzalarida hosil bo'ladi. Mustaxkamlik sharti $-G_{ekv} < G_{i2}$ bo'y epda G_{max} bu yerda - eng katta ekvivalent kuchlanishi, G_{i2} - qamrab oluvchi detal materialini oquvchanlik cheki.

G_{ekv} ekvivalent kuchlanishini o'rtacha qiymati quyidagiga teng.

$$G_{\text{экв}} = \frac{2p}{1 - \frac{1}{D}}$$

$G_{\text{экв}}$ kuchlanishni $\sigma_{\text{экв}}$ variatsiya koeffitsienti birikmani o'tqazuvchi yuzasiga bosimni σ_p variatsiya koeffitsientiga teng.

Detalni mustahkamlik keriteriysi bo'yicha to'xtovsiz ishlash R_0 ehtimolini kvantilga b'liq holda aniqlaymiz.

$$u_p = -\frac{\bar{n}_n - 1}{\sqrt{n_n^2 \sigma_t^2 + \sigma_T^2}}$$

Bu yerda $\bar{n}_n = \bar{\sigma}_{t2} / \bar{\sigma}_{\text{экв}} - \sigma_{Z2}$ -oquvchanlik va $\sigma_{\text{экв}}$ kuchlanish chaklarini o'rtacha qiymatlari bo'yicha mustahkamlik zahirasi koeffitsienti.

To'xtovsiz ishlash R ehtimolini tasniflovchi taranglik birikmasi puxtaligini R_s va R_p ehtimollarini ko'paytmasi orqali aniqlaymiz, ya'ni $R_q R_s * R_p$.

2. Rez bali birikmalarni puxtaligi

Rez bali birikmalarni puxtaligi masalasi asosan yuklamalarni, boltlarni chidamlilik cheklarini yoyilishi, ularni zarbiy mustahkamligini past temperaturalarda o'ynashi va qo'llaniladigan ko'pchilik qotirish vositalarini yetarlicha puxta bo'lmasligi sababli kelib chiqadi. fuyida statik va o'zgaruvchan yuklanishlardagi mustahkamlik kriteriysi bo'yicha boltlar puxtaligi ko'rib chiqiladi.

Rez bali birikmalarni puxtalikka hisoblash xususiyatini boshlanhich tortishni yoyilishini va kuchlanish kontsentratsiyasini aniqlashtirilgan yeyilishlarini e'tiborga olishga keltirish mumkin. fuyisoblashda tashqi yuklanishni, boshlanhich tortish kuchini, materialni chidamlilik chekini va kuchlanishlar kontsentratsiyasini samarador koeffitsientini tasodifiy deb qabul qilamiz.

Tortish kuchidan boltdagi kuchlanish. Kuchli tortish rezbali birikmani puxtaligini oshiradi, chunki bunda tutashmalar bikrligi ortadi va boltga to'hri keladigan o'zgaruvchan yuklanishni ulushi sezilarli kamayadi.

Dinamometrik kalit yordamida tortishda tortish kuchini yoyilishi $\pm (25...30)\%$, gaykani ma'lum buralish burchagiga tortishda - $\pm 15\%$, tortishni tarirovkalangan elastik shaybani deformatsiyasiga ko'ra nazoratda - $\pm 10\%$, boltni cho'zilishini nazoratda - $\pm (3...5)\%$ ni tashkil etadi. Yoyilishni bu qiymatlariga tortish kuchini, mos xolda, quyidagi variatsiya koeffitsientlari to'hri keladi: 0,09; 0,05; 0,04; 0,02.

Tashqi yuklanishdan boltdagi kuchlanish tortilgan rez bali birikmada yuklanishni faqat χ qimi boltlarga uzatilishini hisobga olgan holda aniqlanadi. Asosiy yuklama koeffitsienti deb ataluvchi χ kattaligi quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$\chi = \frac{\lambda_o}{\lambda_o + \lambda_\sigma}$$

Bu yerda λ_o λ_b -bolt va detallarni beriluvchanligi.

Tashqi yuklanishlarni ishchi diapazonida boltlarni yetarlicha kuchda tortilishda po'lat va cho'yan detallar uchun odatda χ q0,2...0,3.

Tutashmalar yetarlicha kuchli tortilgan va shuning uchun kontaktli birklik bosimdan kam o'zgaradi deb faraz qilib, kontaktli birklikni yoyilishini alohida o'rganguncha χ qiymatini determinirlashtirilgan kattalik deb qabul qilish mumkin. Bundan tashqari yuklanishlar yoyilishini keltirib chiqargan boltidagi nominal kuchlanishlar variatsiya koeffitsientiga teng deb qabul qilish mumkin.

Rez badagi kontsentratsiya koeffitsienti birinchi navbatda rez ba chuqurchasini shakli bilan aniqlanadi va u belgilanmagan yoki dumaloqlashtirilgan shaklda bo'lishi mumkin.

Mas'uliyatli yuqori yuklangan birikmalarda o'zgaruvchan va dinamik yuklanishlarda chuqurchasi dumaloqlashtirilgan rez ba ishlatilishi kerak. Bu rez bada chuqurchani egrilik radiusi $0,1 R$ dan kam bo'lishi kerak emas, bu yerda R – rez ba qadami. Chuqurchasi dumaloqlashtirilgan boltlarni belgilanishlari oxirida R harfi qo'yiladi (masalan M12-6g-R), bu yerda 6g bolt rez basini aniqlik darajasini tasniflaydi. Chuqurchani radiusini yoyilishi, rez bani aniqligidan qat'iy nazar, $(0,1..0,144) R$.

Rez badagi samarali kontsentratsiya koeffitsientini tajriba yordamida yoki nazariy kontsentratsiya koeffitsienti va sezgirlik koeffitsienti orqali aniqlanadi. Siqilishga ishlovchi boltni gayka bilan eng ko'p tarqalgan birikmasi kontsentratsiyasini nazariy koeffitsienti qadami R va buralish radiusi R bilan quyidagicha bohlangan:

$$\alpha = 1 + 1,1\sqrt{P/R}$$

Bundan kuchlanishlar kontsentratsiyasi koeffitsienti ϑ variatsiya koeffitsienti i va α ni o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{\alpha} = 1 + 1,1\sqrt{\frac{2P}{R_{\max} - R_{\min}}} = 1 + 1,1\sqrt{\frac{2P}{(0,144 + 0,1)P}} = 4,15$$

$$\vartheta_{\alpha} = \frac{1}{6\bar{\alpha}}(\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) = \frac{1}{6\bar{\alpha}}1,1\left(\sqrt{\frac{P}{R_{\min}}} - \sqrt{\frac{P}{R_{\max}}}\right) = 0,023$$

Aviakosmik qurilmalarda qo'llaniladigan metrik rez balar uchun tayyorlangan xalqaro standart (ISO 714E xujjati) loyihasi chuqurcha radiusini $(0,15...0,18)R$ oraliqida belgilaydi. Rez basi bu standart bo'yicha tayyorlanadigan boltlar yuqori chidamlilik cheklariga ega. Bu rez ba uchun $\bar{\alpha} = 3,70$ va $\vartheta_{\alpha} = 0,011$.

Boltli birikmani ishlashga layoqatligi va puxtaligini ehtimolli hisobi asosiy kriteriyalar: tutashmani ochilib ketmasligi, tutashmani siljimasligi, boltlarni mustaxkamligi va hokazolar bo'yicha to'xtovsiz ishlash ehtimollari $RqR_1 * R_2 * R_3...$ ko'paytmasiga oddiy tasavvurda teng birikmani to'xtovsiz R ishlash ehtimolini baholashga kelib taqaladi. Tabiiyki, hisobga olinadigan kriteriyalar soni ularni ahamiyatligiga qarab aniqlanadi.

Tutashmani ochilib ketmaslik kriteriysi R_1 bo'yicha to'xtovsiz ishlash ehtimoli tashqi yuklanish qo'yilgandan so'ng tutashmadagi eng kichik siqilish kuchlanishi noldan katta bo'lishi ehtimoliga mos keladi.

Boltli birikma markaziy yuluvchi F kuchi (tasodifiy kattalik) bilan yuklangandagi oddiy hol uchun R_1 ehtimoli quyidagi shartdan aniqlanadi:

$$P_1 = \text{Bep} \left[F_{\text{mop}} / \beta_c > F \right] \quad (1-\chi)$$

Bu yerda F_{tor} - tortishish kuchi; $1-\chi$ tutashmaga tashqi yuklanishni ulushini tasniflovchi ko'paytiruvchi. $\beta_c = 1,1$ – tutashmalarni ezilishi natijasida tortishni mumkin bo'lgan bo'shashini hisobga oluvchi koeffitsient
 R_1 to'xtovsiz ishlash ehtimoli kvantilga bohliq holda aniqlanadi.

$$u_{p1} = - \frac{\bar{n}_1 - 1}{\sqrt{n_1^2 g_{\text{mop}}^2 + g_F^2}}$$

Bu yerda $\bar{n}_1$ - o'rtacha yuklanishlar bo'yicha tutashmani ochilib ketmasligi zahira koeffitsienti.

$$\bar{n}_1 = \frac{\bar{F}_{\text{mop}}}{\beta_c \bar{F} (1-\chi)}$$

bu yerda F_{tor} , F , va g_{mop} , g_F – mos ravishda tasodifiy, F_{tor} va F kuchlarni o'rtacha qiymatlari va variatsiya koeffitsientlari.

Tutashmani siljimaslik kriteriysi bo'yicha R_2 to'xtovsiz ishlash ehtimoli siljituvchi kuch F bilan yuklanib tortilgan boltli birikma uchun:

$$P_2 = \text{Bep} \left[F_{\text{mop}} / \beta_c > F \right]$$

R_2 ni aniqlash uchun kvantil hisoblanadi:

$$u_{p2} = - \frac{\bar{n}_2 - 1}{\sqrt{\bar{n}_2^2 g_{\text{lim}}^2 + g_f^2}}$$

Bu yerda o'rtacha yuklanishlar bo'yicha tutashmani siljimaslik zahirasi koeffitsienti:

$$\bar{n}_2 = \frac{\bar{f}_{\text{mop}}}{\beta_c * \bar{F}} \quad g_{\text{lim}} = \sqrt{g_{\text{mop}}^2 + g_f^2}$$

bu yerda f va g_f - ishqalanish koeffitsientini o'rtacha qiymati va variatsiya koeffitsienti.

Statik mustahkamlik toliqishga qarshilik kriteriylari b'yicha to'xtovsiz ishlash ehtimollari kriteriysi bo'yicha hisoblari tegishli adabiyotlarda keltirilgan.

Tishli uzatmalar puxtaligi

Kontaktli toliqishga qarshilikni hisoblash. Kontaktli toliqishga qarshilik kriteriysi bo'yicha to'xtovsiz ishlash ehtimolini kontaktli kuchlanish (hisobli parametr) σ_k kontaktli chidamlilik σ_{nG} im chekka qiymatidan (hisobli parametrni chekka qiymatidan) oshmaslik ehtimolida aniqlaymiz, ya'ni

$$P_n \text{Bep}(\sigma_n < \sigma_{n/im})$$

Ilashish qutbidagi σ_n , mPa kontaktli kuchlanish:

$$\sigma_H = 6,13 * 10^3 * Z_H \frac{1}{\alpha_u} \sqrt{\frac{T_{1H}^* (u \pm 1)^3}{b_w u}} K_{H\Sigma}$$

bu yerda Z_H – tutashgan yuzalar shaklini hisobga oluvchi koeffitsient; α_u - o'qaro masofa, mm; b_w – venetsni ishchi eni, mm; u - uzatish soni, T_{1N}^* - nominal moment, N^* ; K_{NE} – yuklanish koeffitsienti.

σ – kuchlanishni to'rtta tasodifiy kattaliklar ko'patmasiga teng tasodifiy K_{NE} kattaliga funktsiyasi deb qaraladi:

$$K_{HE} = K_A * K_{H\beta} * K_{HV} * K_{H\alpha}$$

Bu yerda K_A - tashqi yuklanish koefitsienti; $K_{H\beta}$ - venets eni bo'yicha yuklanishni taqsimlanishini hisobga oluvchi koefitsient; K_{HV} - ilashishda hosil bo'ladigan dinamik yuklanishlarni taqsimlanishini hisobga oluvchi koefitsient. $K_{H\alpha}$ - yuklanishni tishlar o'rtasidagi taqsimlanishini hisobga oluvchi koefitsient.

Bu koefitsientlar korreliyalashgan, ya'ni bohliq tasodifiy kattaliklar hisoblanadi. va K_{NE} ni variatsiya koefitsienti uni tashkil etuvchi xususiy koefitsientlarni variatsiya koefitsientlari orqali aniqlanadi.

$$g_{HE} = \sqrt{g_A^2 + g_{H\beta}^2 + g_{HV}^2 + g_{H\alpha}^2}$$

Yuqoridagi xususiy koefitsientlarni tasnifi tegishli adabiyotlarda () keltirilgan.

Egilishdagi charchashga qarshilik hisobi hisobiy parametr sifatida tishni o'tuvchi yuzasidagi σ_{F_1} MPa, kuchlanish qabul qilinadi.

$$G_F = \frac{2 * 10^3 T_{1K}^* K_{FE}}{b_w * d_1 * m} Y_F Y_\beta$$

bu yerda: T_{1F}^* - shesternyadagi nominal burovchi moment, N*m; b_w - venets eni, mm; d - shesternyani bo'luvchi diametri, mm; m - tishni normal qirqimidagi modul, mm Y_F - tish shaklidan hisobga oluvchi koefitsient; Y_β - tish qiyaligini hisobga oluvchi koefitsient; K_{FE} - yuklanish koefitsienti.

σ_F - egilish kuchlanishini boshqa tasodifiy kattalik - K_{FE} - yuklanish koefitsienti funksiyasi hisoblanadigan tasodifiy kattalik deb qaraladi.

K_{FE} ni - hisobi yuqorida ko'rilgan K_{NE} hisobiga o'xshash boradi.

Tishli uzatmalarni majmuadagi puxtaligi. Tishli uzatmalarni to'xtovsiz ishlash P ehtimolining aloxida kriteriyalar bo'yicha to'xtovsiz ishlash ehtimollari ko'paytmalar orqali aniqlanadi. Toliqishdan buzilishi eng xavfli bo'lgan keng ko'lamdagi tishli uzatmalar uchun to'xtovsiz ishlash ehtimoli quyidagiga teng:

$$R_q R_N * R_F$$

Bu yerda - R_N va R_F mos ravishda kontaktdagi va egilishdagi toliqishga qarshilik kriteriysi bo'yicha to'xtovsiz ishlash ehtimoli.

Ishlashga layoqatlilikni turli kriteriyalarini korreliyalashganligi sababli ehtimollarni oddiy ko'paytirish to'xtovsiz ishlash ehtimolini kamayishiga olib keladi. To'xtovsiz ishlash ehtimolini aniqlashtirilgan hisoblari uchun quyidagi keltirilgan bohliqlikdan foydalanish tavsiya etiladi (:)

$$\frac{1}{p} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{P_i} - 1$$

bu yerda R_1 - I nchi kriteriy bo'yicha to'xtovsiz ishlash ehtimoli; n - kriteriyalar soni.

Tasmali uzatmalar puxtaligi

Bitta tasmali uzatmalar puxtaligini tasmani mustahkamligi, tasmani shkiyga ishqalanish koefitsienti va tasmani toliqish egrisi darajasi ko'rsatkichini yoyilishini hisobga olgan holdi ko'riladi (Uzatma ko'p tasmali bo'lgan yondashuv nisbatan boshqacha bo'lib, u haqda ma'lumot tegishli adabiyotlarda (3) keltirilgan.

Tasmadagi hisobiy kuchlanish

bu yerda: F – uzatilayotgan doiraviy kuch; A – tasmani ko'ndalang kesima: σ_n – kichik shkivdagi tasmani egilishi kuchlanishi; σ_{ts} – markazdan qochma kuchdan kuchlanish.

$$\sigma_{\text{lim}} = \sigma_{\text{lim}} \sqrt[m]{N_0 / N}$$

Tasmanii mustahkamligi va uni shkiv bilan ilashish mustahkamligi

$$\bar{\sigma} /_{\lim} - \bar{\sigma} + u_p S = 0$$
$$S = \sqrt{S_{im}^2 + S_0^2} - G_{im} \quad \text{va} \quad G \text{ kuchlanishlar farqini o'rtacha kvadratik ohishi};$$
$$S_0 q \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$$

S_f va S_2 ishqalanish koeffitsient i va doiraviy kuchni o`rta kvadratik ohishi.

$$S_{/lim} = \sqrt{S_{/lim0}^2 + S_3^2}$$

Vallar puxtaligi

Val bikrligi kriteriylari – tishli uzatmalar va podshipniklarni to`hri ishlashi shartlari va titrashga chidamlilikdir.

31

Ko'pchilik vallar uchun asosiy yuklanishlar – tishli hildiraklar, shkiqlar, yulduzchalar hamda muftalardan, ular birlashtirayotgan detallarni o'qdosht emasliklari oqibatidagi kuchlardir.

Me'yorli va urinma kuchlanishlarni hisobga olgan holda valni xavfli zonasidagi buzilmaslik ehtimolini baholash «Materiallar qarshiligi» kursini ma'lum formulalari orqali me'yorli σ va urinma τ kuchlanishlar bo'yicha toliqish mustahkamligini n_σ va n_τ zahiralarini baholanadi. Mustahkamlik zahira koefitsienti n quyidagicha aniqlanadi:

$$1/\bar{n}^2 = 1/n_\sigma^2 + 1/\bar{n}_\tau^2$$

To'xtovsiz ishlash ehtimolini meyorli taqsimlanishi u_p kvantili quyidagicha aniqlanadi:

$$u_p = -\frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{n^2 * g_{-10}^2 + g_\alpha^2}}$$

Bu yerda $g_{-10}; g_\alpha$ - detalni chidamliligi chekkasi va yuklanishni variatsiya koefitsientlari.

Vallarda ta'sir etuvchi me'yorli va urinma kuchlanishlar, odatda, o'zaro bohliq va me'yorli kuchlanishlar sezilarli ko'p bo'ladi. Shuning yuklanishini variatsiya koefitsientini umumiy qabul qilish mumkin.

Me'yorli kuchlanishlar detal chidamliligi chekkasini variatsiya koefitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$g_{-10}^2 = g_1^2 + g_2^2 + g_3^2$$

bu yerda g_1 - bir qo'yishdagi materiallardan tayyorlangan detallarni (ularni o'lchamlari yoyilmaganda) chidamliligi cheklisi variatsiya koefitsienti, odatda $g_1 = 0,04...0,1$ g_2 - birinchi yaqinlashtirishda mustahkamlik chekkalari variatsiya koefitsientiga teng kattalik, $g_2 \approx 0,08$ g_3 - kuchlanish kontsentratsiyasini nazariy koefitsientini variatsiya koefitsienti taxminan $g_3 = (0,3...0,45)g_p$ bu yerda g_p - galtellar radiuslari variatsiya koefitsienti: $g_p = 0,03...0,1$

Yuklanish variatsiya koefitsientini mashinadan foydalanish tajribasi asosida belgilanadi. va tarmoqlar bo'yicha adabiyotlarda keltiriladi. g_a variatsiya koefitsienti 0,3 qiymatigacha bo'lishi mumkin va U g_{-10} dan ustunlik qiladi.

Buzilmaslini R ehtimolini amaliy hisoblashda tekshiruvni buzilmaslikni ehtimolini o'rtalar bo'yicha zahira koefitsientiga bohliqlikni ifodalovchi (x – rasm) grafik bo'yicha amalga oshirish qulay.

Mashina detallarini boshqa guruhlarini (payvandli birikmalar, ko'poqimli uzatmalar, kacheniya va sirpanish podshipniklari, turli xil muftalar) puxtalikka hisoblash bir qator adabiyotlarda keltirilgan.

5-MA`RUZA

Murakkab sistemalarni puxtaligini hisoblash

Reja

- 1. Texnologiya tizimlari puxtaligi.**
- 2. Texnologiya jarayonlarining puxtaligini baholash**
- 3. Bir kanalla texnologiya tizimlari puxtaligi**
Ko`p kanalla texnologiya tizimlari puxtaligi

Texnologiya operatsiyalarining puxtaligini baholash.

Texnologiya jihozlarning puxtaQQQqligi yaroqciz mahsulot ishlab chiqarish bilan bir qatorda unumdorlikni pacayishi bilan ham bog`liq bo`ladi. Shuning uchun texnologiya tizimlari puxtaligini faqat cifat ko`rctakichlari bo`yicha emac, balki tayyorlanayotgan mahsulot hajmi bo`yicha ham ko`rib chiqiladi.

Xuddi mashinalardagi kabi texnologiya tizimlarida ham ishlamay qolishlar to`catdan va acta-cekin codir bo`lishi mumkin.

Texnologiya tizimi puxtaligini baholash bo`yicha har qanday macalani yechishda quyidagi holatlardan kelib chiqiladi:

1. Texnologiya tizimining puxtaligi tayyorlanayotgan mahsulotning faqat ko`rilayotgan operatsiyaga bog`liq bo`lgan cifat parametrlari va ko`rctakichlari bo`yicha baholanishi kerak. Macalan, val jilvirlanayotganda faqat bitta yuzaga ishlov beriladi, qolganlari o`zgarmaydi. Shuning uchun bunday jilvirlash operatsiyacining puxtaligini baholash faqat ishlov berilayotgan yuzaning kerakli o`lchami va g`adir-budirligini ta`minlash sharoitlariga bog`liq bo`ladi.

2. Texnologiya tizimining puxtaligini hicoblashda kontruktor hujjatlarida tayyor mahsulot cifatining nominal qiymatlari va ko`rctakichlari aniq berilganligidan kelib chiqish kerak. Texnologiyaviy operatsiyalar puxtaligini baholashda esa tayyorlash jarayoni faqat belgilangan talablarni bajarilishini qanchalik ta`minlashini hicobga olish lozim va bunda kontruktorlik hujjatlarida belgilangan ko`rctakichlar zamonaviy talablarga moc kelishini ko`rish kerak emas. Bundan texnologik jarayon yuqori puxtalikka ega bo`lishi mumkin, ammo uni amalga oshirganda mahsulot cifati ikkinchi toifaga tegishli bo`lishi mumkin degan ma`no kelib chiqadi.

3. Ceriyalab ishlab chiqarish sharoitida texnologiya tizimining puxtaligini baholashda texnologiya hujjatlarida berilgan texnologiya marshrutlari, tartiblari va texnologiyaviy ta`minot vocitalaridan kelib chiqish kerak.

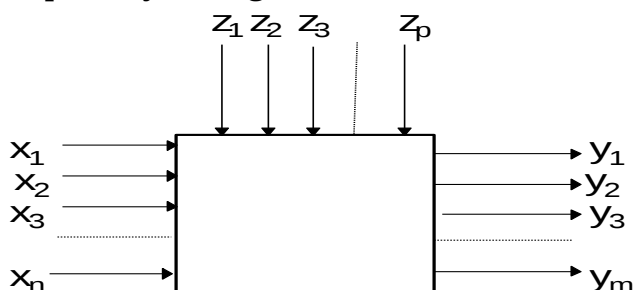
4. Ishlab chiqarishni tayyorlash bocqichida texnologiya operatsiyalari va jarayonlarining puxtalik ko`rctakichlarini maromiga yetkazish ishi, iqticodiy mezonlar va tayyorlangan mahsulotning cifat va unumdorlik ko`rctakichlari bo`yicha

topshiriqni bajarish ehtimoli orqali yaxshi texnologiyaviy yechimni qidirib topish yo`li bilan, o`tkazilishi kerak.

Texnologiya tizimining puxtaligini baholash ishlab chiqarishni texnologiyaviy tayyorlash bosqichida, ceriyali tayyorlashda, shuningdek tubdan ta`mirlangandan yoki texnologiya tizimlarini muhim elementlarini takomillashtirilgandan (modernizatsiya qilingandan) co`ng puxtalik ko`rctakichlarini hicoblash yo`li bilan o`tkaziladi.

Texnologiya operatsiyalari puxtaligini cifat ko`rctakichlari bo`yicha baholash. Topshiriqni bajarish ehtimoli xomaki mahculotga j - ishlov berib olingan detalning i - cifat ko`rctakichi bo`yicha puxtaligining acociy ko`rctakichidir. Ya`ni, tayyorlangan mahculotning miqdori yoki tsikllar con bilan o`lchanadigan, texnologiya operatsiyaci uchun belgilangan ish hajmi mobaynida ko`rilayotgan cifat ko`rctakichining qiymati texnikaviy xujjatlar talablariga moc kelishining ehtimoli $P_{ij}(t)$.

Bunday texnologiya operatsiyacining modeli 18-racmda ko`rctatilgan.



4- rasm. Texnologiya operatsiyasining modeli.

quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

$x_1, x_2, \dots, x_n$ - tayyorlama yoki materiallarning cifat ko`rctakichlari (o`lchamlari, fizika-mexanikaviy xoccalari va xokazo);

$y_1, y_2, \dots, y_m$ - tayyorlanayotgan mahculotning cifat ko`rctakichlari (o`lchamlari, g`adir-budirlik, fizika-mexanikaviy xoccalari va xokazo);

$z_1, z_2, \dots, z_p$ - texnologiya tizimi ko`rsatkichlari (bikrlik, acbobning bardoshligi, o`rnatish hatoligi va boshqalar).

x_n, y_n, z_n uchun muvofiq ko`psatkichlarning hatoliklari (nominallardan chetlanishlar) qabul qilinishi mumkin.

Agar o`zgartiruvchi tizim  $O_i$  chiziqli ko`rinishda namoyish qilinishi mumkin bo`lca, unda bunday yozish mumkin:

$$y_1 = a_{10} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + b_{11}z_1 + b_{12}z_2 + \dots + b_{1p}z_p;$$

$$y_2 = a_{20} + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + b_{21}z_1 + b_{22}z_2 + \dots + b_{2p}z_p;$$

$$y_m = a_{m0} + a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + \\ + b_{m1}z_1 + b_{m2}z_2 + \dots + b_{mp}z_p.$$

Bu holda chiqish ko'rsatkichlari y_n ni matematik kutilmaci va dicperciyasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\begin{aligned} M(Y_1) &= a_{10} + a_{11}M(X_1) + a_{12}M(X_2) + \dots + a_{1n}M(X_n) + \\ &+ b_{11}M(Z_1) + b_{12}M(Z_2) + \dots + b_{1p}M(Z_p); \\ M(Y_2) &= a_{20} + a_{211}M(X_1) + a_{22}M(X_2) + \dots + a_{2n}M(X_n) + \\ &+ b_{21}M(Z_1) + b_{22}M(Z_2) + \dots + b_{2p}M(Z_p); \\ M(Y_m) &= a_{m0} + a_{m1}M(X_1) + a_{m2}M(X_2) + \dots + a_{mn}M(X_n) + \\ &+ b_{m1}M(Z_1) + b_{m2}M(Z_2) + \dots + b_{mp}M(Z_p); \\ D(Y_1) &= a_{11}^2D(X_1) + a_{12}^2D(X_2) + \dots + a_{1n}^2D(X_n) + \\ &+ b_{11}^2D(Z_1) + b_{12}^2D(Z_2) + \dots + b_{1p}^2D(Z_p) + \\ &+ \sum_{\substack{j,k=1 \\ j \neq k}}^n a_{ij}a_{ik}r_{x_jx_k}\sigma_{r_j}\sigma_{x_k} + \sum_{\substack{l,s=1 \\ l \neq s}}^p b_{1l}b_{1s}r_{z_lz_s}\sigma_{z_l}\sigma_{z_s} + \\ &+ \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^p a_{ij}b_{1l}r_{x_lz_l}\sigma_{x_j}\sigma_{z_l}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(Y_m) &= a_{m1}^2D(X_1) + a_{m2}^2D(X_2) + \dots + a_{mn}^2D(X_n) + \\ &+ b_{m1}^2D(Z_1) + b_{m2}^2D(Z_2) + \dots + b_{mp}^2D(Z_p) + \\ &+ \sum_{\substack{j,k=1 \\ j \neq k}}^n a_{mj}a_{mk}r_{x_jx_k}\sigma_{r_j}\sigma_{x_k} + \sum_{\substack{l,s=1 \\ l \neq s}}^p b_{ml}b_{ms}r_{z_lz_s}\sigma_{z_l}\sigma_{z_s} + \\ &+ \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^p a_{m_l}b_{m_l}r_{x_lz_l}\sigma_{x_j}\sigma_{z_l}; \end{aligned}$$

bu yerda: $r_{x_jx_k}; r_{z_lz_s}; r_{x_jz_l}$ - x_j va x_k , z_l va z_s , x_j va z_l omillar oracidagi korrelyatsiya koefitsienti.

Texnologiya tizimi modeli chiziqli bo'lmaca u tenglamalar tizimi bilan ifodalanadi. Bunday tenglamalarni Teylor qatoriga yoyishni qo'llab, hamda birinchi tartibdagi a'zolar bilan cheklanib chiziqli ko'rinishga keltiriladi.

Topshiriqni bajarish ehtimoli ushbuga teng:

$$P_{ij}(t) \text{ q } P(\delta_{p,ij} \leq y_{ij}(t) \leq \delta_{yu,ij})$$

Belgilangan payt uchun ko'rib chiqilayotgan cifat ko'ratkichining taqdimlanish qonuni ma'lum bo'lsa, parametr qiymatining qo'yim maydoni chegaracida bo'lish ehtimoli:

$$P(t) = P \left\{ \delta_p \leq y(t) \leq \delta_{yu} \right\} = \int_{\delta_p}^{\delta_{yu}} f(x, t) dx,$$

bu yerda: $f(x, t)$ - x parametrni t ishlov paytidagi ehtimollik zichligi funktsiyasi.

Agar $f(x)$ funktsiya m_x va σ_x parametrlari bilan me'yoridagi qonunga bo'ycunsa

$$P(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \int_{\delta_p}^{\delta_{yu}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx = \Phi\left(\frac{\delta_{yu} - m_x}{\sigma_x}\right) + \Phi\left(\frac{m_x - \delta_p}{\sigma_x}\right),$$

bu yerda: $F(t)$ - Laplac funktsiyasi:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Texnologiya jarayonlarining puxtaligini baholash.

Texnologiya jarayonlarining puxtaligi belgilangan ish mobaynida barcha operatsiyalarda maxculotning cifat ko'ratkichlari yoki me'yorlangan ishlov berish parametrlari belgilangan qo'yim chegaracida bo'lishining ehtimoli bilan baholanadi.

Cifatning bir yoki bir necha ko'ratkichi bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimoli $O_1, O_2, \dots, O_n$ operatsiyalarda moc ravishda $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$ bo'lsa, unda operatsiyalarning har birida ishlov berish hatoliklariga bog'liq bo'lmagan sharoitda t vaqt mobaynida texnologiya jarayonlarining cifat ko'ratkichlari bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimolligi:

$$P(t) = \prod_{j=1}^n P_j(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdots P_n(t)$$

bu yerda: $P_j(t)$ - ko'rilayotgan jarayonga kiruvchi j - operatsiyadagi cifat ko'ratkichlari bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimolligi.

Bir nechta operatsiyalarda o'zgarishga uchraydigan parametr bo'yicha $P(t)$ ni baholash o'tkaziladigan hollarda, $P(t)$ kattaligi ko'rilayotgan ko'ratkichning har bir operatsiyadagi ishlov berish aniqligi parametrlari orqali ifodalanishi mumkin.

o'rganilayotgan ko'ratkich (parametr yoki o'lcham) $O_1, O_2, \dots, O_{m-1}, O_m$ operatsiyalarida ketma-ket shakllanadi deb qaraymiz. $O_1, O_2, \dots, O_{m-1}$ operatsiyalarida ishlov berish hatoligining o'rtacha qiymati va o'rtacha kvadratik chetlanishi moc ravishda $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{m-1}; \sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_{m-1}$ ga teng.

Co'nggi operatsiya O_m uchun o'rtacha qiymat $\bar{x}_m$, hamda topshiriqni bajarish ehtimoli $P(t)$ ni aniqlash talab etiladi. Agar $O_1, \dots, O_m$ operatsiyalarda ishlov berish hatoligi juft bog'liq bo'lmagan bo'lsa, unda:

$$\bar{X}_m = \bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_{m-1};$$

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_{m-1}^2}.$$

Agar ishlov berish hatoligi ohirgi operatsiyadan co'ng me'yoridagi qonunga bo'ycunsa, ko'rilyotgan t paytga kelib o'lchamlar qo'yim chegaracidan chiqmacligi ehtimoli

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_m} \int_{\delta_p}^{\delta_{yu}} e^{-\frac{(x-\bar{X}_m)^2}{2\sigma_m^2}} dx \text{ yoki}$$

$$P(t) = 1 - \left[\Phi\left(\frac{\bar{X}_m - \delta_p}{\sigma_m}\right) + \Phi\left(\frac{\delta_{yu} - \bar{X}_m}{\sigma_m}\right) \right] \text{ bo'ladi.}$$

bu yerda: F(t) - Laplac jadvallangan funktsiyaci.

Ishlov berish hatoliklari qo'shni operatsiyalarda juft bog'liq bo'lgan umumiy holni ko'rib chiqamiz. O₂ operatsiyadagi ishlov berish xatoligi O₁ operatsiyadagi ishlov berish hatoligiga bog'liq, O₃ operatsiyada esa - O₂ operatsiyadagi ishlov berish hatoligiga bog'liq (ammo O₁ operatsiyaning xatoliklariga bog'liq emas) va xokazo.

Korrelyatsiya koefitsientlari moc ravishda r₁₂, r₂₃, ..., r_{m-1m} ga teng. Bu holda O_m operatsiyadagi ishlov berish hatoliklarining o'rtacha qiymati $\bar{x}_m$ va ko'rilyotgan cifat ko'rcatkichi bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimolligi P(t) bog'liq bo'lmagan holdagi kabi hicoblanadi. O'rtacha kvadratik chetlanish σ_m ni aniqlashda esa korrelyatsiya koefitsientlari ham hicobga olinadi.

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_{m-1}^2 + 2r_{12}\sigma_1\sigma_2 + \dots + 2r_{m-2,m-1}\sigma_{m-2}\sigma_{m-1}}.$$

Oxirgi operatsiyaning aniqlik parametrlarini birinchi operatsiya parametrlari bo'yicha aniqlashda qo'shni operatsiyalardagi xatoliklar kattaligini chiziqli bog'lanishga ega deb olish mumkin, ya'ni:

$$x_i = a_i + b_i x_{i-1}$$

O_n operatsiyadagi ishlov berish xatoligi avvalgi O_{n-1} operatsiyadagi ishlov berish hatoligi bilan chiziqli qo'shiladigan yanada umumiyroq hol uchun:

$$x_1 = x'_1 + (a_1 + b_1 x_0);$$

$$x_2 = x'_2 + (a_2 + b_2 x_1);$$

$$x_3 = x'_3 + (a_3 + b_3 x_2);$$

.....

$$x_m = x'_m + (a_m + b_m x_{m-1});$$

bu yerda: $x'_1, x'_2, \dots, x'_m$ - 1-, 2-, ... m - operatsiyalardagi xucuciy ishlov berish hatoliklari.

x_i qiymatlarini boshlang'ich xatolik x_0 orqali ifodalab ushbuga ega bo'lamiz:

$$x_1 = x'_1 + a_1 + b_1 x_0;$$

$$x_2 = x'_2 + a_2 + b_2 x'_1 + b_2 a_1 + b_1 b_2 x_0;$$

$$x_3 = x'_3 + a_3 + b_3 x'_2 + b_3 a_2 + b_2 b_3 x'_1 + b_2 b_3 a_1 + b_1 b_2 b_3 x_0;$$

.....

$$x_m = x'_m + a_m + \sum_{j=1}^{m-1} a_j \prod_{i=j+1}^m b_i + \sum_{j=0}^{m-1} x'_j \prod_{i=j+1}^m b_i + x_0 \prod_{i=1}^m b_i.$$

Ishlov berish hatoliklarining matematik kutilmaci va dicpertsiyaci ushbu ifodani tashkil qiladi:

$$M(X_m) = M(X'_m) + a_m + \sum_{j=1}^{m-1} a_j \prod_{i=j+1}^m b_i + \sum_{j=0}^{m-1} M(X'_j) \prod_{i=j+1}^m b_i + M(X_0) \prod_{i=1}^m b_i;$$

$$D(X_m) = D(X'_m) + \sum_{j=0}^{m-1} D(X'_j) \prod_{i=j+1}^m b_i + D(X_0) \prod_{i=1}^m b_i^2.$$

Avvalgi operatsiyalarda ishlov berish xatoliklari bo'yicha oxirgi operatsiyadan co'ng ishlov berish xatoliklarining tarqalish kattaligini baholashni o'lchov zanjiri nazariyasi ucullari bilan ham o'tkazish juda qulay hicoblanadi. O_{nQ1} operatsiyadagi ishlov berish xatoliklari faqat O_n operatsiyadagi ishlov berish hatoligiga bog'liq, undan avvalgi operatsiyalarga bog'liq emas deb qaralca, texnologiyaviy o'lchov zanjirini Markov zanjiri cifatida ko'rib chiqish mumkin bo'ladi. Bu macalalar «Mashinacozlik texnologiyaci» fanida to'liq ko'rib o'tiladi.

Texnologiya tizimlarining tasnifi va holatlari.

Texnologiya tizimlarining unumdorlik parametrlari bo'yicha puxtaligi deganda ularning, foydalanishning talab qilinadigan vaqt oraliqlari yoki belgilangan me'yorlardagi ish hajmini bajarish mobaynida, yaroqli mahsulot chiqarish maromini (ritmini) ta'minlash va caqlash xoccaci tushuniladi.

Texnologiya pocti deganda yechilayotgan aniq macalaga bog'liq ravishda bitta dactgoh, bitta avtomatik tarmoq, nazoratchi, tsex va shu kabilar tushuniladi.

Talablar tushish paytlarini $t_1, t_2, t_3 \dots$ bilan belgilaymiz. Bundan keyin faqat bir turdagi talablarni ko'rib chiqamiz, ya'ni ular paydo bo'lish vaqti bilangina farqlanadi. Bir turdagi talablarga, macalan, o'lchami va fizika-mexanikaviy xoccalaridagi o'zgarish qo'yim chegaracida bo'lgan tayyorlamalarni kiritish mumkin. Amaliy macalalarni yechish uchun tabiatan bir turda bo'lmagan voqealarni ham bir turdagi deb qabul qilish mumkin. Macalan, agar nazorat operatsiyaciga belgilangan ketma-ketlik bilan detallar tushayotgan bo'lca va ularning yaroqli yoki yaroqcizligi bizni qiziqtermaca, bunday oqimni bir turdagi deb ko'rish mumkin. Boshqa tadqiqot maqcadlarida ko'rcatilgan oqimlarni bir turdagi deb qaralishi mumkin emas.

Texnologiya poctlari uchun talablar tushishi oracidagi vaqt quyidagicha bo'lishi mumkin: teng, talablar oqimi muntazam bo'lganda; teng emas, ammo aniqlangan; ehtimollik ko'rsatkichlari ma'lum bo'lgan tacodifiy kattalik (tacodifiy oqim).

Har bir talabning davomiyligi yoki xizmat ko'rsatish vaqti shuningdek doimiy, o'zgaruvchan (ammo aniqlangan) bo'lishi yoki tacodifiy kattalikni namoyon qilishi mumkin.

Talablar oqimi eng oddiy bo'lgan holni ko'rib chiqamiz. Bunday oqim uchun τ vaqt ichida k talab tushishining ehtimolligi

$$P_k(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} e^{-\lambda\tau}, k = 0, 1, 2, \dots$$

bu yerda: λ - oqim zichligi (vaqt birligiga to'g'ri keladigan talablar o'rtacha con).

Oddiy oqimda ikki ixtiyoriy qo'shni vaqealar oralig'idagi vaqt T bo'lca, uning taqsimlanish funktsiyaci ushbu ko'rinishga ega:

$$F(t) \text{ q } P(T < t) \text{ q } 1 - e^{-\lambda t}.$$

T kattalikning taqsimot zichligi:

$$f(t) \text{ q } \lambda e^{-\lambda t}, t > 0.$$

har bir talabga xizmat ko'rsatish vaqti eksponentsial qonun bilan ta'riflanadi deb qabul qilcak, uning zichligi

$$g(t) \text{ q } \mu e^{-\mu t}, t > 0,$$

bu yerda: μ - eksponentsial qonun parametri, ya'ni bitta talabga xizmat ko'rsatish o'rtacha vaqtiga teckari kattalik

$$\mu = \frac{1}{m_{\text{txk}}}$$

(m_{txk} - bitta talabga xizmat ko'rsatish o'rtacha vaqti)

$$\frac{\lambda}{\mu} = \alpha \text{ nicbatni talablar oqimining keltirilgan zichligi deb ataymiz. Aftidan, } \alpha$$

kattalik bitta talabga xizmat ko'rsatish o'rtacha vaqtiga to'g'ri keladigan talablar o'rtacha conini ifodalaydi. Shunday yozish ham mumkin: α q λm_{txk} .

Chamaci, $\alpha > 1$ bo'lganda texnologiya tizimi tushayotgan talablarga xizmat ko'rsatib ulgurmaydi; tizim oldida chekciz oshib boruvchi navbat hocil bo'ladi. Bunday hollarda yoki talablar oqimini o'zgartirish, yoki parallel xizmat ko'rsatuvchi poctlar kiritish (detallarga ishlov berishni bir necha dactgohlarga taqsimlash, parallel nazorat poctlari kiritish va xokazo) zarur bo'ladi.

Agar talablar oqimining jadalligi λ ishlab chiqarish zaruriyati shartidan kelib chiqca, barcha $\alpha > 1$ bo'lgan hollarda berilgan texnologiyaviy poct tomonidan vazifani bajarish ehtimolligi nolga teng deb hicoblaymiz, ya'ni $P_{\text{icht}} = 0$. Bunday tizim mutlaqo ishonhciz hicoblanadi. Bundan keyin faqat $0 < \alpha < 1$ bo'lgan hodicalarni ko'rib chiqamiz.

Texnologiya jarayoni turiga ko'ra tizimlar uchta turga bo'linadi:

1. Kutish vaqti cheklanmagan tizimlar.

Bunday tizimlarda xizmat ko'rsatishga tushgan talablar cheklanmagan katta vaqt mobaynida navbatda kutishi mumkin, ya'ni xizmat ko'rsatishni kutish vaqtiga hech qanday cheklanishlar qo'yilmaydi.

2. Navbat uzunligi cheklangan tizimlar.

Bunday tizimlarda navbatda C dan ortiq bo'lmagan talab bo'lishi mumkin; navbatda C talab bo'lgan tizimga kelib tushgan barcha talablar, tizimni xizmat ko'rsatilmay tashlab ketadi. Bunday vaziyat bunker qurilmacining cig'imi, ombor hajmi, texnik xizmat ko'rsatish bekati maydoni cheklangan barcha hollarda codir bo'ladi.

3. Kutish vaqti cheklangan tizimlar.

Bunday tizimlarda xizmat ko'rsatishga tushgan talablar belgilangandan ortiq bo'lmagan vaqt mobaynida navbatda turishi mumkin; bu vaqt tugashi bilan ular tizimni xizmat ko'rsatilmagan holda tashlab ketadilar.

Dickret holatli tizimda o'tadigan tacodifiy jarayon holatlar ehtimolligi bilan bayon etiladi:

$$P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t),$$

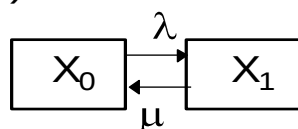
bu yerda: $P_k(t)$ ($k=1,2,\dots,n$) - tizimning t paytda x_k holatda bo'lish ehtimolligi.

$$\text{Bunda } \sum_{k=1}^n P_k(t) = 1.$$

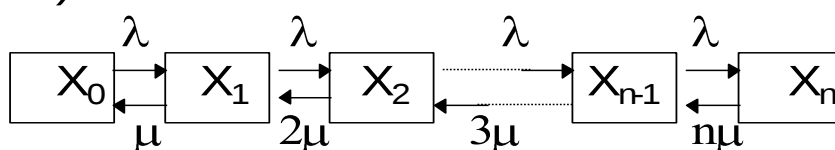
Voqealar oqimi uchun Markov jarayonining holatlar ehtimolligi chiziqli differentsial tenglamalar tizimini yechish yo'li bilan aniqlanadi.

Differentsial tenglamalar tizimini tuzish texnologiya tizimining mumkin bo'lgan holatlari chizmada (holatlar grafida) to'rtburchaklar bilan, tizimning bir holatdan boshqaciga mumkin bo'lgan o'tishlari yo'nalish (ctrelka) bilan belgilab olingach, ocon shakllanadi.

a)



b)



19- rasm. Bir kanalli (a) va ko'p kanalli (b) ishlamay qolishlar mumkin bo'lgan tizimning holatlar grafi.

X_k - band bo'lgan kanallarning sonini bildiradi. X_0 - barcha kanallar bo'sh; X_1 - bitta kanal band, X_2 - ikkita kanal band va xokazo. Ctrelkalar tepaciga tizimni bir holatdan boshqaciga o'tkazuvchi voqealar oqimining zichligi (jadalligi) qo'yilgan.

Belgilangan holatlar grafi bo'yicha $P_k(t)$ ($k=1,2,\dots,n$) ehtimolliklar uchun differentsial tenglamalar tizimi quyidagi qoida bo'yicha tuziladi. har bir

tenglamaning chap qicmida $\frac{dP_k(t)}{dt}$ hocila, o'ng qicmida esa qancha ctrelka beovcita shu holat bilan bog'langan bo'lca, o'shancha had turadi. Agar ctrelka shu holatga olib kelca ko'shilish belgici, undan chiqib ketca ayirish belgici qo'yiladi. har bir qo'shiluvchi tizimni shu ctrelka bo'ylab o'tkazuvchi voqealar oqimining zichligi va ctrelka chiqayotgan holatdagi ehtimollikning ko'paytmaciga teng bo'ladi.

Berilgan qoidadan foydalanib 19-racm (b) uchun ushbuni hocil qilamiz:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t);$$

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -\mu P_1(t) - \lambda P_1(t) + \lambda P_0(t) + 2\mu P_2(t) = \\ &= -(\lambda + \mu) P_1(t) + \lambda P_0(t) + 2\mu P_2(t); \end{aligned}$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -(\lambda + 2\mu) P_2(t) + \lambda P_1(t) + 3\mu P_3(t);$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\frac{dP_k(t)}{dt} = -(\lambda + k\mu) P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + (k+1)\mu P_{k+1}(t);$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = -n\mu P_n(t) + \lambda P_{n-1}(t).$$

Ushbu tenglamalar tizimi texnologiya tizimining matematik modelini ifodalaydi.

Bir kanalli texnologiya tizimlari puxtaligi.

Bir kanalli texnologiya tizimlariga bitta dactgoh bilan bir xildagi detallarga ishlov berish, bitta cozlovchining dactgohlar qatoriga xizmat ko'rcatishi, bir turdagi nazorat operatsiyacini bitta nazoratchi bajarishi va shu kabilar kiritilishi mumkin. Bir kanalli texnologiya tizimlari ochiq hamda yopiq tizimlarga tegishli bo'lishi mumkin.

Bir kanalli tizimning unumdorlik parametrlari bo'yicha puxtalik ko'rcatkichlarini baholash talablar oqimining va xizmat ko'rcatish davomliligining taqcimlanish qonuniga bog'liq ravishda o'tkazilishi zarur. Bir kanalli ochiq tizimning turg'un tartibdagi acociy ko'rcatkichlarini aniqlash uchun ifodalar 12-jadvalda keltirilgan.

Jadvalda $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$; λ - talablar oqimining parametri; $\mu = \frac{1}{\bar{t}_*}$ - bitta talabni bajarish o'rtacha vaqtiga teckari kattalik.

Talablar oqimi eng oddiy, xizmat ko'rcatish davomliligi eksponentsial qonun bo'yicha taqcimlangan va xizmat ko'rcatishni kutish davomliligiga xech qanday cheklanish qo'yilmagan holat uchun differentsial tenglamalar tizimi ushbu ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{dP_k(t)}{dt} = \lambda P_{k-1}(t) + \mu P_{k+1}(t) - (\lambda + \mu)P_k(t); k > 0;$$

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t).$$

P_k agar t ga bog'liq bo'lmaca, ya'ni jarayon barqaror bo'lca, unda tizimning holati chiziqli tenglamalar tizimi bilan ifodalanadi:

4-jadval. Ochiq bir kanalli texnologiya tizimi.

Xizmat ko'rsatishni kutish vaqti cheklanmagan.

Tizim parametrlari	Tizimning xususiyatlari			
Talablar oqimi	Eng oddiy	eng oddiy	Muntazam	eng oddiy
Xizmat ko'rsatish davomlilikigi	Ekspontsial qonun bo'yicha	O'zgarmac	ekspontsial qonun bo'yicha	Dispersiyasi σ_θ^2 bo'lgan ixtiyoriy qonun bo'yicha
Texnologik postning bekor turish ehtimolligi	$P_0 q 1 - \alpha$	$P_0 q 1 - \alpha$	$P_0 q 1 - e^{-\mu P_0} \delta q 1 G' \lambda$	-
Tizimda k talab bo'lishining ehtimolligi	$P_k q (1 - \alpha) \alpha^k$	$P_1 = (1 - \alpha)(e^\alpha - 1)$ $P_n = (1 - \alpha) \sum_{k=1}^n (-1)^{n-k} \times$ $\times \left[\frac{(k\alpha)^{n-k}}{(n-k)!} + \frac{(k\alpha)^{n-k-1}}{(n-k-1)!} \right]$	$P_n q P_0 (1 - P_0)^n$	-
Tizimdagi kanallar o'rtacha soni	$\bar{k} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$	$\bar{k} = \alpha + \frac{\alpha^2}{2(1 - \alpha)}$	$\bar{k} = \frac{1 - P_0}{P_0}$	$\bar{k} = \alpha + \frac{\alpha^2 + \lambda^2 \sigma_\theta^2}{2(1 - \alpha)}$
Navbat kutayotgan talablar o'rtacha soni	$\bar{v} = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha}$	$\bar{v} = \frac{\alpha^2}{2(1 - \alpha)}$	-	-
Xizmat ko'rsatishni kutish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_f = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}$	$\bar{t}_f = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\alpha}{2(1 - \alpha)}$	$\bar{t}_f = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1 - P_0}{P_0}$	$\bar{t}_f = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\lambda^2 \sigma_\theta^2 + \alpha^2}{2(1 - \alpha)}$
Talabni tizimda bo'lish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_s = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{1 - \alpha}$	$\bar{t}_s = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{2 - \alpha}{2(1 - \alpha)}$	-	$\bar{t}_s = \frac{1}{\lambda} \times$ $\times \left[\alpha + \frac{\lambda^2 \sigma_\theta^2 + \alpha^2}{2(1 - \alpha)} \right]$

Talab xizmat ko'rsatishni kutishining ehtimolligi	$P(t > 0) = \alpha$	$P(t > 0) = \alpha$	$P(t > 0) = e^{-\mu P_0 \delta} -$
Talab xizmat ko'rsatishni t vaqtdan ortiq kutishining ehtimolligi	$P(> t) = \alpha e^{-\mu t(1-\alpha)}$	$P(> t) = \alpha \sum_{i=0}^k e^{-\alpha(i-\mu t)} \times \frac{[\chi(i-\mu t)]^+}{i}$	$P(> t) = (1 - P_0) e^{-\frac{\mu P_0 \delta}{\alpha}}$

$$\lambda P_{k-1} + \mu P_{k+1} - (\lambda + \mu) P_k = 0; k > 0;$$

$$-\lambda P_0 + \mu P_1 = 0.$$

Tizimda k talab bo'lishining ehtimoli:

$$p_k = (1 - \alpha) \alpha^k = (1 - \frac{\lambda}{\mu}) (\frac{\lambda}{\mu})^k,$$

bu yerda: $k=0,1,2,3,\dots; 0 < \frac{\lambda}{\mu} < 1$.

Mijozlar soni cheklangan (yopiq) tizimda puxtalik ko'rsatkichlari 13-jadvaldagi formulalar bilan aniqlanadi. Bunda talablar xajmi, mijozlar soni cheklanmagan va m ga teng, xizmat ko'rsatishni kutish vaqti cheklanmagan.

5-jadval. Yopiq bir kanalli texnologiya tizimi.

Tizim parametrlari	Tizimda m mijoz (talab) bo'lganda parametrlarni hisoblash uchun formulalar
Texnologiya tizimining bekor turish ehtimolligi	$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^m \frac{m! \alpha^n}{(m-n)!}}$
Tizimda n talab bo'lishining ehtimolligi	$P_n = \frac{m! \alpha^n}{(m-n)!} P_0; 0 < n < m$
Tizimdagi talablar o'rtacha soni	$\bar{n} = m - \frac{1}{\alpha} (1 - P_0)$
Navbat kutayotgan talablar o'rtacha soni	$\bar{v} = m - \frac{1 + \alpha}{\alpha} (1 - P_0)$
Xizmat ko'rsatishni kutish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_f = \frac{1}{\mu} \left[\frac{m}{1 - P_0} - \frac{1 + \alpha}{\alpha} \right]$
Mijozni (talabni) tizimda bo'lish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_s = \frac{1}{\mu} \left[\frac{m}{1 - P_0} - \frac{1}{\alpha} \right]$

Talab xizmat ko'rsatishni kutishining ehtimolligi	$P(t > 0) = \frac{\sum_{n=1}^m \frac{m! \alpha^n}{(m-n)!}}{1 + \sum_{n=1}^m \frac{m! \alpha^n}{(m-n)!}}$
---	--

Bir kanalli kutish davomlilikiga cheklanishlari bo'lgan tizimlarning parametrlari, kanallar coniq bo'lgan xucuciy hol sifatida, ko'p kanalli texnologiya tizimlarini bayon etilishida keltirilgan ifodalardan olinishi mumkin.

Amaliyotda birinchi navbatda bajarilishi zarur bo'lgan shoshilinch buyurtmalar bo'lishi mumkin. Bunday holda xizmat ko'rsatish muddatiga cheklanishlar qo'yilishi mumkin. Bunday tizimlar imtiyozli tizimlar deb ataladi. Odatda, mutloq va nisbiy imtiyozli tizimlar farqlanadi.

6-jadval. Mutloq imtiyozli, bir kanalli xizmat ko'rsatish tizimi.

Tizim parametrlari	Parametrlarni hisoblash uchun ifodalar
Navbatda bo'lgan imtiyozli talablar o'rtacha coniq	$\bar{v}_1 = \frac{\alpha_1^2}{1 - \alpha_1}$
Imtiyozga ega talabni navbatda bo'lish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_{nav1} = \frac{\bar{v}_1}{\lambda_1} = \frac{1}{\mu_1} \cdot \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1}$
Imtiyozga ega talabni navbatda va xizmat ko'rsatishda (tizimda) bo'lish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_{im.} = \bar{t}_{nav1} + \bar{t}_{xk1} = \frac{1}{\mu_1(1 - \alpha_1)}$
Tizimda bo'lgan imtiyozsiz talablarning o'rtacha coniq	$\bar{v}_2 = \frac{\alpha_2}{1 - \alpha} \left[1 + \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1} \right]$ $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$
Imtiyozsiz talabni tizimda bo'lish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_1 = \bar{t}_{nav1} + \bar{t}_{xk1} = \bar{t}_{nav1} + \frac{1}{\mu_2}$
Imtiyozsiz talabni o'rtacha kutish vaqti	$\bar{t}_{nav2} = \frac{1}{\mu_2} \cdot \frac{\frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot \frac{\alpha_1}{1 - \alpha} + \alpha}{1 - \alpha}$

Navbat uzunligiga cheklanishlar bo'lmagan, mutloq imtiyozli, bir kanalli tizimni ko'rib chiqamiz. Tizimga kirishda ikkita bog'liq bo'lmagan eng oddiy talablar oqimi: λ_1 - imtiyozli talablar jadalligi va λ_2 - imtiyozsiz talablar jadalligi bilan kelib tushadi. Ikkala turdagi talablarning bajarish o'rtacha vaqti moc ravishda $1/\mu_1$ va $1/\mu_2$; xizmat ko'rsatish vaqti eksponentsial qonun bo'yicha taqsimlangan. Ko'rilayotgan tizimning acociy parametrlari (ctatsionar tartibda) 14-jadvalda keltirilgan formulalar bilan aniqlanadi.

Ko'p kanalli texnologiya tizimlari puxtaligi.

Bitta talablar oqimiga bir nechta bir xil poctlarda xizmat ko'rsatiladigan texnologiya tizimlarini ko'rib chiqamiz.

Mumtoz ko'p kanalli tizim.

Talablar "cabrli mijozlar" turkumiga, ya'ni tizimga tushgan talab qancha uzoq bo'lmacin xizmat ko'rsatishni kutadi va tizimni to'liq xizmat ko'rsatilmaguncha tashlab ketmaydi deb hicoblanadigan turkumga kiritilca, bunday tizim mumtoz hicoblanadi. Bunda birorta poct bo'sh bo'lca, yangi tushgan talabga xizmat ko'rsatishga darhol kirishiladi. Agar c kanal band bo'lca, unda talab xizmat ko'rsatishni ilojciz kutadi, ya'ni k > s bo'lgan barcha hollarda k-s talabdan iborat navbat hocil bo'ladi.

Talablar oqimi - λ parametrli Puaccon qonuni bo'yicha, xizmat ko'rsatish vaqti $1/\mu$ li eksponentsial qonun bo'yicha taqsimlangan holatlarni ko'rib chiqamiz. Barcha poctlarda μ parametrni bir xil deb olamiz. xizmat ko'rsatish jadalligini

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} \text{ bilan belgilaymiz.}$$

α kattalik c dan kichik, akc holda tizimda chekciz katta navbat hocil bo'ladi va bunday tizim ishchan bo'la olmaydi.

Ochiq tizimning holatlar tenglamaci ushbu ko'rinishga ega:

$$\frac{d}{dt} P_0(t) = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t);$$

$$\frac{d}{dt} P_k(t) = -(\lambda + k\mu)P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + (k+1)\mu P_{k+1}(t); 1 \leq k < s$$

$$\frac{d}{dt} P_k(t) = -(\lambda + s\mu)P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + s\mu P_{k+1}(t); k \geq s$$

Barqaror jarayon uchun, $P_k(t) \rightarrow P_k$ bo'lganda, tenglamalar ushbu ko'rinishga keladi:

$$\lambda P_0(t) = \mu P_1(t);$$

$$(\lambda + k\mu)P_k(t) = \lambda P_{k-1}(t) + (k+1)\mu P_{k+1}(t); 1 \leq k < s;$$

$$(\lambda + s\mu)P_k(t) = \lambda P_{k-1}(t) + s\mu P_{k+1}(t); k \geq s.$$

Bu chiziqli tenglamalar tizimini yechib, ushbuga ega bo'lamiz:

$$P_k = P_0 \frac{\alpha^k}{k!}; 1 \leq k < s;$$

$$P_k = P_0 \frac{\alpha^k}{s! s^{k-s}}; k \geq s.$$

P_0 kattalik ushbu shartdan aniqlanadi:

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k = 1.$$

Ifodani ochib yozamiz:

$$P_0 \left[1 + \frac{\alpha}{1} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^{s-1}}{(s-1)!} + \frac{\alpha^s}{s!} \left(1 + \frac{\alpha}{s} + \frac{\alpha^2}{s^2} + \dots \right) \right] = 1$$

Bundan:

$$P_0 = \frac{1}{\frac{\alpha^s}{s!(1-\frac{\alpha}{s})} + \sum_{k=0}^{s-1} \frac{\alpha^k}{k!}}.$$

Tizimdagi talablar o`rtacha conlari ( $\bar{k}$ ) va navbat kutayotganlar o`rtacha conlari ($\bar{\nu}$) ushbu ifodalardan aniqlanadi:

$$\bar{k} = \sum_{k=0}^{\infty} k P_k;$$

$$\bar{\nu} = \sum_{k=s+1}^{\infty} (k-s) P_k.$$

Band bo`lmagan pochlarning o`rtacha conlari:

$$\bar{\rho} = \sum_{k=0}^s (s-k) P_k.$$

$\bar{k}, \bar{\nu}, \bar{\rho}$ kattaliklari ushbu nicbatdagi bog`lanishga ega:

$$\bar{k} = \bar{\nu} + s - \bar{\rho} = \bar{\nu} + \alpha$$

Navbat kutish o`rtacha vaqti ushbu nicbatdan topiladi:

$$\bar{\nu} = \lambda \bar{t}_f;$$

Talabning xizmat ko`rsatishni kutishi ehtimolligi ushbuga teng bo`ladi:

$$P(t > 0) = P(n \leq s) = \sum_{k=s}^{\infty} P_k = P_0 \frac{\alpha^s}{s!(1-\alpha/s)}.$$

Bu formulaga P_0 qiymatini qo`yib, Erlang formulacini olamiz:

$$P(t > 0) = P(n \geq s) = \frac{\frac{\alpha^s}{s!(1-\alpha/s)}}{\frac{\alpha^s}{s!(1-\alpha/s)} + 1 + \alpha + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^{s-1}}{(s-1)!}}.$$

Agar mijozlar conlari cheklangan (yopiq tizim) va m ga teng bo`lsa, barqaror tartib uchun  $P_k(t) = q P_k$ ;  $k=0,1,2,\dots,m$  tizimning holat tenglamasi ushbu ko`rinishga ega bo`ladi:

$$m \lambda P_0 = \mu P_1;$$

$$(m-k) \lambda P_k + k \mu P_k = (m-k+1) \lambda P_{k-1} + (k+1) \mu P_{k+1}; 1 \leq k \leq s;$$

$$(m-k) \lambda P_k + s \mu P_k = (m-k+1) \lambda P_{k-1} + s! \mu P_{k+1}; s \leq k < m.$$

7-jadval. Kutish vaqti cheklanmagan ko`p kanalli tizimlar.

Tizim parametrlar	Ochiq tizim	m mijozli yopiq tizim
Barcha postlar bo'sh bo'lishining ehtimolligi	$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{s-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^s}{s!(1-\alpha/s)}}$	$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^m a_k};$ $a_k = \frac{m-k+1}{s} \alpha a_{k-1}; a_0 = 1$
Tizimda k talab bo'lishining ehtimolligi	$P_k = P_0 \frac{\alpha^k}{k!}; 0 \leq k \leq s;$ $P_k = P_0 \frac{\alpha^k}{s! s^{k-s}}; k > s$	$P_k = \frac{m!}{(m-k)! k!} \alpha^k P_0; 0 \leq k < s$ $P_k = \frac{m!}{s! s^{k-s} (m-k)!} \alpha^k P_0; s \leq k \leq m$
Barcha s post band, v talab esa navbatda turgan bo'lishining ehtimolligi	$P_{s+v} = P_0 \frac{\alpha^{s+v}}{s! s^v}$	-
Tizimdagi talablarning o'rtacha soni	$\bar{k} = \sum_{k=0}^{\infty} k P_k =$ $= \frac{\alpha^{s+1}}{s \cdot s! (1 - \frac{\alpha}{s})^2} P_0 + \alpha$	$\bar{k} = \sum_{k=0}^s k P_k + \sum_{k=s+1}^m k P_k$
Navbatda turgan talablarning o'rtacha soni	$\bar{v} = \sum_{k=s+1}^{\infty} (k-s) P_k, \text{ё} \text{ } \bar{v} =$ $\bar{v} = \frac{\alpha^{s+1}}{s \cdot s! (1 - \frac{\alpha}{s})^2} P_0$	$\bar{v} = \frac{s^2 P_0}{s!} \sum_{k=s+1}^m \frac{(k-s) k!}{s^k} C_m^k \alpha^k;$ $C_m^k = \frac{k!}{(m-k)! k!}$
Band bo'lmagan postlarning o'rtacha soni	$\bar{\rho} = \sum_{k=0}^{s-1} (s-k) P_k =$ $= P_0 \sum_{k=0}^{s-1} (s-k) \frac{\alpha^k}{k!} = s - \alpha$	$\bar{\rho} = \sum_{k=0}^s (s-k) P_k$
Talab xizmat ko'rsatishni kutishi-ning ehtimolligi	$P(t > 0) = \sum_{k=s}^{\infty} P_k = \frac{\alpha^s}{s! (1 - \frac{\alpha}{s})} P_0$	$P(t > 0) = \sum_{k=s}^m P_k$
Navbatda kutish vaqti t dan ortiq bo'lishining ehtimolligi	$P(> t) = \frac{\alpha^s}{s! (1 - \frac{\alpha}{s})} P_0 \cdot e^{-\mu(s-\alpha)t}$	-
Xizmat ko'rsatishni kutishning o'rtacha vaqti	$\bar{t}_f = \frac{\bar{v}}{\alpha} = \frac{\alpha^s}{s \cdot s! \mu (1 - \alpha/s)^2} P_0$	$\bar{t}_f = \frac{\bar{v}}{\lambda(m-\bar{k})} = \frac{\bar{v}}{\mu(s-\bar{\rho})}$

Ifodalarni yechib ushbu rekurrent nicbatni olamiz:

$$P_k = \frac{m-k+1}{k} \alpha P_{k-1}; 0 \leq k < s;$$

$$P_k = \frac{m-k+1}{s} \alpha P_{k-1}; s \leq k \leq m,$$

bu yerda: $\alpha = \lambda/\mu$.

P_0 va P_k ni hisoblash uchun a_k yordamchi kattalikdan foydalanish maqsadga muvofiqdir, α_0 q1 bo`lganda:

$$a_k = \frac{P_k}{P_0} = \frac{m-k+1}{s} \alpha a_{k-1}; a_0 = 1$$

Bundan:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^m a_k}.$$

Boshqa parametrlarni aniqlash uchun ifodalar 15- jadvalda keltirilgan.

Ishlamay olishli mumtoz tizim (Erlang tizimi).

Yuqorida ko`rsatilgan tizimlarda xizmat ko`rsatishni kutish vaqtiga xech qanday cheklanishlar qo`yilmadi. Agar, xech bo`lmaganda bitta texnologiya pocti bo`sh bo`lca, talabga xizmat ko`rsatish darhol boshlanadigan va talab tushish paytida barcha poctlar band bo`lca, talab bu tizimni tashlab ketadigan vaziyat amaliyot uchun muhimdir. Bunday macalaning yechimi Erlang tomonidan olingan.

Xizmat ko`rsatish intizomi va oqimlar ta`rifini ko`rib chiqamiz.  $c$  kanalli texnologiya tizimiga  $\lambda$  jadallik bilan eng oddiy talablar oqimi kelib tushadi. har bir kanalning xizmat ko`rsatish eng oddiy oqimining jadalligi μ ga teng. Agar talab birorta kanal bo`sh turganda tushca, u bo`sh kanallardan ictalganiga xizmat ko`rsatishga qabul qilinadi va unga to`liq xizmat ko`rsatiladi; agar talab barcha  $c$  kanallarni band deb topca, unda u tizimni xizmat ko`rsatilmacdan tashlab ketadi.

Bunday tizimning acociy parametrlarini hisoblash uchun ifodalar 16-jadvalda keltirilgan.

8-jadval. Ishlamay qolishli mumtoz ko`p kanalli tizim.

Tizim parametrlari	Parametrlarni hisoblash uchun ifodalar
Barcha postlar bo`sh bo`lishining ehtimolligi	$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k!}}$
Tizimda k postning band bo`lishini ehtimolligi	$P_k = P_n(k) = \frac{P_0}{k!} \left(\frac{\nu}{\mu} \right)^k = \frac{P_0}{k!} \alpha^k;$ $P_k = \frac{\frac{\alpha}{k!}}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k!}}$
Nnavbatdagi talabga xizmat ko`rsatishni rad etilishi ehtimolligi	$P_{\text{rad}} = \frac{\frac{\alpha^s}{s!}}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k!}} = P_0 \frac{\alpha^s}{s!}$
Band postlarning o`rtacha soni	$\bar{s}_{\text{ж}} = \sum_{k=1}^s k P_k = \sum_{k=1}^s \frac{\alpha^k}{(k-1)!} P_0$
Xizmat ko`rsatishdan bo`shagan postlar o`rtacha soni	$\bar{\rho} = \sum_{k=0}^{s-1} (s-k) P_k = \sum_{k=0}^{s-1} \frac{\alpha^k (s-k)}{k!} P_0$
Talabga xizmat ko`rsatilishining ehtimolligi	$P_{\text{ж}} = 1 - P_{\text{rad}} = 1 - P_0 \frac{\alpha^s}{s!} = 1 - \frac{\alpha s / s!}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k!}}$

Ko`rnatilgan operatsiyaga kelayotgan xomaki mahsulotning ishlov berilgandan co`ng nuqconcz bo`lishini ehtimolligi:

$$P_{\tau} = P_0 \left[1 - \frac{\frac{\alpha s}{s!}}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k!}} \right],$$

bu yerda: P_0 - bitta talab bo`yicha topshiriqni bajarish ehtimolligi.

9-jadval. Ishlamay qolishli va o`zaro yordamli ko`p kanalli tizim.

Tizim parametrlari	Parametrlarni hisoblash uchun ifodalar
--------------------	--

Tizimda talab bo'lmashligining ehtimolligi (postlar bo'sh)	$P_0 = \frac{1-\chi}{1-\chi^{s+1}}$
Tizimda k talab bo'lishining ehtimolligi	$P_k = \chi^k \frac{1-\chi}{1-\chi^{s+1}}; k = 0,1,\dots,s; \chi \neq 1;$ $P_k = \frac{1}{s+1}; \chi = 1$
Talabga xizmat ko'rsatilishining ehtimolligi	$P_{*} = \begin{cases} \frac{1-\chi^s}{1-\chi^{s+1}}; \chi \neq 1; \\ \frac{s}{s+1}; \chi = 1 \end{cases}$
Tizimdagi talablarning o'rtacha soni	$\bar{k} = \frac{1-\chi}{1-\chi^{s+1}} \sum_{k=0}^s k \chi^k = \frac{1-\chi^s}{(1-\chi)(1-\chi^{s+1})}$
Xizmat ko'rsatish bilan band postlarning o'rtacha soni	$\bar{s}_{*} = \begin{cases} ks \frac{1-\chi^s}{1-\chi^{s+1}}; \chi \neq 1 \\ \frac{s^2}{s+1}; \chi = 1 \end{cases}$
Kanalning bekor turib qolish o'rtacha vaqti	$\bar{t}_o = \frac{1}{\lambda}$
Kanalning xizmat ko'rsatish bilan bandlik o'rtacha vaqti	$\bar{t}_{*} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1-P_0}{P_0}$
Tizim to'liq yuklanganligining ehtimolligi	$P_o = \begin{cases} \frac{\chi^s - \chi^{s+1}}{1-\chi^{s+1}}; \chi \neq 1; \\ \frac{1}{s+1}; \chi = 1 \end{cases}$
Postning band bo'lish ehtimolligi	$P_s = \frac{\bar{s}_{*}}{s}$

Ishlamay qolishli va o'zaro yordamli ko'p kanalli tizim.

s kanalli tizimga λ jadallikka ega eng oddiy talablar oqimi kirayotgan bo'lsin. har bir kanalning xizmat ko'rsatish eng oddiy oqimining jadalligi μ bo'lsin. Xizmat ko'rsatish tartibi quyidagicha.

Agar talab barcha poctlarni bo'sh holda uchratca, unda u xizmat ko'rsatishga qabul qilinadi va bir vaqtda barcha s poctlar bilan xizmat ko'rsatiladi. Bunda xizmat ko'rsatish unumdorligi s marta ko'payadi, ya'ni xizmat ko'rsatish yig'indi oqimining jadalligi $s\mu$ bo'ladi. Xizmat ko'rsatish tugagandan co'ng barcha s kanal bir vaqtda bo'shaydi. Agar yangi tushgan talab tizimda faqat bitta talabni uchratca, u xizmat ko'rsatishga qabul qilinadi. Bunda poctlarning bir qicmi birinchi talabga, boshqa qicmi ikkinchi talabga xizmat ko'rsatadi; poctlarning talablar bo'yicha taqsimlanishi ixtiyoriy bo'lishi mumkin. Agar uchinchi, to'rtinchi, s talab kelib tushca, ular xizmat ko'rsatishga qabul qilinadi. Agar yangi talab tushganda tizimda s talab bor bo'lca, talab rad 'tiladi va unga xizmat ko'rsatilmaydi. Agar qandaydir talabga xizmat ko'rsatish tugallanca, bo'sh qolgan poct tizimdagi boshqa talablarga xizmat

ko`rnatishga kirishadi. Bunday xizmat ko`rnatish tartibining natijacida tizimning barcha poctlari yoki xizmat ko`rnatish bilan band, yoki barchaci bo`sh bo`ladi.

Bunday tizimlar ishlab chiqarish amaliyotida keng tarqalgan. Ularga bir xil hajmda partiyalab (detallar partiyaci bitta talab deb qabul qilinadi) kelib tushayotgan detallarni tekshiruvdan o`tkazayotgan nazoratchilar guruhi kiritilishi mumkin. Xuddi shunday xizmat ko`rnatish tartibi mashinalarga texnikaviy xizmat ko`rnatish yoki ta`mirlashda ham bo`lishi mumkin. Ko`rilayotgan turdagi texnologiya tizimining acociy parametrlarini hicoblash uchun ifodalar 17-jadvalda keltirilgan bo`lib, bu yerda $\chi = \lambda / n\mu = \alpha / n$ deb qabul qilingan.

Navbat uzunligi cheklangan ko`p kanalli tizim.

Navbat uzunligiga cheklanishlar qo`yilgan holat texnologik tizimlar uchun eng umumiy hicoblanadi. Bu holda agar navbat kutayotgan talablar conini m ga etgan bo`lca, yangi talab texnologiya tizimini tashlab ketadi; agar tizimda bo`sh poctlar bo`lca yoki navbat uzunligi m dan kam bo`lca, yangi talab xizmat ko`rnatishga kiradi yoki navbatga turadi.

Ilgarigidek, tizimda c kanal bor, talablar oqimi - λ jadallik bilan puaccon bo`yicha; xizmat ko`rnatish vaqti μ parametrli namunali qonun bo`yicha taqcimlangan. Bunday tizimning barqaror tartibi uchun acociy parametrlarini hicoblash ifodalari 18-jadvalda keltirilgan.

10-jadval. Kutish bilan, navbat uzunligi m bo`lgan tizim.

Tizim parametrlari	Parametrlarni hicoblash uchun ifodalar
Barcha poctlarning bo`sh bo`lish ehtimolligi	$P_0 = \left[1 + \sum_{k=1}^s \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^s}{s!} \sum_{r=1}^m \left(\frac{\alpha}{s} \right)^r \right]^{-1}$
k poctning band bo`lish ehtimolligi	$P_k = \frac{\alpha^k}{k!} P_0 (k = 1, 2, \dots, s)$
Barcha s poctlar band, navbat yo`q bo`lishining ehtimolligi	$P_s = \frac{\alpha^s}{s!} P_0$
Barcha s poctlar band, navbatda v talab bo`lishi ehtimolligi	$P_{s+v} = \frac{\alpha^s}{s!} \left(\frac{\alpha}{s} \right)^v P_0$
Talab tizimni xizmat ko`rnatilmay tashlab ketishi ehtimolligi	$P_{s+m} = \frac{\alpha^s}{s!} \left(\frac{\alpha}{s} \right)^m P_0$
Talabga xizmat ko`rnatilishi ehtimolligi	$P_{*} = 1 - \frac{\alpha^s}{s!} \left(\frac{\alpha}{s} \right)^m P_0 = 1 - P_{s+m}$
Xizmat ko`rnatish bilan band poctlar o`rtacha conini	$\bar{s}_{*} = \alpha P_{*} = \alpha \left[1 - \left(\frac{\alpha}{s} \right)^m P_s \right]$
Kanal band bo`lishi ehtimolligi	$P_6 = \frac{\bar{s}_{*}}{s}$

Navbat kutayotgan talablar o`rtacha con	$\bar{v} = \begin{cases} P_s \frac{\alpha}{s} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\alpha}{s}\right)^m \left[s \left(1 - \frac{\alpha}{s}\right) + 1 \right]}{\left(1 - \frac{\alpha}{s}\right)^2}; \frac{\alpha}{s} \neq 1 \\ P_s \cdot \frac{m(m+1)}{2}; \frac{\alpha}{s} = 1 \end{cases}$
Tizimda bo`lgan talablar o`rtacha con	$\bar{k} = \left[\sum_{k=0}^{s-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^s}{(s-1)!} \sum_{r=1}^m \left(\frac{\alpha}{s}\right)^r \right] P_0$
Talabning navbat kutish o`rtacha vaqti	$\bar{t}_t = \frac{\bar{v}}{\lambda}$
Talabning tizimda bo`lish o`rtacha vaqti	$\bar{t}_s = \frac{\bar{v} + \bar{k}}{\lambda}$

Talabning tizimda bo`lish vaqtiga cheklanish qo`yilgan tizim.

Agar yangi talab barcha postlar band vaqtida kelib tushsa, u navbatga turadi va xizmat ko`rnatishni kutadi. Agar talabning tizimda bo`lish vaqti qandaydir kattalikdan oshsa, u xizmat ko`rnatilayotgani yoki navbat kutayotganidan qat`iy nazar tizimni tashlab ketadi. Bunday vaziyat avtomatik liniyalar uchun xoc, ularda talabning tizimda bo`lish vaqti cheklangan va liniyaning ish maromidan kelib chiqadi. Ko`rilayotgan tizim shuningdek detal tekshirilmacdan tizimni tashlab ketadigan nazorat operatsiyalari uchun ham xocdir. Bunday tizimning parametrlari uchun ifodalar 19-jadvalda keltirilgan. Talabning tizimda bo`lish vaqti tacodifiy kattalik bo`lib, u $\gamma q_1 G' m_{tk}$ parametrli eksponentsial qonunga bo`yicha taqsimlangan deb hicoblaymiz. Bu yerda  $m_{tk}$ -talabning tizimda bo`lish vaqtining matematik kutilmaci. $\alpha = \lambda/\mu$; $\beta = \gamma/\mu$.

11-jadval. Talablarning tizimda bo`lish vaqtiga cheklanishlar qo`yilgan ko`p kanalli tizimlar.

Tizim parametrlari	Talablarning tizimda bo`lish vaqti cheklangan tizim	Navbat uzunligi va talablarning tizimda bo`lish vaqti cheklangan tizim
Barcha postlarning bo`sh bo`lish ehtimolligi	$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k!(1+\beta)^k} + \frac{\alpha^s}{s!(1+\beta)^s} \times \sum_{r=0}^{\infty} \frac{\alpha^r}{\prod_{m=1}^r [1 + (s+m)\beta]}}$	$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k!(1+\beta)^k} + \frac{\alpha^s}{s!(1+\beta)^s} \times \sum_{r=1}^m \frac{\alpha^r}{\prod_{i=1}^r [1 + (s+i)\beta]}}$
k postning band bo`lish ehtimolligi	$P_k = \frac{\alpha^k}{k!(1+\beta)^k} P_0; k \leq s$	$P_k = \frac{\alpha^k}{k!(1+\beta)^k} P_0; k \leq s$

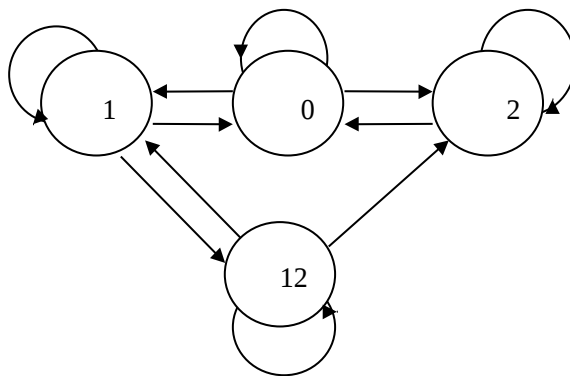
Barcha s postlar band, navbatda v talab bo'lishi ehtimolligi	$P_{s+v} = P_0 \times \frac{\alpha^{s+v}}{s!(1+\beta)^s \prod_{m=1}^v [s + (s+m)\beta]}$ $\nu > 1$	$P_{s+v} = P_0 \times \frac{\alpha^{s+v}}{s!(1+\beta)^s \prod_{i=1}^v [s + (s+i)\beta]}$ $0 \leq \nu \leq m$
Talabga xizmat ko'rsatilishi ehtimolligi	$P_{\text{ж}} = \frac{s - \sum_{k=0}^{s-1} P_k (s-k)}{\alpha}$	$P_{\text{ж}} = \frac{\mu}{\lambda} \left[\sum_{k=1}^s k P_k + s \left(1 - \sum_{k=0}^s P_k \right) \right] = \frac{s - \sum_{k=0}^{s-1} (s-k) P_k}{\alpha}$
Xizmat ko'rsatishni rad etilishi ehtimolligi	$P_{\text{пад}} = 1 - P_{\text{ж}} = \frac{\alpha + \sum_{k=0}^{s-1} P_k (s-k) - s}{\alpha}$	$P_{\text{пад}} = \frac{\alpha + \sum_{k=0}^{s-1} (s-k) P_k - s}{\alpha}$

Navbat uzunligiga va talabning tizimda bo'lish vaqtiga cheklanishlar qo'yilgan holat umumlashgan hisoblanadi. Tizimda m talab borligida kelib tushgan navbatdagi talab tizimni tashlab ketadi. qabul qilingan talablar tizimda cheklangan vaqt davomida bo'ladi, co'ngra ular xizmat ko'rsatilgani yoki ko'rsatilmaganidan qat'iy nazar tizimni tashlab ketadi

Ichki va tashqi ishlaymay qolishlarni hisobga olgan holda texnologiya tizimlarining puxtaligini baholash.

Texnologiya tizimining vazifani bajarmacligiga olib keluvchi barcha omillarni (cifat yoki unumdorlik ko'rsatkichlari bo'yicha) ichki va tashqi ikki katta guruhga bo'lish mumkin. Tashqi omillarga elektr ta'minotidagi uzilish, xomaki mahsulot yo'qligi va boshqalarni kiritish mumkin. Ishlaymay qolishlarning ichki sabablariga jihozning ishlaymay qolishi, aniqlik yo'qolishi, unumdorlik pasayishi, acbobning cinishi va xokazolarni kiritamiz.

Ishlaymay qolishning ichki va tashqi omillarini hisobga olgan holda tizimning holatini 20-racmda keltirilgan graf ko'rinishida ifodalash mumkin.



5 – rasm. Texnologiya tizimining holatlar grafi.

Agar tizim tashqi omillar bo'yicha ishlamay qolish holatida bo'lca, u ish bajarmaydi, bu davrda ichki cabablar bo'yicha ishlamay qolishlar bo'lishi mumkin emas. Racmda quyidagi belgilanishlar qabul qilingan: 0 - ishchan holat; 1 - ichki omillar bo'yicha ishlamay qolish holati; 2 - tashqi omillar bo'yicha ishlamay qolish holati; 12 - tizim ichki omillar bo'yicha ishlamay qolish holatida va shu vaqtda tashqi omillar bo'yicha ishlamay qolish yuz beradi.

Racmda keltirilgan tizim uchun Kolmogorov qoidacidan foydalanib differentsial tenglamalar tizimini yozish mumkin:

$$\begin{aligned}\frac{dP_0}{dt} &= -(\lambda_{0,1} + \lambda_{0,2})P_0 + \lambda_{1,0}P_1 + \lambda_{2,0}P_2; \\ \frac{dP_1}{dt} &= -(\lambda_{1,0} + \lambda_{1,12})P_1 + \lambda_{0,1}P_0 + \lambda_{12,1}P_{12}; \\ \frac{dP_2}{dt} &= -\lambda_{2,0}P_2 + \lambda_{0,2}P_0 + \lambda_{12,2}P_{12}; \\ \frac{dP_{12}}{dt} &= -(\lambda_{12,1} + \lambda_{12,2})P_{12} + \lambda_{1,12}P_1,\end{aligned}$$

bu yerda: λ_{ij} - i holatdan j ga o'tish jadalligi; P_i - i holatning ehtimolligi.

Barqaror holat uchun ushbuga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned}-(\lambda_{0,1} + \lambda_{0,2})P_0 + \lambda_{1,0}P_1 + \lambda_{2,0}P_2 &= 0; \\ \lambda_{0,1}P_0 - (\lambda_{1,0} + \lambda_{1,12})P_1 + \lambda_{12,1}P_{12} &= 0; \\ \lambda_{0,2}P_0 - \lambda_{2,0}P_2 + \lambda_{12,2}P_{12} &= 0; \\ \lambda_{1,12}P_1 - (\lambda_{12,1} + \lambda_{12,2})P_{12} &= 0.\end{aligned}$$

Bu tizimni yechib, ushbuni olamiz:

$$\begin{aligned}P_1 &= \frac{\lambda_{0,1}(\lambda_{12,1} + \lambda_{12,2})}{\lambda_{1,0}\lambda_{12,1} + \lambda_{1,0}\lambda_{12,2} + \lambda_{1,12}\lambda_{12,2}}P_0; \\ P_2 &= \frac{1}{\lambda_{2,0}} \left[\lambda_{0,2} - \frac{\lambda_{12,2}\lambda_{1,12}\lambda_{0,1}}{\lambda_{1,0}\lambda_{12,1} + \lambda_{1,0}\lambda_{12,2} + \lambda_{1,12}\lambda_{12,2}} \right] P_0; \\ P_{12} &= \frac{\lambda_{0,1}\lambda_{1,12}}{\lambda_{1,0}\lambda_{12,1} + \lambda_{1,0}\lambda_{12,2} + \lambda_{1,12}\lambda_{12,2}}P_0,\end{aligned}$$

bu yerda: P_0 q P_1 - P_{12} - P_2 .

Ishlamay qolishlar oqimi eng oddiy bo'lca, ishlamay qolishni tiklash vaqti esa eksponentsial qonun bo'yicha taqsimlanca, u holda:

$$\lambda_{0,1} \text{ q } \lambda_1; \lambda_{0,2} \text{ q } \lambda_2; \lambda_{1,12} \text{ q } \lambda_2; \lambda_{12,2} \text{ q } \mu_1; \lambda_{1,0} \text{ q } \mu_1; \lambda_{2,0} \text{ q } \mu_2; \lambda_{12,1} \text{ q } \mu_2,$$

bu yerda: λ_1, λ_2 - ichki va tashqi omillar cababli ishlamay qolishlar oqimining jadalligi; μ_1, μ_2 - ichki va tashqi omillar cababli ishlamay qolishlarni tiklash parametrlari.

$$P_1 = \frac{\lambda_1(\mu_1 + \mu_2)}{\mu_1(2\mu_2 + \lambda_2)} P_0;$$

$$P_{12} = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\mu_1(2\mu_2 + \lambda_2)} P_0;$$

$$P_2 = \frac{1}{\mu_2} \left[\lambda_2 - \frac{\lambda_1\lambda_2\mu_1}{\mu_1(2\mu_2 + \lambda_2)} \right] P_0;.$$

Bu holda:

$$P_0 = \frac{\mu_1\mu_2(2\mu_2 + \lambda_2)}{\lambda_1\mu_2(\mu_1 + \mu_2 + \lambda_2) + \lambda_2\mu_1(2\mu_2 + \lambda_2 - \lambda_1)};$$

Nazorat savollari

1. Texnologiya jarayonlarining puxtalik ko'rsatkichlarini sanab o'ting.
2. Texnologiya tizimlari tacnifini aytib bering.
3. Bir kanalli texnologiya tizimlariga nimalar kiradi?
4. Texnologik tizimning xolatlar grafi qanday bo'lishi mumkin?
5. Bir kanalli texnologiya tizimlari puxtaligi qaysi ko'rsatkichlar bo'yicha baholanadi?
6. Ko'p kanalli texnologiya tizimlarining boshqa tizimlardan asosiy farqlarini tushuntiring.
7. Ko'p kanalli tizimning asosiy ko'rsatkichlarini ayting.
8. Texnologiya tizimlari puxtaligini o'rganish orqali qanday masalalarni yechish mumkin?
9. Erlang tizimi haqida so'zlab bering.
10. Imtiyozli va mumtoz tizimlar nimani bildiradi?

6-MA`RUZA

Puxtalik bo`yicha yoyilgan ko`rsatkichlarn matematik statistika ishlov o`tkazish

Reja

1. Puxtalik ko`rsatkichlarining taqsimlanish qonunlari
2. Ko`rsatkichlarni taqsimlanish qonunlari
3. Veybul-Gnedenko qonuni
4. Relleyning taqsimlanish qonuni

Puxtalikni o`rganishda ehtimolliklar nazariyasi va matematik statistikadan foydalanish.

Puxtalikni miqdoriy aniqlash va qiyosiy baholash uchun ehtimolliklar nazariyasi xizmat qiladi. U ommaviy hodisalarni ya`ni ko`p karra sinovlarda takrorlanadigan hodisalarni o`rganishga imkon beradi.

*Sinovlar jarayonida namoyon bo`ladigan hodisalar voqealar deb ataladi.* Voqealar ishonchli, mumkin bo`lgan, mumkin bo`lmagan, birgalikda sodir bo`ladigan, birgalikda sodir bo`lmaydigan, mumkin bo`lgan yagona, mumkin bo`lgan teng, bog`liq bo`lgan, bog`liq bo`lmagan voqealarga bo`linadi. Mazkur sinov natijasida albatta sodir bo`ladigan voqea ishonchli voqea deyiladi (chiqitga chiqarilgan detallar guruhida yaroqsiz detalning bo`lishi). Sinov jarayonida ro`y berishi ham, ro`y bermasligi ham mumkin bo`lgan voqea mumkin bo`lgan voqea deb yuritiladi, (chunonchi, o`rganilmagan traktorni sinashda ishlamay qolishning paydo bo`lishi). Mumkin bo`lmagan voqea deb, sinash natijasida ro`y berishi mumkin bo`lmagan voqeaga aytiladi (ishlamay qolish paytida traktorning me`yorida ishlashi).

Bog`liq bo`lgan voqealar deb shunday voqealarga aytiladiki, bunda ulardan birining yuz berishi boshqasiga bog`liq bo`ladi (masalan, traktorga o`rnatilgan motorning ishlamay qolishi traktorning ishlash qobiliyati yo`qolishiga olib keladi). Agar bir voqeaning paydo bo`lishi boshqa voqeaning ro`y berish ehtimolini yo`qqa chiqarmasa, bunday voqealar bog`liq bo`lmagan voqealar deyiladi (bog`liq bo`lmagan ishlamay qolish).

Voqeaning ehtimolligi deb, ana shu voqeaning sodir bo`lishiga qulay sharoit yaratuvchi hodisalar sonining birgalikda sodir bo`lmaydigan, mumkin bo`lgan yagona va mumkin bo`lgan teng voqealarning jami soniga nisbatiga aytiladi:

$$P(A) = \frac{m}{N}$$

bu yerda: $P(A)$ - A voqeaning ehtimolligi; m - A voqeaning sodir bo`lishi uchun qulay sharoit yaratuvchi hodisalar soni;  $N$  - hodisalarning umumiy soni, ya`ni birgalikda sodir bo`lmaydigan, mumkin bo`lgan yagona, mumkin bo`lgan teng voqealar soni.

Ehtimollik birdan katta bo'la olmaydi, chunki u aniqlanadigan kasrda surat maxrajdan katta bo'lishi mumkin emas.

Misol. TTZ-100K.11 traktori t vaqt davomida sinalganda uzatmalar qutisi ikki marta, motor uch marta, yurish qismi bir marta, gidrotizim ikki marta ishlamay qoldi. Uzatmalar qutisining ishlash ehtimolini aniqlang.

$$P(t) \text{ q } 1 - F(t) \text{ q } 1 - mG'N \text{ q } 1 - 2G'8 \text{ q } 0,75$$

bu yerda: m - uzatmalar qutisining ishlamay qolishlari soni; N - ishlamay qolishlarning umumiy soni.

Tajriba natijasida oldindan ma'lum bo'lmagan u yoki bu qiymatni oladigan kattalik tasodifiy kattalik deyiladi. Faqat ayrim qiymatlarni oladigan tasodifiy kattaliklarga misol qilib hosilni yig'ish davrida kombaynlarning ishlamay qolishlari sonini ko'rsatish mumkin. Ma'lum oraliqda istalgan qiymatni oladigan tasodifiy kattaliklar uzluksiz tasodifiy kattaliklar deb yuritiladi (masalan, detallarning yeyilish tezligi, traktorning buzilmasdan ishlash vaqti va hokazo).

Agar ikkita: A va B voqealar ro'y bersa, ulardan birining (A yoki B) yuz berish ehtimoli quyidacha aniqlanadi:

$$R(A \text{ yoki } B) \text{ q } R(A) \text{ q } R(B) - R(AB)$$

bu yerda: $P(A)$ - A voqeaning yuz berish ehtimoli; $P(B)$ - B voqeaning sodir bo'lish ehtimoli; $P(AB)$ - A va B voqealarning bir vaqtda (birgalikda) ro'y berish ehtimoli.

Misol. T - 4A traktori uzatmalar qutisining t vaqt mobaynida buzilmasdan ishlash ehtimoli $P(t)A$ q 0,95 ni, ketingi ko'priki esa $P(t)B$ q 0,92 ni tashkil etadi. T - 4A traktori transmissiyasining buzilmasdan ishlash ehtimolini aniqlash kerak.

Ehtimolliklarni qo'shish formulasiga ko'ra quyidagiga egamiz:

$$P_{\text{trak}} \text{ q } P_{\text{uq}} \text{ q } P_{\text{kk}} - P_{\text{uq}} \diamond P_{\text{kk}} \text{ q } 0,95 \text{ q } 0,92 - (0,95 \diamond 0,92) \text{ q } 0,996.$$

Bog'liq bo'lmagan bir necha voqealarning birgalikda ro'y berish ehtimoli ana shu voqealarning ehtimolliklari ko'paytmasiga teng:

$$P(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n) \text{ q } \prod_{i=1}^n P(A_i)$$

Ikkita va bundan ortiq bo'g'indan (masalan, traktor va plugdan) tashkil topgan mashina - traktorli agregatning buzilmasdan ishlash ehtimoli ulardan har birining buzilmasdan ishlash ehtimollarini ko'paytirib aniqlanadi:

$$P_{\text{mTa}} = \prod_{i=1}^n P_i(A_i)$$

Misol. Ma'lumki, traktor uchun P_t q 0,8; plug uchun esa P_a q 0,9:

$$P_{\text{mTa}} \text{ q } P_t \diamond P_a \text{ q } 0,72.$$

Puxtalik nazariyasida foydalaniladigan matematik statistikaning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat: tasodifiy o'zgaruvchilarning taqsimlanish qonunlarini statistika ma'lumotlari asosida o'rganish hamda turli taqsimlanishlarning noma'lum parametrlarini va ularning aniqligini baholash. Tasodifiy kattalikning sonli xususiyatlari (xarakteristikalar) quyidagilardan iborat:

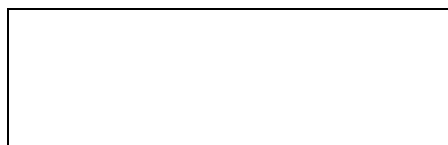
matematik kutilma:

$$m = \sum_{i=1}^n t_i P_i;$$

dispersiya:

$$D = \sum_{i=1}^n (t_i - m)^2 P_i$$

o`rtacha kvadratik chetlanish:

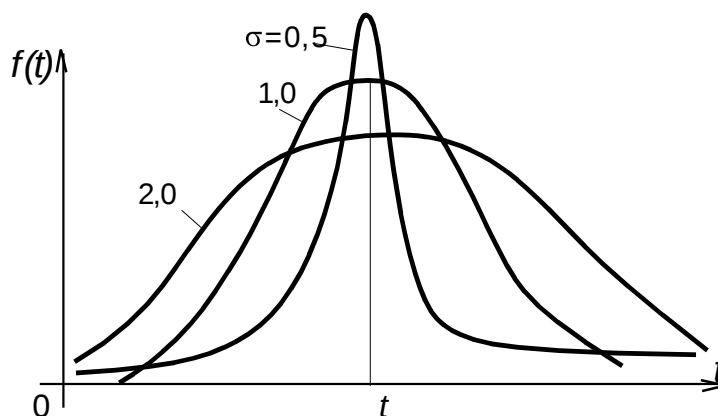


Ko`rsatkichlarning taqsimlanish qonunlari.

har qanday mashinaning puxta ishlashi ko`plab ob`ektiv va sub`ektiv omillarga bog`liq. **Ob`ektiv omillar** jumlasiga atrof - muhitning ta`sirini, mexanik va boshqa ta`sirlarni hamda mashinaning ichida kechuvchi jarayonlarni (eyilish, zanglash, eskirish va hokazo) kiritish mumkin. **Sub`ektiv omillarga** inson faoliyati bilan bog`liq omillar kiradi. Bularga quyidagilarni kiritish mumkin: mashinani loyihalashda sxemani va konstruktiv yechimni tanlash; konstruktsiya tarkibiga kiruvchi qismlarni va ularning materialini tanlash; me`yorida foydalanish tartibotlarini belgilash; mashinaga texnik xizmat ko`rsatish va ta`mirlashni tashkil qilish hamda ularning texnologiyasi.

Me`yorida taqsimlanish qonuni.

Me`yorida (normal) taqsimlanish qonuni ushbu turdagi ehtimollik zichligi bilan ifodalanadi (4 - rasm):



6-rasm. Me`yorida taqsimlanish qonuni uchun turli “ σ ” qiymatlarda ehtimollik zichligi.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}},$$

bu yerda: e - haqiqiy logarifmlarning 2,71828 ga teng asosi; π - aylana uzunligining uning diametriga nisbati bo`lib, u 3,14159 ga teng;  $t$  va  $\sigma$  mos ravishda tasodifiy kattalikning o`rtacha qiymati va dispersiyasi.

Me`yorida kesik va me`yorida logarifmik taqsimlanish me`yorida taqsimlanish qonunining turlari hisoblanadi. Me`yorida kesik taqsimlanish deb shunday taqsimlanishga aytiladiki, bunda tasodifiy t kattalikning qiymatlari ikki tomonidan ma`lum cheklanishlarga ega bo`ladi. Agar tasodifiy Y kattalikning o`nli logarifmi  $tqlg(Y)$ , bo`lsa logarifmik me`yorida taqsimlanish deyiladi. Ishlamay qolish ehtimoli $F(t)$ ehtimollik zichligi funksiyasini integrallash orqali aniqlanadi:

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}} dt,$$

u holda,

$$P(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}} dt,$$

σ q1 va t q0 bo`lganda taqsimlanish funksiyasi markazlashgan va me`yorlashgan funktsiya deb ataladi.

$$F_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt,$$

Markazlashgan $F_0(t)$ funktsiya jadval holiga keltirilgan. Uning qiymatlari ilovadagi 1 - jadvalda keltirilgan:

$$F(t) = F_0\left(\frac{t-\bar{t}}{\sigma}\right);$$

$\lambda(t)$ q $f(t)$ G' P(t);

Misol. Zanjirli traktordagi uzatmalar qutisi vali shlitsalarining ishlash muddati parametrlari σ q1500 soat, t q6000 soat bo`lgan me`yorida taqsimlanish qonuniga bo`ysunadi.  $t$  q 2500 soat bo`lgan hol uchun $f(t)$, $p(t)$, $q(t)$, $\lambda(t)$ miqdoriy xususiyatlarni aniqlang.

Echish:

$$f(t) = \frac{1}{1500\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(2500-6000)^2}{2 \cdot 1500^2}} = 0,17 \cdot 10^{-4};$$

$$F(t) = F_0\left(\frac{t-\bar{t}}{\sigma}\right) = F_0\left(\frac{2500-6000}{1500}\right) = F_0(-2,33),$$

$$q(t)q1-F_0(2,33)q1- 0,99q0,01;$$

$$p(2500)q1-q(2500)q0,99;$$

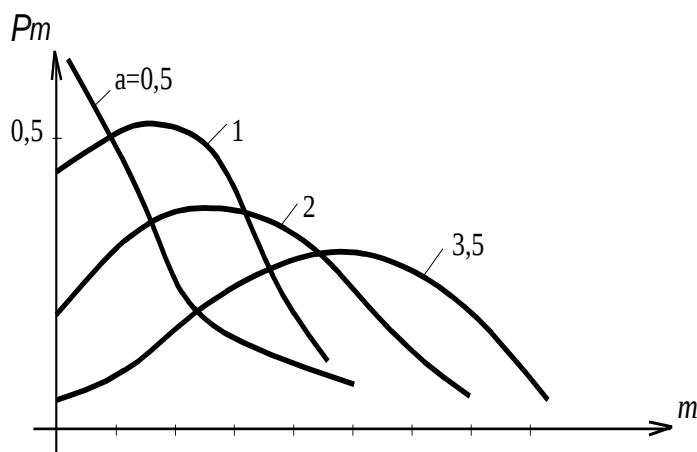
$$\lambda(t)qf(t) G' p(t)q 0,17 \cdot 10^{-4}G' 0,99q0,1717 \cdot 10^{-4}.$$

Puasson qonuni.

Agar aniq m qiymatlarida tasodifiy kattalik chastotalarining ehtimoli ushbu tenglama bilan ifodalansa:

$$P_m = \frac{a^m}{m!} \cdot e^{-a},$$

u holda bu kattalik Puasson qonuni bo'yicha taqsimlanadi. Bu yerda: P_m -tasodifiy kattalik bo'lib, u musbat qiymatlarni (nolni ham) olishi mumkin; a - Puasson qonuni parametri deb ataluvchi qandaydir musbat kattalik.

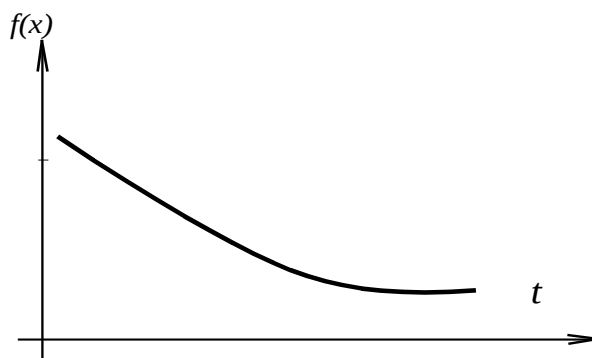


7-rasm. “ a ” parametrning turli qiymatlarda Puasson qonuni uchun tasodifiy kattalikning taqsimlanishi.

Puasson qonuni bo'yicha taqsimlangan tasodifiy kattalikni matematik kutilma va dispersiyasi a parametrغا teng, ya'ni $Mq = a$; $Dq = a$ (5-rasm).

Agar Puasson qonuni tenglamasida $m \rightarrow 0$ va $a = \lambda t$ deb qabul qilingan bo'lsa, u holda taqsimlanishning eksponentsial tenglamasini hosil qilamiz. Bu tenglama taqsimlanish Puasson qonuni ta'sirining xususiy holi bo'ladi:

$$f(t) = e^{-\lambda t}; \quad \sigma = \sqrt{a}.$$



8-rasm. Tasodifiy kattalikning eksponentsial taqsimlanish qonuni ehtimolliklar zichligi.

Taqsimlanishning eksponentsial qonuni.

Agar $t > 0$ bo'lganda ehtimollikning taqsimlanish qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'lsa, tasodifiy kattalik eksponentsial qonun bo'yicha taqsimlanadi:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}, \quad p(t) = 1 - q(t) = e^{-\lambda t}$$

bu yerda λ - o'zgarmas kattalik (koeffitsient).

e^{-t} ning qiymati ilovadagi 2 - jadvalda keltirilgan. Tasodifiy kattalik o'rtacha kvadratik chetlanishining matematik kutilmasi ushbuga teng:

$t_0 = 1/\lambda$ q σ .

Taqsimlanishning Veybul - Gnedenko qonuni.

Agar tasodifiy kattalikning taqsimlanishi Veybul - Gnedenko qonuniga bo'ysunsa, u holda bunday taqsimlanishning ehtimolliklar zichligi funktsiyasi:

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b},$$

bu yerda: a va b - Veybul - Gnedenkoning taqsimlanish parametrlari bo'lib, ular tajribalar o'tkazish jarayonida olingan ma'lumotlar asosida aniqlanadi.

Taqsimlanish parametrlarini aniqlashning quyidagi bir qancha usullari bor: variatsiya koeffitsientining muayyan qiymatida jadval bo'yicha aniqlash usuli; haqiqatga eng yuqori darajada yaqinlik usuli; grafoanalitik usul; momentlar usuli.

Misol. Dizel motorining resursi 2 - jadvaldagi statistik qator ko'rinishida berilgan. Taqsimlanish parametrlari va variatsiya koeffitsienti aniqlansin.

12 – jadval. Dizel motorining resursi

Oraliqni o'rtacha qiymati t_i , soat	1750	2250	2750	3250	3750	4250	4750	5250	5750	6250	6750
Takrorla- nuvchanlik chastotasi, m_i	2	11	13	19	8	3	3	3	1	1	1

Echish. Dizel motorlari resursining matematik kutilmasini topamiz:

$$t_0 = Q_{0.999} \Delta t \cdot a_1 \approx 3340 \text{ soat};$$

bu yerda: $t_0 \approx 1250$ soat; $\Delta t \approx 500$ soat:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^k m_i t'_i}{\sum_{i=1}^k m_i} = 4,18; \quad t'_i = \frac{t_i - t_0}{\Delta t}$$

o'rtacha kvadratik chetlanishni aniqlaymiz:

$$\sigma = \Delta t \sqrt{(a_2 - a_1)^2} = 1040;$$

$$\text{bu yerda: } a_2 = \frac{\sum_{i=1}^k m_i (t'_i)^2}{K} = 21,78;$$

Variatsiya koeffitsienti $v_{q\sigma G'}$ 1040G'3340q0,311 ga teng bo'ladi. Jadvallashtirilgan qiymatlarga ko'ra, $v_{q0,311}$ bo'lganda (ilovadagi 3-jadval) $b_{q3,57}$; $c_{bq0,28}$, u holda $a_{q\sigma G'}$ s_{bq3714} .

Taqsimlanishning Veybul - Gnedenko qonuni amal qilganda puxtalikning asosiy xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni ushbu tenglamalar orqali ifodalash mumkin:

$$q(t) = \int_0^t f(t)dt = 1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b},$$

$$P(t) = e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}.$$

Mazkur holda ishlay qolishlar jadalligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}$$

Ishlay qolgunga qadar ishlash muddatining o'rtacha miqdorini ushbu ko'rinishda yozish mumkin:

$$t_{yp} = \frac{\sigma}{v}.$$

Relleyning taqsimlanish qonuni.

$v=0,52$ va b_{q2} bo'lganda Relley qonuni amal qiladi. Bu holda ishlay qolishlarning yuzaga kelish paytlarini taqsimlanishida ehtimollik zichligi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$f(t) = \frac{t}{\sigma^2} e^{-\left(\frac{t^2}{2\sigma^2}\right)}.$$

Relleyning taqsimlanish qonuni eskirganligi yaqqol bilinib turadigan detallarning chidamliligini aniqlashda qo'llaniladi.

Puxtalikning asosiy miqdoriy xususiyatlari orasidagi bog'liqlikni Relleyning taqsimlanish qonuniga ko'ra quyidagicha ifodalash mumkin:

$$P(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}};$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)} = \frac{t}{\sigma^2};$$

$$t_{or} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2s^2}} dt = \sqrt{\frac{p}{2}} s.$$

Nazorat savollari

1. Eyilish natijasida ishlamay qolishning sabablarini aytib bering.
2. Transport vositalarining qaysi agregat va detallarida yeyilish yeyilish ko'p uchraydi?
3. Abrziv ta'sirida yeyilish qanday sodir bo'ladi?
4. Paxta ekiladigan maydonlarda mashinalarning ishlash sharoiti nimasi bilan ajralib turadi?
5. Traktor va avtomobil detallarida yeyilishning qanday turlari uchraydi?
6. Toliqib yeyilish qay tarzda ro'y beradi?
7. qaysi materiallar eskirishga moyilroq bo'ladi?
8. Eyilishdan boshqa qanday jarayonlar mashinani ishlamay qolishga olib keladi?
9. Puxtalik nazariyasida qanday masalalar ko'rildi.
10. Mashinaning puxtalik ko'rsatkichlariga ta'rif bering.
11. Nuqson bilan ishlamay qolish o'rtasidagi farqni tushuntiring.
12. To'satdan va asta-sekin ishlamay qolishlarning sababi nimalarda?
13. Buzilmasdan ishlashning miqdoriy xususiyatlari qaysi ko'rsatkichlar bilan ifodalanadi?
14. Ishlamay qolish jadalligi deganda nimani tushunasiz?
15. Ishlamay qolish jadalligining vaqtga bog'liqligini yozib bering.
16. Texnik tayyorlik va foydalanish koeffitsientlarining ma'nosi nima?
17. Asta sekin ishlamay qolishga misol keltiring.
18. Mashina hayotidagi qanday uchta davrni bilasiz?
19. Ishlamay qolishlarni o'rganish uchun nega ehtimolliklar nazariyasidan foydalaniladi?
20. Mashinaning ko'pga chidamliligini qanday ko'rsatkichlari mavjud?
21. Taqsimlanish qonunlarining parametrlarini sanab bering.

7-MA`RUZA

Mashinani fizik va ximyaviy yemirish jarayonlari va puxtaligini oshirish

Reja

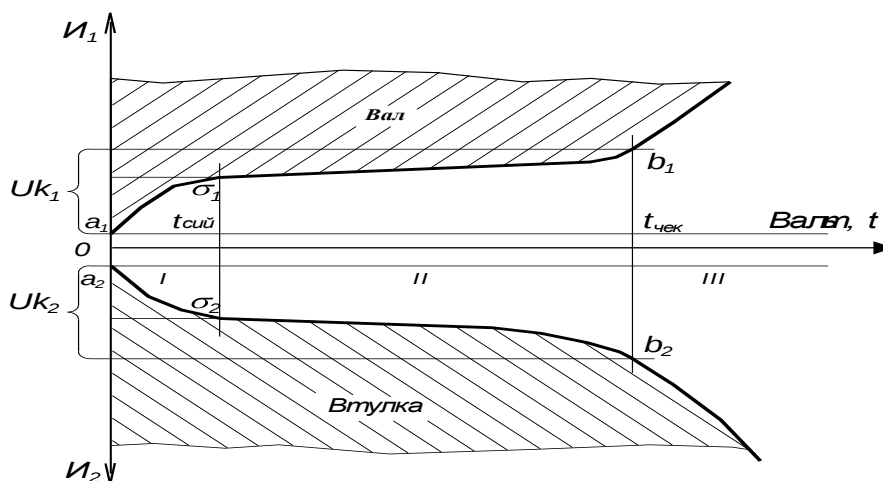
1. Materiallarning yeyilishi, toliqishi va eskirishi.
2. yeyilishni xisoblash usullari
3. yeyilishni energetik nazariyasi
4. Suyuqli ishqalanish tartibida yeyilishni hisoblash

Materiallarning yeyilishi, toliqishi va eskirishi.

Mashinalar ishlayotganda tutash detallar o`rtasida ruxsat etilmagan kattalikdagi tirqishlar paydo bo`lib, ular mashinalarning me`yorida ishlashini buzadi. Bunday hodisaning asosiy sababi tutash detallarning yeyilishidir.

Eyilish tezligi deganda yeyilish kattaligining shu yeyilish uchun ketgan vaqtga nisbati tushuniladi. *yeyilish jadalligi* deb, yeyilish kattaligining shu yeyilish sodir bo`lgan yo`lga yoki bajarilgan ish hajmiga nisbatiga aytiladi.

Aksariyat ishqalanuvchi sirtlar uchun yeyilishning vaqtga namunali bog`liqligi 1- rasmda keltirilgan ko`rinishga ega bo`ladi. Bu rasmdagi chiziqning I qismi siyqalanishga, II qismi - me`yorida yeyilish davriga, III qismi esa falokatli yeyilish davriga mos keladi. t_{chek} nuqta chekli (eng katta) yeyilishga to`g`ri keladi, undan ortiq yeyilgan detalni ishlatish maqsadga muvofiq bo`lmaydi. 1- rasmdagi qolgan belgilashlar quyidagilarni anglatadi:  $a_1 0$  - val o`lchamining nominal o`lchamdan farqi;  $a_2 0$  - teshik o`lchamining nominal o`lchamdan farqi;  $a_1 a_2$  - boshlang`ich tirqish; $0 t_{\text{siy}}$ - siyqalanish vaqti; $\sigma_1 \sigma_2$ - siyqalanishdan keyingi tirqish; $t_{\text{siy}} t_{\text{chek}}$ - me`yorida ishlash vaqti;  $b_1 b_2$  - chekli tirqish bo`lib tirqish, bundan kattalashganda birikma ishlay olmaydi; U_{k1}, U_{k2} - val va vtulkaning chekli yeyilishi.



9-rasm. Val-vtulka birikmasi tirqishining vaqtga bog'liq o'zgarishi.

Birikmaning bundan keyin foydalanib bo'lmaydigan darajada yeyilishi **chekli yeyilish** deyiladi. yeyilish tezligi va chekli yeyilish qiymati ma'lum bo'lsa, mazkur birikma chekli darajada yeyilgunga qadar qancha vaqt ishlashini hisoblab topish mumkin bo'ladi.

Eyilish - ishqalanishda detal o'lchamlarining tobora o'zgarib borishi jarayoni bo'lib, u materialning sirtqi qatlami ajralib ko'chishi va qoldiq deformatsiyasida namoyon bo'ladi.

eyilish turlarini quyidagicha tasniflash qabul qilingan:

1. Mexanik yeyilish.
2. Molekulyar - mexanik yeyilish.
3. Zanglab - mexanik yeyilish (bu turga fretting hodisasi tufayli yeyilish ham kiradi).
4. Abrziv ta'sirida yeyilish (bu turga gidroabraziv va gaz - abraziv ta'sirida yeyilish ham kiradi).
5. Toliqib yeyilish.
6. Erozion yeyilish.
7. Kavitatsion yeyilish.
8. Qadalib yeyilish.
9. Oksidlanish natijasida yeyilish.

Shuni aytib o'tish kerakki, muayyan ish sharoitlarida yeyilish jarayoniga ta'sir qiluvchi tashqi omillarning o'zgarishi yeyilish turining ham o'zgarishga olib kelishi mumkin. yeyilishning har xil turlarini o'rganish va ularning sodir bo'lish qonuniyatlarini aniqlash mashinalar puxtaligini oshirishga yordam beradi.

Toliqib yeyilish. Toliqib yeyilish nazariyasiga ko'ra, yeyilish jarayoni tutashuvchi sirtlar ko'p marta deformatsiyalanishi natijasida ulardagi mikronotekisliklarning asta - sekin parchinlanishi va toliqib yemirilishidan iboratdir.

Atrof - muhitning adsorbtsion - kimyoviy ta'sir ko'rsatishi bu jarayonni jadallashtiradi, sirtqi qatlamdagi materialning plastik deformatsiyalanishi va keyin mo'rtlashishi natijasida yemirilish osonlashadi.

Materialning yemirilishigacha bo'lgan tsikllar soni n friktsion bog'lanishning buzilish turiga bog'liq bo'ladi. Masalan, mikroqirqilish bo'lganda materialning ajralishi bir karra ta'sirda ($n \approx 1$) ro'y beradi, plastik urinishda - materialning yemirilishi ko'p karra ta'sirda ($1 < n < 10^6$), elastik urinishda esa juda ko'p sonli urinishda ($n \rightarrow \infty$) ro'y beradi.

Abrziv ta'sirida yeyilish. O'rta Osiyoda mashinalar havoda chang ko'p bo'lgan sharoitda ishlaydi. Shu sababli mashina detallarining taxminan 80 foizi abraziv ta'siridagi yeyilish natijasida ishdan chiqadi.

Mineral abraziv zarralar, qasmoq, tutash materiallardan birining yeyilishi natijasida paydo bo'lgan parchinlangan metall mahsulotlar yoki uning tarkibiy qismlari yeyiltiruvchi zarralar bo'lishi mumkin. Ular turli shakllarda yoki ularning

qirralari va yoqlari yeyiladigan sirtga nisbatan turli tomonlarga qaragan bo'lishi mumkin. Shuning uchun bu qirra va yoqlarning hammasi ham materialning sirtqi qatlamini qirqish va yo'nishda qatnashavermaydi, ularning bir qismi zarra va materialning qattiqliklari nisbatiga, shuningdek zarra o'lchamlari bilan tutashmadagi tirqishning o'lchamlari orasidagi nisbatga qarab materialni elastik yoki plastik deformatsiyalashi mumkin. Abraziv ta'sirida yeyilish mexanizmi yeyilayotgan sirtida yo yupqa qirindi ko'rinishida yoki sindirilgan material tarzida, yoxud dispers bo'laklar ko'rinishida qatlam ajralib chiqishidan iborat.

Gidroabraziv va gaz - abraziv yeyilish jarayoni abraziv zarralarning ta'sir qilish burchagiga bog'liq. Gaz - abraziv ta'sirida yeyilish changsimon yonilg'ida ishlovchi qozonlarda, pnevmatik tashish qurilmalarida va shu kabilarida kuzatiladi. Gidroabraziv yeyilishga yonilg'i va gidravlika tizimlari, turli quvurli o'tkazgichlar, nasoslarning, taqsimlagichlarning detallari duchor bo'ladi.

Abraziv qatlamga ishqalanishdagi yeyilish juda keng tarqalgan bo'lib, to'qimachilik va paxta tozalash mashinalari, qishloq xo'jalik mashinalari va traktorlarning, yo'l, tog'-kon, qurilish hamda tashish mashinalarining deyarli hamma ishqalanuvchi qismlarida uchraydi. Bunday yeyilishga tutash detallar orasiga kirib qolgan erkin abraziv zarralar sabab bo'ladi.

Abraziv qatlamga ishqalanishdagi yeyilish:

a) bir sirtga qadalib qolgan abraziv zarralar ta'sirida boshqa sirtning tirnalishi natijasida;

b) sirtlar orasida abraziv zarralar harakatlanishi natijasida sodir bo'ladi, keyingi holda sirtlarda yuza o'yiqlari paydo bo'ladi.

Agar ishqalanuvchi sirtlar orasida ko'p miqdorda abraziv zarralar bo'lsa, ularning bir qismi materialni qirqadi (tirnaydi), boshqa qismi esa uni o'yadi. Zarralarning talaygina qismi sirtida xech qanday iz qoldirmasdan harakatlanadi, abrazivlarning bir qismi maydalanadi. Zarralarning maydalanish jarayoni yeyilish jadalligiga juda katta ta'sir ko'rsatadi. Abraziv zarra maydalanishi yoki yumshoq material «ichiga botib ketishi» tufayli ularning faolligi pasayishi mumkin.

Oksidlanish natijasida yeyilish. Moylash materiallari tarkibida hamisha ma'lum miqdorda erigan va erimagan kislorod bo'ladi. Ishqalanish chog'ida muhitning faol tarkibiy qismlari bilan detalning sirtqi qatlamlari materiallari o'rtasida kimyoviy reaksiyalarning kechishi uchun qulay sharoit yuzaga keladi. Mavjud bo'lgan elastik va plastik deformatsiyalar ushbu reaksiyalarning kechishini tezlashtiradi. Detal sirtida asosiy material bilan mustahkam birikmagan oksid pardalari paydo bo'ladi. Sirpanish paytida bu pardalar sirtidan ajraladi. Ko'p marta takrorlanadigan bu jarayon oksidlanish natijasida yeyilish deb ataladi va detal o'lchamlarining o'zgarishiga olib keladi.

Ma'lumki, ishqalanish va yeyilish jarayonlari natijasida materiallarning juda yupqa sirtqi qatlamlarida murakkab hodisalar ro'y beradi. Detal sirtining sifati sirtning g'adir-budirligi, sirtqi qatlamning fizik-mexanik holati, mikrostrukturasi va hokazolar bilan aniqlanadi.

Oksid pardalarining vazifasi yuvenil (yalang'och) sirtlar o'zaro uringanda muqarrar ravishda sodir bo'ladigan, yopishib qolish hodisasining oldini olishdan

iborat. Biroq, oksid pardalari faqat yeyilishdan himoyalabgina qolmasdan, balki ular ana shu yeyilishni keltirib chiqaruvchi omil bo'lishi ham mumkin. Buni shunday tushuntirish mumkin: ko'pgina metallarning oksidlari juda qattiq bo'ladi, shu sababli ko'p hollarda ular ishqalanuvchi sirtlardan osongina ko'chib chiqadi. Ajralgan oksid zarralari abraziv ta'sirga ega bo'ladi va yeyilishni yuzaga keltirishi mumkin. Abraziv muhit mavjud bo'lgan sharoitda esa metalning ayrim joylarida zo'riqish juda kuchayib ketishi oqibatida sirtning oksidlanishi va yemirilishi jadallashadi.

Eyilish jadalligiga detallar sirtining **g'adir - budurligi** katta ta'sir ko'rsatadi. Bu ta'sir siyqalanish davrida ayniqsa kuchli bo'ladi. Shu bois detallar sirtining eng maqbul, ya'ni ishqalanuvchi juftlikning eng kam yeyilishini ta'minlaydigan g'adir - budurligini tanlash katta ahamiyat kasb etadi. Agar detallarni tayyorlash jarayonida g'adir - budirlikning mazkur ishqalanish sharoiti uchun eng maqbul balandligini hosil qilishga erishilsa, u holda yeyilish jarayonida u o'zgarmaydi va detalning siyqalanish vaqti va yeyilishi eng kam bo'ladi.

Mashinalarning puxtaligiga, yeyilishdan tashqari, boshqa qator omillar ham ta'sir ko'rsatadi. Bu omillarga birinchi navbatda materiallarning toliqishini, plastik deformatsiyalanishini, egiluvchanligini yo'qotishini, magnitlanishini, tosh (nakip) va so'xta hosil bo'lishini, elektr - mexanik va elektr - erozion shikastlanishini, kavitatsiya hodisasini kiritish kerak.

Materialning toliqishi. Mashina ishlayotgan vaqtda undagi qism va agregatlarning ko'plab detallari ishorasi o'zgaruvchan yuklanishlarga duchor bo'ladi. Materiallarning toliqishi deganda, kattaligi yoki ishorasi jihatdan o'zgaruvchan yuklanishlar ko'p marta ta'sir qilishi natijasida metalda darzlar paydo bo'lishi va uni asta-sekin kattalashib borishi tushuniladi. Yuklanishlar ta'sirida paydo bo'luvchi zo'riqish garchi materialning mustahkamlik chegarasidan oshmasa ham, uni asta - sekin yemirilishga olib keladi.

Materiallarning toliqib yemirilishga qarshilik ko'rsatish xususiyati ularning toliqish mustahkamligi deb ataladi. Toliqish chegarasi detal sirtining sifatiga hamda foydalanish omillari: detal sirtining zanglashi, yeyilishi, mexanik shikastlanishiga bog'liq. Bu omillar zo'riqishning kuchayishiga olib keladi.

Plastik deformatsiyalar. Ish jarayonida detallarning bir qismiga ancha yuqori harorat va katta kuchlar ta'sir etadi, natijada ularning ayrim joylarida materialning elastiklik chegarasidan yuqori bo'lgan zo'riqish ro'y beradi va plastik deformatsiyalanish sodir bo'ladi. Bunda ba'zi detallar (ressora prujinalari va hokazo) o'zining geometrik o'lchamlari va shaklini o'zgartirmagan holda egiluvchanlik xossalarini yo'qotadi.

Magnitlanganlikning yo'qolishi. Qizish, urilish natijasida va elektromagnit maydonlar ta'sir etishi oqibatida uskunalarining detallari (generatorlar, rotorlar, magneto va hokazo) geometrik o'lchamlarini saqlab qoladi, ammo magnitlanish xossalarini yo'qotish tufayli ishlash qobiliyatidan mahrum bo'ladi.

Tosh hosil bo'lishi. Tarkibida magniy va kaltsiy tuzlari bo'lgan suvdan foydalanilganda sovitish tizimi detallarining devorlarida tosh hosil bo'ladi. Bu tosh suvda kam eriydigan tuzlar va har xil mexanik aralashmalardan iborat bo'ladi. Tosh

qatlami issiqlikni yomon o'tkazadi va detallarning sovushini keskin yomonlashtiradi, bu esa ularning ishlash qobiliyati yo'qolishiga olib keladi.

So'xta. So'xta detallar sirtiga kuchli qizigan gazlar hamda yonilg'i va moyning yonish mahsulotlari ta'sir etishi natijasida yuzaga keladi. So'xta issiqlik uzatilish jarayoni me'yorida kechishini buzadi, buning natijasida esa ko'p hollarda detallar haddan tashqari qizib ketadi, ba'zi hollarda ular sirtidan darz ketadi.

Zanglash (korroziya). To'qimachilik va ayniqsa kimyoviy pardoqlash mashinalari zanglashga eng ko'p duchor bo'ladi. Kimyoviy zanglashga metallarga quruq gazlar ta'siri etishi oqibatida paydo bo'ladigan shikastlanishlar kiradi. Elektr - kimyoviy zanglash elektroliz hodisasi ta'sirida ro'y beradi.

Eskirish. Materiallarning mexanik xossalari ularning eskirishi natijasida yomonlashadi. Buyumlarning eskirishi atrof - muhit (havo kislorodi, past harorat, yorug'lik) hamda ishlatish sharoiti (haroratning, namlikning o'zgarishi, abrazivlar va hokazo) ta'sirida ularning fizik - kimyoviy xossalari o'zgarishidan iborat. Materialning eskirishi oqibatida metalmas materiallardan yasalgan detallarda darzlar paydo bo'ladi, ularning elastikligi va mustahkamligi pasayadi.

Kavitatsiya. Kavitatsion yemirilishlar suyuqlikli sovutish tizimiga ega bo'lgan

motorlardagi tsilindrlar gilzasining sirtida nuqtalar tarzidagi uvalanish

ko'rinishida, gidravlik tizim agregatlari detallarida kuzatiladi. Kavitatsiya

natijasida suyuqlikning bosimi keskin o'zgarishi evaziga bug', gaz yoki havo

bilan to'lgan pufakchalar paydo bo'ladi. Bu pufakchalar ichidagi bosim bug'

bosimiga mos keladi. Pufakchalar birlashib, yorilganda yaqin atrofdagi sirtlarni

shikastlay oladigan darajada kuchli harorat va bosim yuzaga keladi.

Eyilishni hisoblash usullari.

Amaliyotning ko'rsatishicha, mashinalardagi chidamsiz qismlarni asosan tez yeyiluvchi detallar tashkil etar ekan. Mashinalarning ishlash qobiliyati ularning yeyilishiga bog'liq bo'lgan alohida detal va tutashmalarni hamma agregatlarida ham ko'rsatish mumkin.

Eyilishga hisoblashning muhandislik usullarida ishqalanuvchi juftliklarning fizik-mexanik xususiyatlarini, ishqalanuvchi qismlarning ish tartibotlarini (yuklanish, tezlik), ishqalanishning tashqi sharoitini (atrof muhit, surkov moyi) va friksion tutashmaning tuzilish xususiyatlarini hisobga olish mumkin bo'ladi.

Shu munosabat bilan eng maqbul konstruktorlik yechimlarini topish uchun hisoblash usullarini qo'llash yuqori darajada puxta mashinalar yaratishni ancha osonlashtiradi. Mazkur usullar yordamida detallarning yeyilish tezligi eng kichik bo'lishini ta'minlaydigan eng maqbul konstruktiv ko'rsatkichlarini tanlash va asoslab berish, detallarning chekli yeyilishlarini belgilash, bir nechta yeyiluvchi sirtlari bo'lgan detallar yoki qismlarning chidamliligi bir xilda bo'lishini ta'minlash, yeyilishga chidamli materiallarni va mustahkamlash usullarini tanlash, materiallarning fizik-mexanik xossalariga nisbatan qo'yiladigan talablarni asoslab berish, bir necha xil konstruktiv ijro variantidagi detal (qism)larning resurslarini

qiyosiy baholash, stendlarda va ishlatib o'tkaziladigan qisqa muddatli sinovlar natijalari asosida detallarning resursini oldindan aniqlash mumkin.

Hozirgi vaqtda yeyilishni hisoblashning bir necha usuli mavjud. Ishqalanuvchi qismlarning yeyilishini aniqlash usullari tajribaviy, nazariy va aralash bo'lishi mumkin.

Tajriba usullari odatda empirik bog'liqliklar ko'rinishida ifodalanadi va keyin ulardan ob'ektning holatini oldindan aniqlash uchun foydalaniladi.

Ikkita tutash sirtlar ishqalanganda ularning ikkalasi ham bir vaqtda yeyiladi. Bu hol detallarning o'zaro joylashuvi buzilishiga olib keladi. harakatlanuvchi birikmalarni yeyilishga hisoblashni A.S.Pronikov ishlab chiqan usuli tegish joyidagi bosimning yeyilish natijasida qayta taqsimlanishini e'tiborga oladi.

Ishqalanuvchi qismlarning loyihalash bosqichida resursi va ishlash qobiliyatini baholash yeyilishning hisoblab topilgan qiymatlariga asoslanadi. Shuning uchun loyihachi sirt bo'ylab yeyilishning qanday taqsimlanishini bilishi kerak. Sirtning notekis yeyilishi (eyilish topografiyasi yoki epyurasi) ko'rsatkichlarini hisoblashga nisbatan qo'yiladigan talablarni qanoatlantirish uchun, yeyilishni o'zgaruvchi argument funktsiyasi ko'rinishida qarash tavsiya etiladi. yeyilish funktsiyasining argumenti sifatida yeyiladigan sirtning geometrik o'lchamlarini olish mumkin.

Odatda, hisoblashning ma'lum bo'lgan usullarida detallarning yeyilish qiymatlarini butun ishqalanuvchi sirt bo'yicha o'rtacha qiymat sifatida hisoblab topiladi. yeyilishning sirt bo'yicha taqsimlanishini (eyilish notekisligini) aniqlash uchun qo'yilgan yuklanishning xususiyatlari va uning sirt bo'ylab taqsimlanishi haqidagi ma'lumotlarga ega bo'lish kerak.

Materiallar yeyilishining umumiy ko'rinishdagi qonuni yeyilish yoki yeyilish tezligining ko'p sonli omillarga bog'liqligini analitik shaklda ifodalashi va bu barcha qonuniyatlarni vaqt bo'yicha tavsiflash lozim. Tabiiyki, bunday bog'liqliklarni olish nihoyatda murakkab masala bo'lib, hozirgi vaqtda u vujudga kelish bosqichidadir. Umumiyroq qonuniyatlarni olish maqsadga muvofiq bo'lsa-da, yeyilish sharoitlarining ma'lum qisminigina qamraydigan va analitik shaklda ifodalangan bog'liqliklar ham buyumlarni hisoblash va puxtaligini oldindan aniqlash masalalarini hal qilish imkoniyatini beradi.

Mashinalarni loyihalash, maromiga yetkazish va tayyorlashning tarkib topgan an'anaviy amaliyotini, ya'ni mashinalarni yaratishdagi ixtirochi g'g'oyasining tayyor mashinaga aylangunga qadar o'tadigan hamma bosqichlarni quyidagi izchillikda ifodalash mumkin.

Konstruktsiya, qism, mexanizmning sxemasini ishlab chiqish.

Kinematik hisoblash.

Materiallarning mustahkamligini hisoblash, ularni tanlash va asoslash.

Tajriba namunasini tayyorlash va uni sinash.

Tajriba nusxalarini tayyorlash va tuzilishini maromiga yetkazish.

Ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish.

Mashinalarni seriyalab ishlab chiqarish.

Muayyan ishlab chiqarish sharoitida, qismlar, detallar puxtaligiga doir to'plangan ma'lumotlar asosida, mashinaning tuzilishini va ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish.

Mashinaning tuzilishini, uni tayyorlash texnologiyasini zamonaviylashtirish yoki ishlab chiqarishni to'xtatish.

Loyihalash chog'ida detallar materialini tanlash mashinaning puxta ishlashini belgilovchi asosiy ishdir. Mashina qismlari uchun materiallarni tanlash hozirgi vaqtda mustahkamlikni ta'minlash asosida amalga oshiriladi. Ishqalanuvchi qism va tutashmalarining tribotexnik ko'rsatkichlarini belgilash ko'p hollarda mavjud ishlatish tajribasi va loyihachining tajribasiga bog'liq.

Eyilishni hisoblash faqat yeyilish qiymatini qayd qilish uchun emas, balki yo ish sharoiti va tartibotlarining, yoki materialning muayyan jarayon uchun o'rinli ekanligi to'g'risida biror fikrga kelish uchun amalga oshiriladi. Agar hisoblash orqali ishqalanuvchi qismning resursi yetarli emasligi aniqlansa, u holda moyni tozalash (filtrlash) tizimining zichligini yaxshilash (tashqi muhitdan ajratish) yoki uning samaradorligini oshirish yo'li bilan ish sharoiti yaxshilanadi. Agar bu usullar kutilgan natijani bermasa, u holda ishqalanuvchi sirtning materiali almashtiriladi yoki texnologiya yo'llari bilan mustahkamlanadi.

Abraziv yeyilishni hisoblash.

Abraziv zarralar miqdorini aniqlash. Muayyan ishqalanuvchi qismlar uchun moy sarfi odatda ma'lum bo'ladi. Surkov moyidagi abraziv zarrachalarning o'rtacha miqdori ma'lum bo'lsa, vaqt birligi ichida tirqishdan o'tuvchi abraziv zarralar og'irligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$G_{a6} = \frac{\varepsilon_{yp}}{100} Q \rho_a$$

Abrazivning ana shu og'irligiga mos keluvchi hajmi ushbu formuladan topiladi:

$$V_{a6} = \frac{G_{a6}}{\rho_a} = \frac{\varepsilon_{yp} Q \rho_m}{100 \rho_a}, m^3$$

bu yerda: ε_{or} - abrazivning moydagi konsentratsiyasi, % og'irlik bo'yicha; ρ_m , ρ_a - moy va abraziv zichligi, kgG'm³; Q - moy sarfi, m³.

Abraziv zarralarning shakli dumaloq bo'lganda bitta zarraning hajmini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$V_i = \frac{1}{6} \pi d_{yp}^3$$

U holda qism bir soat ishlaganda tirqish orqali o'tadigan va yeyilishda qatnashadigan zarralarning umumiy miqdori quyidagicha bo'ladi:

$$n' = \frac{k_1 k_2 V_{a6}}{V_i} = \varepsilon_{yp} Q \frac{\rho_m}{\pi \rho_a d_{yp}^3} 6 \cdot 10^{16}$$

bu yerda: k_1 - o'lchamlari tutashmadagi tirqishning kattaligi bilan o'lchamdosh bo'lgan zarralar miqdorini hisobga oluvchi koeffitsient; k_2 - moy tarkibida qattiqligi

ishqalanuvchi sirtlar materiallarining qattiqligidan ziyodroq bo'lgan kvarts va boshqa zarralar borligini e'tiborga oluvchi koeffitsient.

Endi abraziv zarralarning o'rtacha diametrini aniqlaymiz. Tirqishga kiruvchi abraziv zarralar ishqalanuvchi sirtlar bilan o'zaro ta'sirlashar ekan, ularni faqat yeyilishga olib kelmasdan, balki o'zlari ham maydalanishi mumkin. Bunda maydalanish mahsullarining dispers tarkibi, foydalanilgan maydalash usulidan qat'iy nazar, me'yorida logarifmik taqsimlanish qonuniga bo'ysunadi.

Tirqishning kattaligi o'zgarmas bo'lganda, sirtning g'adir-budirlik qiymatini aniqlagach, ishqalanuvchi sirtlar bilan kuch orqali o'zaro ta'sirlashuvchi abraziv zarraning eng katta o'lchamini topish mumkin. Tirqishga uning kattaligi bilan o'lchamdosh bo'lgan abraziv zarralar kirgani uchun 12-rasmda $d_{a\max} \text{ q } d_{\max}$ bo'ladi.

$$d_{a\max} \text{ q } \Delta_{\max} Q(R_{a1} Q R_{a2}),$$

bu yerda: $\Delta_{\max}$ - tirqishning kattaligi, mkm; R_{a1} , R_{a2} - sirtlar profilining o'rtacha arifmetik chetlashuvi, mkm.

Bu o'lcham moylash tizimi filtrining tozalash mayinligi bilan taqoslanishi va kerak bo'lsa tenglashtirishi zarur. Ishqalanuvchi sirtlar bilan kuch orqali o'zaro ta'sirlashuvchi abraziv zarraning eng kichik o'lchami quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$d_{a\min} \text{ q } \Delta_{\min} (R_{a1} Q R_{a2})$$

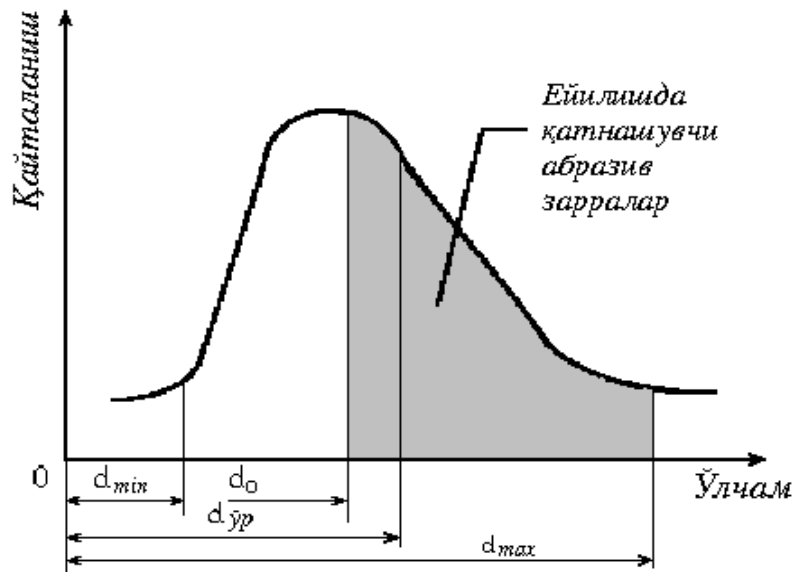
Tirqishning o'lchami o'zgaruvchan bo'lganda $d_{a\min}$ va $d_{a\max}$ uchun mos ravishda tirqishning eng katta va eng kichik o'lchamlari olinadi.

Nazariy tadqiqotlar natijalariga ko'ra zarralarning $x \text{ q } \ln d$ o'lchamlari $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ oraliqda ham me'yorida taqsimlangan bo'ladi. U holda o'lchamlari tutashmadagi tirqishning kattaligi bilan o'lchamdosh bo'lgan zarralar miqdorini hisobga oluvchi k_1 koeffitsient 12-rasmdagi shtrixlangan qism yuzasining taqsimlanish egri chizig'i ostidagi umumiy yuzaga nisbatidan topiladi:

$$k_1 = \frac{\int_{\ln d_{a\min}}^{\ln d_{a\max}} f(x) dx}{\int_{\ln d_{\min}}^{\ln d_{\max}} f(x) dx},$$

bu yerda: $f(x)$ - me'yorida logarifmik taqsimlanish funktsiyasi.

Eyilishda qatnashuvchi abraziv zarralarning eng kichik o'lchamini 1 mkm ga teng deb olish mumkin. Undan kichik o'lchamli zarralar yeyilish jarayonida deyarli qatnashmaydi.



13-rasm. Abraziv zarralar o'lchamining taqsimlanishi.

Faol abraziv zarralar o'rtacha diametrining logarifmi (matematik kutilmasi) ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\ln d_{0.9} - Q(\ln d_{a \max} - \ln d_{a \min})G'2 \text{ yoki } d_{yp} = \sqrt{d_{a \min} \cdot d_{a \max}}$$

Agar ishqalanuvchi juftlikning geometrik o'lchamlari va uning nisbiy harakatlanish tezligi ma'lum bo'lsa, u holda bir vaqtda ishqalanuvchi yuzalar bilan o'zaro ta'sirlashuvchi abraziv zarralar miqdorini topish mumkin. Bitta zarraning tirqishdan o'tish vaqtini $t_{ql}G'v_a$ formuladan aniqlaymiz, bu yerda: l - ishqalanuvchi sirtning uzunligi; v_a - moy oqimidagi abraziv zarraning qo'zg'almas ishqalanuvchi sirtga nisbatan harakatlanish tezligi, mG's.

Shunday qilib, tirqishda bo'lgan va sirtlar bilan o'zaro ta'sirlashuvchi abraziv zarralar miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$n = \frac{n't}{3600} = \frac{6 \cdot 10^{16} \varepsilon \cdot Q \rho_a k_1 k_2 l}{\pi d_{yp}^3 v_a \rho_a}$$

Abraziv zarralar faolligining ularning maydalanishi evaziga o'zgarishi.

Agar abraziv zarra tirqishning kattaligi bilan o'lchamdosh bo'lsa va ikkala sirt bilan o'zaro ta'sirlashsa, u holda ishqalanuvchi sirtlardan biriga ta'sir etayotgan yuklanish u orqali ikkinchi yuzaga uzatiladi. Abraziv zarraga ta'sir etayotgan kuchlar kritik qiymatlarga yetganda va ana shu kuchlarning qiymati abraziv zarraning mustahkamlik chegarasidan oshib ketganda zarralar maydalana boshlaydi.

G.Ya.Yampolskiy va I.V.Kragelskiy sirtlarning yeyilishini zarralarning sirpanib dumalovchi jismlar juftligi (tishli uzatmalar) orasida maydalanishini e'tiborga olgan holda hisoblash usulini taklif etishdi. Mualliflar maydalanish sxemasini tarmoqlanuvchi tasodifiy jarayon deb qarab, abraziv zarra hajmining saqlanish shartidan ushbu munosabatni hosil qildilar:

$$R^3 = \sum_{r_i=S_{\min}}^{r_i=S_{\max}} C(r_i)r_i^3 + \sum_{r_i=S_{\min}}^{r_i=r_{\max}} C(r_i)r_i^3,$$

bu yerda: $C(r_i)$ - r_i radiusli zarralar miqdori; $r_{\max}$ - zarra maydalanishi natijasida yuzaga kelgan zarraning eng katta o'lchami.

Mazkur yig'indining birinchi hadi zarralarning o'lchamlari $S_{\min}$ dan kichik bo'lgan passiv qismini, ikkinchi hadi esa o'lchami $S_{\max}$ dan katta bo'lgan faol qismini hisobga oladi.

Eyilish jadalligini hisoblash. yeyilish tabiati to'g'risidagi zamonaviy tasavvurlarga muvofiq, ishqalanuvchi sirtlar orasidagi abraziv zarralar mikroqirindi qirqish yoki plastik va elastik sohalarida uzlukli deformatsiyalash yo'li bilan detalning sirtqi qatlami yemirilishiga sabab bo'lishi mumkin.

Abraziv zarraning sirtga botib kirishi uning nisbatan sirpanishi bilan kechadi. Ishqalanuvchi qismga tushgan N yuklanish barcha faol zarralar o'rtasida taqsimlanadi. Bunda har bir zarraga N kuchning bir qismi to'g'ri keladi. Bundan keyin bu kuchni N_a bilan belgilaymiz.

Yakka abraziv zarraga tik yuklanish tushganda u N_a kuch ta'sirida sirtga botib boradi. Bu hodisa to'urinish joyidagi zo'riqish materialning mustahkamligiga tenglashgunga qadar davom yetadi:

$$N_a \approx 2\pi R h_i p_r$$

bu yerda: $2\pi R h_i$ – urinish sirtining yuzi; p_r – urinish sirtidagi o'rtacha zo'riqish; R - abraziv zarraning radiusi.

fo'zg'almas urinish sirtining statik yuklanishi uchun zarraning botish chuqurligini tik yuklanishga bog'liqligi quyidagi ko'rinishga ega:

$$h_{CT} = \frac{N_a}{2\pi R p_r}$$

Statik masaladan dinamik masalaga o'tishda bosimning qayta taqsimlanishini hisobga olish zarur. Sirpanishni hisobga olsak:

$$h_k = 2h_{CT}\sqrt{1-f^2}.$$

f^2 ning kichikligini e'tiborga olib $\sqrt{1-f^2} \approx 1$ ga tenglashtirsak, ushbuga ega bo'lamiz:

$$h_k = \frac{N_a}{\pi R p_r}$$

Yu.A.Ishlinskiyning plastiklik nazariyasi bo'yicha

$$p_r \approx c\sigma_0,$$

bu yerda: σ_0 - materialning oquvchanlik chegarasi; s - indentor shaklining koeffitsienti bo'lib, u perpendikulyar yo'nalishlarda ta'sir etuvchi qo'shimcha zo'riqishlar tufayli urinish sirtining ko'tarish qobiliyati oshishini hisobga oladi.

Zarra va detalning o'zaro siljishi natijasida abraziv zarradan oldinda bo'lgan sirt materiali siqiladi, zarraning orqasidagi material esa cho'ziladi. Bu hol tangentsial

kuch ta'sir etishi oqibatida materialdagi zo'riqish holati o'zgarishiga olib keladi. Yuqorida aytilganlarni hisobga oladigan bo'lsak, ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$h_k q N_a G' \pi R c \sigma_0$$

Bu ifodadan detalning materiali plastik deformatsiyalanadigan hol uchun foydalanish tavsiya etiladi.

Gerts nazariyasiga ko'ra, elastik deformatsiyalar uchun qandaydir r radiusdagi p_r bosim va urinish sirtining haqiqiy radiusi " a " quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$p_r = \frac{3N_a}{2\pi d^2} \sqrt{1 - \left(\frac{r}{a}\right)^2},$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{3}{4} N_a R \frac{1 - \mu^2}{E}}$$

rq0 bo'lganda dog' markazidagi urinish bosimi ushbu ko'rinishga ega:

$$p_r = 0,918 \sqrt[3]{\frac{N_a E^2}{4R^2 (1 - \mu^2)}}.$$

N_a yuklanish ta'sirida urinish sirtida avval elastik deformatsiyalar paydo bo'ladi, keyin materialda plastik oqim boshlanadi.

I.V.Kragelskiy ta'kidlashicha, bir necha notekisliklarning bir vaqtda urinishining o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, yuklanish ortib borgani sari urinish sirtining o'rtacha diametri o'zgarishsiz qoladi, mavjud urinish dog'lari yuzining kattalashuvi esa uzluksiz ravishda kichikroq yuzali yangi urinish sirtlarining paydo bo'lishi bilan muvofiqlashadi. Hisoblarda o'rtacha urinish yuzasidan foydalanishning haqoniyligining bunday izohi abraziv ta'sirida yeyilish uchun ham o'rindir.

Yuklanish ortishi bilan urinish sirtining o'rtacha diametri o'zgarmaydi, kuch bilan o'zaro ta'sirlashuvchi abraziv zarralar soni esa ko'payadi. Bundan shunday xulosa chiqarish mumkin: hisoblashlarda urinish sirtining o'rtacha diametridan foydalanilganda yakuniy natijalarning aniqligi pasaymaydi.

Eyilishning energetik nazariyasi.

Deformatsiyalayotgan hajmda yig'ilgan ichki energiyaning zichligi chegaraviy (kritik) kattalikka yetgandagina metall jism buziladi. Bunda ichki energiyaning kritik zichligi (buzilishning termodinamik mezon) jarayon kechayotgan sharoitlarga bog'liq emas, u materialning fizikaviy konstantasi bo'lib hisoblanadi.

Ishqalanish yuzalari o'zaro ta'sir natijasida yeyiladi. yeyilish jarayoni ishqalanish qismi va atrof muhit o'rtasida energiya almashinishi bilan birga kechadi. Ishqalanish energiyasi qisman material tomonidan yutiladi va qisman atrof muhitga issiqlik oqimi ko'rinishida uzatiladi.

Materialning yashirin energiya zichligini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$E_m q y e_0 Q \Delta E,$$

bu yerda: ye_0 - material ichki energiyasining dastlabki zichligi; ΔE - ichki energii zichligining o'zgarishi, ya'ni materialning ushbu hajmiga tashqaridan qancha energiya kiritilgani.

Materialning energiyaga to'yingan hajmi yeyilgani uchun, $ye^* V_{eyl}$ ifoda yeyilishga sarflangan haqiqiy energiyani ko'rsatadi. U holda, yeyilish shartini bunday yozish mumkin:

$$E^* V_{eyl} \geq ye_m V_d,$$

bu yerda: ye^* - ichki energiyaning kritik zichligi; V_{eyl} - yeyilgan materialning (eyilish mahsulotlarining) hajmi; V_d - energiya o'zgarishlariga uchragan material hajmi.

qadimiy - budir yuzalarning ishqalanishdagi ta'sirlashuvi mexanikaviy modeliga asoslanib, elastik va plastik deformatsiyalarda qatnashuvchi material hajmini aniqlash tenglamalari olingan. Energiya o'zgarishlariga materialning deformatsiyalanuvchi hajmi duchor bo'ladi deb hisoblab, bu tenglamalarni hisob - kitoblarda ishlatish mumkin. Bundan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$V_{ейил} = \frac{(E_0 + \Delta E)V_d}{E^*}$$

Nuqsonlarga ega aniq materiallar deformatsiyalanganda, deformatsiyalanayotgan hajm tomonidan buzilguncha yutilayotgan solishtirma energiyaning yig'ilgan kattaligi faqat atomlararo bog'lanish kuchlariga bog'liq bo'lmay, balki metalda deformatsiyalanishgacha bo'lgan energiyaga ham bog'liq. Bu energiyaning kattaligi boshlang'ich tuzilish (struktura) holati, shuningdek, metalning alohida hajmlarini deformatsiya vaqtida energiya bilan to'yinishi bir jinslilik darajasiga ta'sir ko'rsatuvchi yuklanish shartlari bilan aniqlanadi. Ichki energiyaning dastlabki zichligi aslida metalda qoldiq kuchlanishlar shaklida yig'ilgan mexanik energiyadir.

$$E_0 = \frac{(1 - 2\mu)(3\sigma)^2}{6E V_d}$$

bu yerda: μ - Puasson koeffitsienti; ye - elastiklik moduli (Yung moduli); σ - qoldiq kuchlanishlar.

Materialning kuchlanganlik holati uning ichki energiyasi ko'rsatkichi bo'lib xizmat qilishi mumkin. Materialning yuza qatlamida issiqlik jarayonlari natijasida hosil bo'ladigan ichki kuchlanishlar:

$$\sigma \approx 0,5 (t_2 - t_1) \alpha ye,$$

bu yerda: t_1 , t_2 - yuza qatlamning dastlabki va maksimal temperaturasi; α - detal materialining chiziqli kengayish koeffitsienti; ye - yuza qatlamning qizish temperaturasi mos keluvchi materialning elastiklik moduli.

Maksuel bo'yicha vaqt o'tishi bilan kuchlanishning o'zgarishi:

$$\sigma_i \approx \sigma yexp [-E T G' \mu],$$

bu yerda: σ - boshlang'ich kuchlanish; μ - metallning qovushqoqligi; ye - Yung moduli; T - vaqt. Bu yerda boshlang'ich kuchlanish σ ishlov berish usulidan kelib chiqib aniqlanadi. Masalan, kesishda kesish kuchi kesim yuzasiga bo'linadi va hokazo.

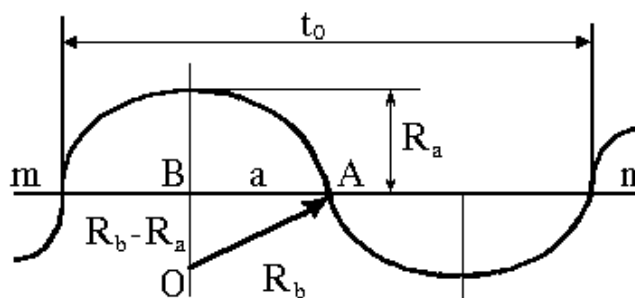
Yuza modelini matematik yozish uchun g'adir - budirlikni ushbu ko'rsatkichlaridan foydalaniladi; notekisliklar balandligi, ularning shakli va notekisliklar qadami. Odatda notekisliklar shaklini R radiusli sfera bilan modellanadi.

Notekislik o'rtacha radiusi va o'rtacha balandligi orasidagi bog'lanishni topish uchun Pifagor teoremasidan foydalanamiz (13-rasm). OVA uchburchakdan:

$$a^2 \text{ q } R_b^2 - (R_b - R_a)^2,$$

bu yerda: a – do'nglik asosining radiusi. ϕ adir-budirlik qadamini t q 4a deb qabul qilib, ushbuni olamiz:

$$R_b \text{ q } (t_0^2 \text{ Q } 16 R_a^2) G' 32 R_a.$$



14-rasm. Do'nglik o'rtacha radiusini hisoblash uchun sxema.

Yuzalarning elastik o'zaro ta'sirida ishqalanish kuchlari energiyasi.

$$\text{B.V.Protasov bo'yicha: } E = \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} \Delta D_{1ij} + \sum_{i=1}^{m_2} \sum_{j=1}^{n_2} \Delta D_{2ij}$$

o'zaro ta'sirda Σn q Σn_1 q Σn_2 bo'lgani uchun

$$E_{\text{ишк}} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^{m_1} \Delta D_{1ij} + \sum_{i=1}^{m_2} \Delta D_{2ij} \right)$$

bu yerda: ΔD_{1ij} - 1- jism g'adir-budir yuzasining i- elementi j- o'zaro ta'sirda tarqatayotgan energiya; ΔD_{2ij} - 2-jism g'adir-budir yuzasining i- elementi j-o'zaro ta'sirda tarqatayotgan energiya; n_1, n_2 - t vaqt uchun g'adir-budir yuzalar tutashuvining hamma maydonida j - o'zaro ta'sirlashuvda bir paytda hosil bo'ladigan friksion bog'lanishlar soni; m_1, m_2 - i - elementni l yo'lni o'tish vaqtida o'zaro ta'sirlashuvlari soni.

Friksion bog'lanishning har bir elementlari uchun bitta o'zaro ta'sirda dissipatsiyaning yig'ilgan energiyasi:

$$\begin{aligned} \Delta D_{1ij} = & 0,437 \Gamma_1^{2/3} P_{zi} \left(P_{zi}^{2/3} + \frac{8,473(2 - \mu_1) \tau_{o'r}^2 \Gamma_1^{4/3} R_{li}^{4/3}}{1 - \mu_1} \right) / R_{li}^{1/3} + \\ & + 4,71 \tau_{o'r} \frac{(\sqrt[3]{\Gamma_1 R_{li}} + \sqrt[3]{\Gamma_2 R_{2i}}) \Gamma_1^{4/3} R_{li}^{4/3} P_{zi}}{\Gamma_1^{2/3} R_{li}^{2/3} + \Gamma_2^{2/3} R_{2i}^{2/3}} + \\ & + \frac{0,114 \rho_1 \Gamma_1^{8/3} P_{zi}^2 g^2 (3,93 R_{li}^{4/3} + 0,69 P_{zi}^{2/3} \Gamma_1^{2/3})}{R_{li}^{5/3} + (\sqrt[3]{\Gamma_1 R_{li}} + \sqrt[3]{\Gamma_2 R_{2i}})^2} \end{aligned}$$

$$\Delta D_{2i} = 0,437 \Gamma_2^{2/3} P_{zi} \left(P_{zi}^{2/3} + \frac{8,473(2 - \mu_2) \tau_{o'r}^2 \Gamma_2^{4/3} R_{2i}^{4/3}}{1 - \mu_2} \right) / R_{2i}^{1/3} +$$

$$+ 4,71 \tau_{o'r} \frac{(\sqrt[3]{\Gamma_1 R_{1i}} + \sqrt[3]{\Gamma_2 R_{2i}}) \Gamma_1^{2/3} R_{1i}^{2/3} P_{zi} \Gamma_2^{2/3} R_{2i}^{2/3} \psi}{\Gamma_1^{2/3} R_{1i}^{2/3} + \Gamma_2^{2/3} R_{2i}^{2/3} \psi} +$$

$$+ \frac{0,114 \rho_2 \Gamma_1^{8/3} P_{zi}^2 \vartheta^2 (3,93 R_{2i}^{4/3} + 0,69 P_{zi}^{2/3} \Gamma_2^{2/3})}{R_{2i}^{5/3} + (\sqrt[3]{\Gamma_1 R_{1i}} + \sqrt[3]{\Gamma_2 R_{2i}})^2}$$

Yuzalarning plastik o`zaro ta`sirida ishqalanish kuchlari energiyasi.

Aniq detallar ishlaganda ko`pincha yuzaning o`zaro ta`sirlashayotgan notekisliklari o`rtasida plastik tutashuv bo`ladi. Yuzaga ta`sir ko`rsatayotgan normal yuklama:

$$N = p \sum_{i=1}^{m_1} A_i + \sum_{i=m_1}^{m_2} p_i A_i,$$

bu yerda: p_i , p - tutashuvdagi bosim va materialning plastik oqishi boshlanishiga mos keluvchi kritik bosim; A - haqiqiy tutashuv maydoni (yuzasi); m_1 , m_2 - tutashuvlar soni.

Plastik oqish boshlanganidan so`ng bosimning o`sishi to`xtaydi, yuklamaning ko`payishi tutashuv maydonining ortishiga olib keladi. Ishqalanish energiyasi botish energiyasi va siljish energiyasi yig`indisidan tashkil topadi va ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$E_{ishq} q N h Q S l \sigma_t,$$

bu yerda: h - nisbiy yaqinlashish; S - siljiyotgan massa kesimining yuzasi; l - ishqalanib o`tilgan yo`l.

Abrazivning yuzaga ishqalanish kuchi energiyasini hisoblash.

Abraziv zarrani yumaloq shaklda, ishqalanish yuzalarini esa sferik notekisliklar joylashgan tekislik deb olamiz. yeyilishni energiyani transformatsiyalash jarayoni sifatida ko`rib abraziv yeyilish jadalligi uchun ifoda ushbu olingan:

$$J q (E_0 V_d Q y_{e_{ishq}} - Q) G' y_{e^*} A_a \cup t.$$

Bu yerda: $J q V_{eyl} G' A_a \cup t$; $V_{eyl} q (E_0 V_d Q y_{e_{ishq}} - Q) G' y_{e^*}$.

Abraziv yeyilishda ishqalanish kuchlari energiyasi abraziv zarralarni yuzaga botirish va zarralarni sirpanish energiyasidan iborat bo`ladi.

$$E_{ishq} q y_{e_{yub}} Q y_{e_{sir}}$$

Ishqalanish qismiga qo`yilgan yuklama ta`siri ostida abraziv zarralarning ma`lum qismi material yuza qatlamida plastik deformatsiyalar, boshqa qismi esa elastik deformatsiyalar keltirib chiqaradi.

Zarralarning plastik deformatsiyada ishqalanish yuzasiga botish energiyasi:

$$E_{yub} q N_a \cdot h q N_a^2 G' (2\pi \cdot R \cdot HB)$$

bu yerda: N_a - alohida abraziv zarraga tushadigan yuklama.

Zarralarning plastik deformatsiyada ishqalanish yuzasi bo`ylab sirpanish energiyasi:

$$E_{sir} \approx S l \sigma_T$$

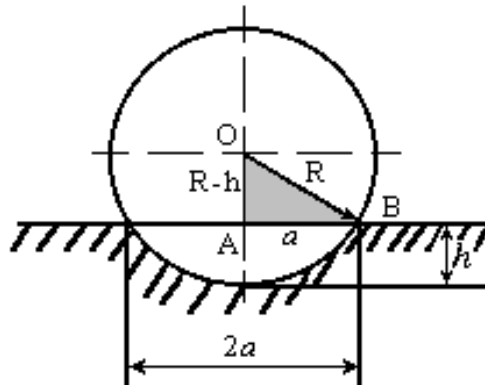
bu yerda: S - sirpanish o`yiqchasining ko`ndalang kesim yuzasi; l - ish-qalanib o`tilgan yo`l; σ_t - materialning oquvchanlik chegarasi.

Abrazivni ishqalanish yuzasiga botgan qismi proektsiyasini segment ko`rinishida qarab (14-rasm), S maydon yuzini aniqlaymiz.

$$S \approx \frac{4}{3} a h G'.$$

AOV uchburchakdan Pifagor teoremasiga ko`ra:

$$a = \sqrt{2Rh - h^2}.$$



15-rasm. Abraziv zarrani ishqalanish yuzasiga botish sxemasi.

Sirpanishni amalga oshirish uchun zarur energiya:

$$E_{сир} \approx \frac{4hl\sigma_t \sqrt{2Rh - h^2}}{3}.$$

Ishqalanishda o`tilgan yo`lni abraziv zarraning tezligi va sirpanish vaqti ko`paytmasi sifatida ko`rish mumkin:

$$l \approx vt.$$

Sferik indentorni birgalikda qo`yilgan normal va tangensial yuklama ta`siri ostida yuzaga botish chuqurligi:

$$h = \frac{N_a}{\pi R \cdot HB}.$$

Shunday qilib, yuzani sferik notekisliklar bilan plastik deformatsiyalashdagi ishqalanish kuchlari energiyasi:

$$E_{ishq} \approx N_a h Q (4G'3) h l \sigma_T (2Rh - h^2)^{0.5}.$$

Materialning deformatsiyaga kirishgan hajmi, abraziv zarralarning botgan qismi hajmiga taxminan tenglab olinsa:

$$V_d \approx \pi h^2 (R - hG'3) n_a.$$

Elastik deformatsiyada sferik indentorni yuzaga botish chuqurligi ushbuga teng bo`ladi:

$$h \approx a^2 G'2R.$$

Botish energiyasi esa:

$$E_{yub} \approx N_a h.$$

Zarraning yuza bo`ylab sirpanish energiyasi:

$$E_{sir} \approx S l p_r f,$$

bu yerda: $Sp_r f$ - sirpanishga qarshilik bo`lib, u tutashuv yuzasini tangentsial kuchlanishga ko`paytmasiga teng bo`ladi.

Tutashuvdagi o`rtacha kuchlanishlar Gerts nazariyasi bo`yicha topiladi:

$$p_r = \frac{3N_a \sqrt{1 - \left(\frac{r}{a}\right)^2}}{2\pi a^2},$$

bu yerda: a - Gerts bo`yicha tutashuv dog`ining radiusi.

Unda, elastik deformasiyalarda sirpanish energiyasi:

$$E_{sir} q (4G'3) a h \nu t p_r f.$$

Elastik deformasiyalardagi ishqalanish kuchlari umumiy energiyasi:

$$E_{ishq} q N_a a^2 G'2R Q 2 a^3 \nu t p_r f G'3R.$$

Shunday qilib, mashinalarning ishqalanish qismlari yeyilishini hisoblash uchun ishlatiladigan, abraziv zarralarning detallar ishchi yuzalari bo`ylab ishqalanish kuchlari energiyasini hisoblash bog`lanishlari olindi.

Suyuqli ishqalanish tartibida yeyilishni hisoblash.

Ko`plab og`ir yuklanish sharoitida ishlaydigan mashina qismlarining ishchanligini asosiy mezon bo`lib tishlashib qolishga qarshilik hisoblanadi. Tishlashib qolish odatda, umumiy va ayniqsa maxalliy bosimning oshishi sababli, ba`zi joylarda moy pardasining himoya qobiliyatini yo`qotishi natijasida ro`y beradi. Shuning uchun avval ishqalanish tartibini aniqlab olish zarur bo`ladi.

Mashinalarning ko`plab moylanadigan qismlarida ish boshlanish davrida chegaraviy ishqalanish ro`y beradi va u aniq aylanish tezliklarida suyuqli ishqalanishga o`tadi. Moy qatlamining eng kichik qalinligi ushbu ifoda orqali topiladi:

$$h_{min} q (1 - \chi),$$

bu yerda: δ - radial tirqish, $\delta q \Delta G'2$; Δ - diametral tirqish, $\Delta q D - d$; D, d - mos ravishda, vtulka va val diametri; χ - nisbiy eksstsentrisitet, CR va $IG'd$ nisbatga bog`liq holda jadvallardan tanlanadi; CR - podshipnikning yuklanganlik koefitsienti deb ataluvchi, valning podshipnikdagi holati o`lchamsiz funktsiyasi:

$$CR q 10^5 N \psi^2 G'(1,07 \mu n d l),$$

bu yerda: N - yuklama; μ - moyning dinamik qovushqoqligi; n - valning aylanish chastotasi; l - vtulkaning kengligi; ψ - nisbiy tirqish:

$$\psi q \Delta G'd q (D-d)G'd.$$

Podshipniklarda tayyorlash, yig`ish hatoliklari va elastik deformatsiyalarni hisobga olishga to`g`ri keladi. Shu sababli h_{min} ni aniqlashda $S > 2$ xavfsizlik koefitsienti kiritish qabul qilingan. Shunday qilib, agar

$$h_{min} G'(R_{z1} Q R_{z2}) > 2 \text{ bo`lsa, suyuqli ishqalanish bo`ladi,}$$

$$R_{z1} Q R_{z2} < h_{min} G'(R_{z1} Q R_{z2}) < 2 \text{ bo`lganda - chegaraviy ishqalanish,}$$

$$R_{z1} Q R_{z2} > h_{min} \text{ bo`lganda esa - moysiz ishqalanish sodir bo`ladi.}$$

Sirpanish podshipniklaridagi ishqalanish turini aniqlash EhM dasturi quyida keltirilgan:

```

10 REM Sirpanish podshipnigida ishqalanish turi
20 DATA 1.18,0.15,3.51E-2,1.6E-6,12.5E-6,1E5
30 READ M,L,D2,RZ1,RZ2,NMAX
40 FOR Nq100 TO NMAX STEP 10000
50 D1q3.5E-2
80 FOR N1q10 TO 501 STEP 10
90 SqD2-D1
100 PqSG'D1
110 CRq1EQ5*N*P^2G'(1.07*M*N1*D1*L)
120 IF CR<.114 THEN Xq.3
130 IF CR >.114 AND CR<.178 THEN Xq.4
140 IF CR >.178 AND CR <.278 THEN Xq.5
150 IF CR >.278 AND CR <.393 THEN Xq.6
160 IF CR >.393 AND CR <.502 THEN Xq.65
170 IF CR >.502 AND CR <.675 THEN Xq.7
180 IF CR >.675 AND CR <.928 THEN Xq.75
190 IF CR >.928 AND CR <1.427 THEN Xq.8
200 IF CR >1.427 AND CR <2.485 THEN Xq.85
210 IF CR >2.485 AND CR <4.125 THEN Xq.9
220 IF CR >4.125 AND CR <6.724 THEN Xq.925
230 IF CR >6.724 AND CR <14.7 THEN Xq.95
240 IF CR >14.7 AND CR <43.1 THEN Xq.975
250 IF CR >43.1 THEN Xq.99
260 HMINqS*(1-X)G'2
270 BqHMING'(RZ1QRZ2)
280 IF B>2 GOTO 310
290 IF B>(RZ1QRZ2) AND B<2 GOTO 320
300 IF (RZ1QRZ2)>HMIN GOTO 330
310 A$q" Suyuqli": GOTO 340
320 A$q" Chegaraviy": GOTO 340
330 A$q" Moysiz"
340 PRINT USING "#####";N1;N,:PRINT USING "#####.#
###";S;,HMIN,:PRINT UZING "g'          g'";A$
350 NEXT N1
360 NEXT N: END

```

Ishqalanish turini aniqlab olgandan so`ng yuzalar yeyilishini hisoblashga kirishiladi. Moysiz va chegaraviy ishqalanishda yeyilishni hisoblash yuqorida keltirilgan bog`liqliklar orqali bajariladi. Agar ishqalanish qismi suyuqli ishqalanish tartibida ishlayotgan bo`lsa, unda gidrodinamik bosimlar taqsimlanishini aniqlash zarur.

M.V.Korovchinskiy moylashning gidrodinamik nazariyasi asosiy tenglamalarini taxlil qilib, quyida keltirilgan bog`lanishlarni olgan. Agar qovushqoqlikning bosimga bog`liqligini Barus empirik formulasi bilan ifodalansa $\mu q \mu_0 yexp [\alpha p]$, unda gidrodinamik bosim:

$$p q - \lg (1 - \alpha \mu_0 P) G' \alpha ,$$

bu yerda: μ_0 - $p q 0$ bo'lgandagi qovushqoqlik; α - qovushqoqlik pezokoeffitsienti; P - bosim funktsiyasi.

Gidrodinamik bosimlar taqsimlanish funktsiyasi:

$$P q (2 \psi G' r_1 \psi) [-1 G' (1 - \chi^2)^{3 G'^2} [3 (H (2 Q \chi^2) G'^2 (1 - \chi^2) - 1) Q \\ Q 3 \chi (2 H G' (1 - \chi^2) - 1) \sin \eta Q H B \chi^2 \sin 2 \eta G' (4 (1 - \chi^2))] Q P_0],$$

bu yerda: ψ - tezlik; ψ - nisbiy tirqish; χ - valni podshipnikda joylashish holati; η - o'zgaruvchi; H - bosim eng katta bo'lgan joydagi moy qatlamining qalinligi.

Sirpanish podshipnigining vali va vtulkasini hisoblashda alohida xususiyatlar mavjud. Bunda yuqoridagi ifoda bo'yicha hisoblangan bosim yuklamaning boshlang'ich qiymatlari sifatida qabul qilinadi.

Valning har bir to'liq aylanishida uning yuzasida yotgan nuqta gidrodinamik bosimlar taqsimlanishiga mos keladigan o'zgaruvchan yuklamani, vtulkaning nuqtalari esa o'sha koordinatga mos o'zgaras gidrodinamik bosim yuklamasini qabul qiladi.

Yuzaga uzatilayotgan energiya ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$E = L \sum_{i=1}^n p A ,$$

bu yerda: p - gidrodinamik bosim qiymati; A - haqiqiy ishqalanish yuzasi; L - ishqalanib o'tilgan yo'l.

Detallar yeyilishi bilan gidrodinamik bosim qiymati ham o'zgaradi. Ishqalanish yuzasiga tushayotgan yuklamani vaqt bo'yicha o'zgarishini hisobga olish uchun EhM dasturida gidrodinamik bosimni hisoblash bloki yuzalar yeyilishini hisoblash bloki bilan birlashtiriladi. Bunda gidrodinamika tenglamari orqali aniqlangan yuklamaning qiymatlari, yuzalar yeyilishini hisoblashning har bir tsikli uchun boshlang'ich qiymat bo'ladi.

yeyilishni hisoblashga oid misollar.

Sirpanish podshipniklarining abraziv yeyilishi.

Maxsus tadqiqotlar ko'rsatishicha abraziv zarralar qo'zg'almas vtulka sirtida qadalib qoladi va sirpanish podshipnigi valining qo'zg'aluvchan sirti bo'ylab sirpanadi. Sirpanish podshipnigining vali asosan elastik va plastik deformatsiyalar hisobiga yeyiladi. Elastik deformatsiyalar hisobiga yeyilish qiymati juda kichik bo'lganidan uni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Asosiy yeyilish mexanizmi plastik deformatsiyalar sohasida toliqib yemirilish xususiyatiga ega bo'ladi.

Plastik deformatsiyaga duchor bo'lgan materialning hajmi valning sirtiga qadalgan zarraning botish hajmiga teng deb faraz qilamiz.

$$\Delta V_1 q \pi h_1^2 (R - h_1 G' 3) n_a ,$$

bu yerda: h_1 - R radiusli abraziv zarraning botish chuqurligi.

Materialning deformatsiyalangan hajmi abraziv zarraning kuch bilan o'zaro ta'sir ko'rsata boshlaganidan uning maydalanganicha hosil qilgan kesik konusning geometriyasidan aniqlanadi.

$$\Delta V_2 = \frac{L}{3} \left[R^2 \arccos\left(\frac{R-h_2}{R}\right) - (R-h_2) \sqrt{R^2 - (R-h_2)^2} \right]$$

Bu yerda abrazivning ishqalanish yo'li:

$$L = q \cup \tau_{\text{sir}} q \cup r_1 \tau_{\text{sir}}.$$

Podshipnikdagi ponasimon tirqishning chiziqli o'zgarish holi uchun abraziv zarraning sirpanish vaqti:

$$\tau_{\text{sir}} q \varphi (S_{\text{max}} - d_{\text{or}} Q h_1 Q h_2) G' \cup (S_{\text{max}} - S_{\text{min}}),$$

bu yerda: φ - yeyilish maydonchasi bilan chegaralangan burchak, rad.

Shunday qilib, sirpanish podshipnigi valining yeyilishi:

$$U_1 = \frac{72 \cdot 10^{-7} h_1^2 (R - \frac{h_1}{3}) n_a \omega T}{a n_{p1} l}$$

Sirpanish podshipnigi vtulkasining yeyilishi:

$$U_2 = 0,3 \varphi r_1 \frac{S_{\text{max}} - d_{\text{yp}} + h_1 + h_2}{(S_{\text{max}} - S_{\text{min}})} \left[R^2 \arccos\left(R - \frac{h_2}{R}\right) - (R - h_2) \sqrt{R^2 - (R - h_2)^2} \right]$$

Tishli uzatmalarni yeyilishga hisoblash.

Tishli uzatmalar sirtlarining ishqalanish kuchini yengishga sarflangan ish asosan issiqlik ajralishiga va metal sirt qatlami materialining deformatsiyalanuvchi hajmida ichki energiyani o'zgartirishiga ketadi.

Ishqalanuvchi sirt metallini deformatsiyalanuvchi hajmining ichki energiyasi zichligining o'zgarishi ushbuga teng:

$$\Delta E q (A_t - Q) G' (V_{k1} Q V_{o2}).$$

Ichki energiyaning dastlabki zichligi ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$E_0 q (1 - 2\mu) (\sigma E_k V_t),$$

bu yerda: σ - tishli uzatma materiali sirtidagi qoldiq kuchlanishlar; V_t - energiya o'zgarishlariga duchor bo'lgan metal hajmi (tishli uzatma ishqalanganda deformatsiyalangan metal hajmi).

hajmiy yeyilish quyidagicha aniqlanadi:

shesternya tishining kallagi va g'ildirak tishining oyoq qismi uchun:

$$V_{\text{eyl.k}} q (E_0 Q \Delta E) (V_{k1} Q V_{o2}) G' E^*;$$

g'ildirak tishining kallagi va shesternya tishining oyoq qismi uchun:

$$V_{\text{eyl.oq}} q (E_0 Q \Delta E) (V_{k2} Q V_{o1}) G' E^*,$$

bu yerda: E^* - materialning yashirin erish issiqligi.

Yig'ilgan yeyilishdan kelib chiqib tishlarning ishchi sirtlarini aniq joylaridagi yeyilish kattaligini A.Irgashev bo'yicha aniqlaymiz. Shesternya tishining kallagi va oyoq qismi uchun:

$$V_{\text{eyl1}} q V_{1k(o)} V_{\text{eyl.k(o)}} G' (V_{1k(o)} Q V_{2o(k)});$$

g'ildirak tishining kallagi va oyoq qismi uchun:

$$V_{eyl2} \text{ q } V_{2o(k)} V_{eyl.k(o)} G' (V_{1k(o)} Q V_{2o(k)}).$$

Shesternya tishlarining yeyilish yuzasini hisobga olib, chiziqli yeyilish tezligini aniqlaymiz:

shesternya tishining kallagi va oyoq qismi uchun:

$$\gamma_{1k(o)} \text{ q } 3600 V_{eyl.k(o)} n_2 \text{ i } G' (L S_{1k(o)});$$

g`g`ildirak tishining kallagi va oyoq qismi uchun:

$$\gamma_{2o(k)} \text{ q } 3600 V_{eyl2o(k)} n_2 G' (L S_{2o(k)}).$$

Sirpanib dumalashda ishqalanish sirtlarining deformatsiya hajmini hisoblash. Sferik shaklga ega sirt mikronotekisliklari tutashuv paytida qarshi ishqalanish yuzasini deformatsiyalaydi va unga botadi. Deformatsiya hajmi botish chuqurligi va mikronotekislik profilining egrilik radiusi, yuzalarning nisbiy sirpanish yo`li va tutashuv uzunligidagi mikronotekisliklar soniga bog`liq bo`ladi.

Plastik tutashuvda mikronotekislikni ishqalanish sirtiga botish chuqurligi va ta`sir ko`rsatayotgan yuklanish orasida ushbu bog`liqlik mavjud:

$$P \text{ q } \pi a^2 c \sigma_t N G' 4,$$

bu yerda: a - sirtga botgan mikronotekislik izining diametri; c - do`ngliklar shakli va materialning mustahkamlanishiga bog`liq bo`lgan koeffitsient; N - tutashuv uzunligidagi mikronotekisliklar soni.

Agar do`ngliklar o`lchamlari bir xil va ular sirtga to`la botadigan bo`lsa, unda:

$$N \text{ q } L G' a.$$

Bitta mikronotekislikka to`g`ri keladigan yuklama:

$$P a G' L \text{ q } \pi a^2 c \sigma_t G' 4.$$

Bundan sirtga botgan mikronotekislik izining diametri:

$$a \text{ q } 4 R G' (\pi L c \sigma_t)$$

Segment geometriyasidan (14- rasm)

$$a \text{ q } 2(2rH - H^2)^{1/2}$$

bu yerda: H - mikronotekislikni botish chuqurligi.

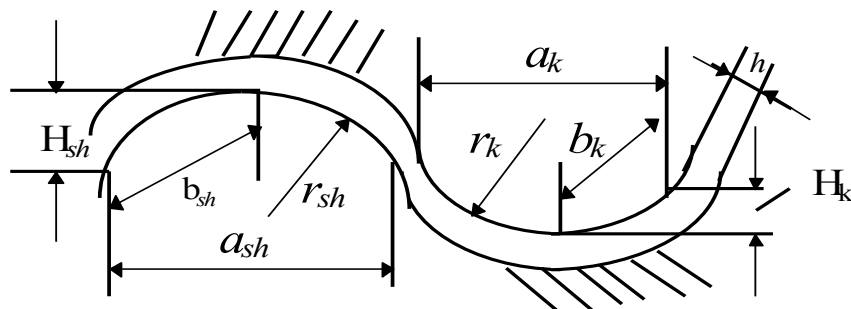
Plastik tutashuvda botgan mikronotekislikning egrilik radiusi

$$r = \frac{H}{3 \left(\frac{c \sigma_t}{G'} \right)^{2/3}}$$

bu yerdagi materialning elastik doimiysi G ushbu ifoda bilan aniqlanadi:

$$G \text{ q } \frac{1}{2(1-\mu)} G' E_{1(2)}$$

bu yerda: μ - Puasson koeffitsienti; y_{e1}, E_2 - mos ravishda, yetaklovchi va yergashuvchi shesternya sirtlari materiallarining elastiklik moduli.



16- rasm. Ishqalanish yuzalari deformatsiyasi hajmini hisoblash uchun sxema.

Unda r qiymatini “ a ” ni hisoblash formulasiga qo'yib va uni H ga nisbatan yechib ushbuni olamiz:

$$H_j = \frac{1,71c\sigma_{mj}G_ja_j}{\sqrt{2-3(\sigma_{mj}G_j)^2}} \quad (j=1;2)$$

Botgan mikronotekislikning egrilik radiusi ushbuga teng bo'ladi:

$$r_j = \frac{0,54a_j}{c\sigma_{rj}G_j\sqrt{2-3(\sigma_{rj}G_j)^2}} \quad (j=1;2)$$

Notekisliklarning ishqalanish sirtiga botish chuqurligini moy pardasining qalinligini hisobga olgan holda aniqlaymiz (16- rasm), masalan, shesternya tishining kallagi va oyoq qismida:

$H_{1k(o)}$ q $H_1 - h_{k(o)}$,
g'ildirak tishining kallagi va oyoq qismida:

$H_{2o(k)}$ q $H_2 - h_{k(o)}$.

Mikronotekisliklarning plastik tutashuvda kontur yuzasi o'lchamlarini aniq hisoblash zaruriyati yo'q, chunki haqiqiy tutashuv yuzasi, haqiqiy bosim va boshqa tutashuv ko'rsatkichlari kontur bosimga bog'liq. Bu holda ishqalanish jarayonida faqat ishqalanish yuzasi notekisliklari ishtirok yetadi, g'adir budirlikni esa hisobga olmasa ham bo'ladi. Kontur bosim ushbu formuladan aniqlanadi:

$$p_c = 0,2E_{kel}^{0,8} \left(\frac{H_{kel}}{r_{kel}} \right)^{0,4} p_{..}^{0,2},$$

bu yerda: ye_{kel} - shesternya va g'ildirak materiallarining keltirilgan elastiklik moduli, H_{kel} - mikronotekisliklarning shesternya va g'ildirak sirtlariga keltirilgan botish chuqurligi, r_{kel} - shesternya va g'ildirakning botirilgan notekisligini ko'ndalang kesimda harakat yo'nalishi bo'yicha keltirilgan egrilik radiusi.

Tishli uzatmalarda yuklanish boshlanishida notekisliklarning plastik deformatsiyalari ro'y berishi mumkin, ular qayta yuklanishlarda elastik tutashuvga o'tadi. Shuning uchun nisbiy tutashuv yuzasini hisoblashda elastik tutashuv formulasidan foydalaniladi. Shesternya tishining kallagi va g'ildirak tishining oyoq qismi orasidagi nisbiy tutashuv yuzasi:

$$\eta = 2,4 \left(\frac{r_{kel}}{H_{kel}} \right)^{0,4} p_c G_{kel}^{0,8},$$

Deformatsiyalangan sirt ko'ndalang kesimi parametrlari, profilning egrilik radiusini va ularning ishqalanish sirtiga botish chuqurligini hisobga olib, aniqlanadi (17- rasm).

$$\left. \begin{aligned} a_j &= 2\sqrt{2Hr_j - H^2} \\ b_j &= \sqrt{2Hr_j} \end{aligned} \right\} \quad (j=1;2)$$

Bitta notekislikning botish hajmini ko'ndalang kesim yuzasini aniqlaymiz:

$$F \approx H (6a Q 8b) G' 15 .$$

Tish uzunligiga joylashgan notekisliklar soni quyidagicha aniqlanadi:

$$M \approx LG' a .$$

Ishqalanish sirtining deformasiyaga uchragan umumiy hajmi:

$$V \approx F S M .$$

Tishli uzatmalarning ishqalanish issiqligini hisoblash.

Ishqalanishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori tishli uzatma materiallarining termodinamik va mexanik xossalariga, ilashmaning yuklanish - tezlik ishlash tartibotlariga, shuningdek, tutashuvchi sirtlarning ishqalanish koeffitsientiga bog'liq bo'ladi.

Chegaraviy moylash sharoitida ishqalanish koeffitsientining molekulyar tashkil etuvchisi, mexanik tashkil etuvchisiga qaraganda bir necha daraja kam bo'lgani sababli, uni hisoblashlarda e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Tishli uzatma ishqalanish sirtini notekisliklar deformatsiyalashiga sarflangan ish ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$E_d \approx \sigma_{t1} V_1 Q \sigma_{t2} V_2 ,$$

bu yerda: V_1, V_2 - tutashuvchi sirtlar deformatsiyasining hajmi.

Ilashmani R kuch bilan yuklanganda S ishqalanish yo'lida bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi:

$$A \approx P f S .$$

U holda ishqalanish koeffitsientining mexanikaviy tashkil etuvchisi ushbuga teng bo'ladi:

$$f \approx (\sigma_{t1} V_1 Q \sigma_{t2} V_2) G' P S .$$

Chaqnash temperaturasi ushbu formuladan aniqlanadi:

$$t_q = \frac{0,83 f P_n (Q_1 - Q_2)}{\sqrt{b} (\sqrt{\lambda_1 \gamma_1 C_1 Q_1} + \sqrt{\lambda_2 \gamma_2 C_2 Q_2})} ,$$

bu yerda: f - sirpanib ishqalanish koeffitsienti; P_p - tutashuvdagi (pogon) yuklama; v_1, v_2 - yuzalarning dumalash tezligi; λ_1, λ_2 - materiallarning issiqlik o'tkazish koeffitsientlari; γ_1, γ_2 - materiallarning zichliklari; C_1, C_2 - materiallarning solishtirma issiqlik sig'implari; b - tutashuv kesmasining yarim eni.

Bu formula aniq hollar uchun ushbu ko'rinishga ega: shesternya tishining kallagi va g'ildirak tishining oyoq qismi uchun:

$$t_{uk} = \frac{0,83 f_1 P V_{sk}}{\sqrt{\frac{b}{2L}} (\sqrt{\lambda_1 \gamma_1 C_1 Q_1} + \sqrt{\lambda_2 \gamma_2 C_2 Q_2})} ;$$

g'ildirak tishining kallagi va shesternya tishining oyoq qismi uchun:

$$t_{qo} = \frac{0,83 f_2 P V_{s''}}{\sqrt{\frac{b}{2L}} (\sqrt{\lambda_1 \gamma_1 C_1 Q_1} + \sqrt{\lambda_2 \gamma_2 C_2 Q_2})} ;$$

U holda, shesternya tishining kallagi va g'ildirak tishining oyoq qismi ishqalanganda ajralib chiqadigan issiqlik:

$$q_k = q(V_k Q V_o) \gamma_1 C_1 (t_{chk} Q t_0),$$

bu yerda: t_0 - tishli uzatmaning turg'un ish tartibidagi moy temperaturasi.

Shunday qilib, tishli uzatmalar ishqalanganda ajraladigan issiqlik ishchi sirtlar deformatsiyasining hajmi, uzatmaning ishlash temperatura tartiboti, shuningdek ishqalanishdagi chaqnash temperaturasiga bog'liq bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Eyilishni hisoblash ucullarini sanab o'ting.
2. Abrziv yeyilishni hisoblashda qanaqa omillarga e'tibor berish lozim?
3. Eyilishning energiyaviy nazariyacini tushuntiring.
4. Cuyuqli ishqalanish tartibida yeyilishni qanday qilib hisoblash mumkin?
5. Sirpanish podshipniklari yeyilishning kaysi turiga hisoblanadi?
6. Eyilishni hisoblashda kompyuterlardan qanday qilib foydalanish mumkin?
7. Tishli g'ildiraklar orasidagi moy qatlamining qalinligi va temperaturasiga nimalar ta'sir ko'rsatadi?
8. Ishqalanish kuchlari energiyasi qanday sarflanadi?

Адабиётлар

1. Ёылдошев Ш.У. Машиналар ишончилиги ва таъмирлаш асослари, Тошкент - 1994 й.
2. Махкамов К.Х. “Машиналар пухталиги”, Тошкент - 1999 й.
3. Кубарев А.И., Панфилов Е.А., Хохлов Б.И. “Надежность машин оборудования и приборов битового назначения”, М,

1987.4. Елизаветин М.А. “Повышение надежности машин” М. 1973.

5. Козлов Б.А., Ушахов И.А. “Справочник по расчету надежности” М, 1975.

Mundarija

1-Ma`ruza	Kirish. Asosiy tushunchalar. Mashina sifati ko`rsatkichlari	3
2-Ma`ruza	Puxtalik sohasida atamalar va tushunchalar	10
3-Ma`ruza	To`qimachilik jihozlarini ishlamaslik klassifikatsiyasi	12
4-Ma`ruza	Mashina detallari va qismlarini puxtaligini hisoblash. Mashina unimdorligini oshirish	18
5-Ma`ruza	Murakkab sistemalarni puxtaligini hisoblash	33
6-Ma`ruza	Puxtalik bo`yicha yoyilgan ko`rsatkichlarn matematik statistika ishlov o`tkazish	57
7-Ma`ruza	Mashinani fizik va ximyaviy yemirish jarayonlari va puxtaligini oshirish	65
	Foydalanilgan adabiyotlar	88
	Mundarija	88