

Q. MAHKAMOV

MASHINALAR PUXTALIGI ASOSLARI

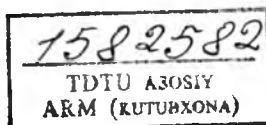
Y30
621.75(075)

M37 O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

Q. MAHKAMOV

MASHINALAR PUXTALIGI ASOSLARI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus
ta'lim vazirligi Muvofiqlashtiruvchi kengashi tomonidan
oliy o'quv yurtlari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan*



TOSHKENT
«IQTISOD-MOLIYA»
2015

UO'K: 62-192.001.24

KBK: 34.41

M-37

Taqrizchilar: prof. A.X. Xamidov; prof. T.I. Asqarxo'jayev;
dots. T.A. Almatayev

M 37 Mashinalar puxtaligi asoslari: Darslik// Q.H. Mahkamov; – T.: «Iqtisod-Moliya», 2015. – 180 b.

Mazkur darslikda mashinalar puxtaligi nazariyasi asoslari, mashinalarni puxtalikka sinash, puxtalik ko'rsatkichlarini amaliy hisoblash usullari, mashinalar puxtaligini boshqarish usullari davlat ta'lim standartlari talablari darajasida yoritilgan. Mashinalar puxtaligi asoslari fanidan amaliy mashg'ulotlarda ko'riladigan mavzularga oid masalalar va laboratoriya ishlarining mazmuni keltirilgan.

Oliy o'quv yurtlarining 5610600 – Xizmat ko'rsatish texnikasi va texnologiyasi (transportga texnik xizmat ko'rsatish) ta'lim yo'nalishi talabalariga mo'ljallangan, shuningdek, 5310500 – Avtomobilsozlik va traktorsozlik, 5310600 – Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi ta'lim yo'nalishlari turdosh fanlarni o'qitishda foydalanishi mumkin.

В учебнике на уровне требований государственных образовательных стандартов освещены основы теории надежности, испытание машин на надежность, практические методы расчета показателей надежности, методы управления надежности машин. Приведены рассматриваемые на практических занятиях задачи и содержание лабораторных работ.

Учебник предназначен студентам вузов по направлению образования 5610600 - техника и технология оказания услуг (сельскохозяйственная техника) и 5320300 – технологические машины и оборудование (переработка сельхозпродуктов), а также можно пользоваться по однородным направлениям образования, связанным с проектированием и эксплуатацией различных машин.

In textbook at a rate of requirements state educational standard lit bases to theories to reliability, test the machines on reliability, practical methods of the calculation of the factors to reliability, methods of management of reliability of the machines. They Are Brought considered on practical occupation of the problem and contents of the laboratory work.

It Is Intended for student high school directions of the formation 5610600 - a technology and technology of the rendering the services (the farm machinery) and 5320300 - a technological machines and equipment (the conversion rural economic products). The Textbook possible to use in uniform directions of the formation, in accordance with designing and usage of the different machines.

UO'K: 62-192.001.24

KBK: 34.41ya73

ISBN 978-9943-13-569-7

© «IQTISOD-MOLIYA», 2015

© Mahkamov Q.H., 2015

Toshkent davlat texnika universiteti, 2015

KIRISH

O'zbekistonda ishlab chiqarilgan avtomobillar, traktorlar, qishloq xo'jalik mashinalari va turli texnologiya jihozlarining xalqaro bozorda raqobatbardoshligi ularning sifati (aniqlik, quvvat, unumdorlik, resurs va hokazo)ga bog'liq. Mashinalarning puxta ishlashini ta'minlash uchun ularning tuzilishini muntazam ravishda takomillashtirish, ishlash qobiliyatini kerakli darajada tutib turish tadbirlarini ishlab chiqish zarur. Bu vazifalarni mashinalarning puxtaligini oshirish usullaridan xabardor bo'lgan mutaxassislar loyihalash, tayyorlash va foydalanish chog'ida hal qila oladilar.

Puxtalik haqidagi fan mashinalar ishlash qobiliyatining vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyatlarini o'rganadi va shu asosda eng kam sarf-xarajatlar bilan ularning buzilmasdan ishlash muddatlarini oshirish usullarini ishlab chiqadi. Mashinalar puxtaligi fanining asosiy vazifasi ishlamay qolish qonuniyatlarini o'rganib, mashinalarning belgilangan vazifalarini bajarishini ta'minlashga qaratilgan chora-tadbirlarni ishlab chiqishdan iborat.

Mashinalarni loyihalash bosqichida aniq foydalanish sharoitlari uchun uning puxtaligini oldindan baholash talab etiladi. Buning ushun mustahkamlik, yeyilish, issiqqa chidamlilik va hokazo hisob-kitob ishlari bajariladi, zaruriy puxtalikni ta'minlaydigan texnologiya jarayonlari qo'llaniladi.

Puxtalik to'g'risidagi fan mashinalar sifat ko'rsatkichlarining o'zgarish jarayonini ehtimollik nazariyasi usullari orqali o'rganish bilan bir qatorda yeyilish jarayonlari qonuniyatlarini ham o'rganadi va hisob-kitob usulini beradi.

Puxtalik fanining asosiy xususiyati mashinani loyihalash, uni ishlab chiqarish va undan foydalanish bosqichlari bilan bog'liqligidir. Mashina loyilanayotganda puxtalik ko'rsatkichlarining me'yori belgilanadi, ishlab chiqarilayotganda bu ko'rsatkichlar ta'minlanadi, mashinadan foydalanish bosqichida esa uning erishilgan puxtaligi amalda namoyon bo'ladi.

Darslikda oliy ta'lim davlat standartlari talablari darajasida puxtalik nazariyasining asosiy tushunchalari va qoidalari o'rganiladi, puxtalikning tabiiy hamda matematik asoslari, miqdoriy ko'rsatkichlarining xususiyatlari, mashinalarni puxtalikka sinash, puxtalik ko'rsatkichlarini oldindan aniqlash usullari va puxtalikni oshirish asosiy yo'nalishlari ko'rib chiqiladi. Darslik mazmunini yoritishda talaba matematika, mashina detallari va tribologiya asoslari fanlari bo'yicha yetarlicha tayanch bilimlarga ega deb olingan.

O'zbekistonda mashinalar puxtaligi sohasida qator ilmiy-tadqiqot ishlari bajarilgan. Masalan, mashinalarining yeyilishini kamaytirish bo'yicha O'.A. Ikromov, T. E. Asqarxo'jayev; ichki yonuv motorlari yeyilishi va puxtaligi masalalari bo'yicha Sh.V.Saidov, S.M. Qodirov; qishloq xo'jalik mashinalari puxtaligi, ularni ta'mirlash bo'yicha Sh.U.Yo'ldoshev va boshqalar ilmiy tadqiqotlar o'tkazishgan bo'lib, bu ishlardan darslikda ham foydalanildi.

Yo'nalishning davlat ta'lim standartida mashinalar puxtaligi asoslarini o'rganishda talaba amaliy ko'nikmalarga ega bo'lishi ko'zda tutilgan. Puxtalik nazariyasini o'rganishning eng samarali usuli amaliy masalalar yechish hisoblanadi. Ammo, shu vaqtgacha mashinalar puxtaligi asoslari fanidan amaliy mashg'ulotlar uchun o'quv adabiyoti yozilgan emas. Ushbu holatni hisobga olib muallifning Toshkent davlat texnika universitetida o'tkazgan mashg'ulotlarida ko'rilgan misollar ham darslikka kiritildi.

Amaliy masalalarni yechishni yengillashtirish maqsadida avval puxtalik nazariyasidan ma'lumotlar, hisoblash formulalari keltirilgan, ilovada esa zarur matematika jadvallari berilgan, shuningdek, 40 dan ortiq masalaning yechimi namuna sifatida ko'rsatilgan. Ko'rilgan barcha misol va masalalarning javoblari keltirilgan. Misollar o'quv maqsadida tuzilgan bo'lganligi uchun ba'zi hollarda boshlang'ich ma'lumotlar va javoblar taxminiy olingan. Shunga qaramasdan mavzular bo'yicha ko'rib chiqilgan muayyan sonli misollar mavzuni o'zlashtirishni ancha osonlashtiradi. Ilovada keltirilgan jadvallar va ma'lumotlar qo'shimcha manbalardan foydalanmasdan turib, ba'zi mashinalarining detallari puxtaligini mustaqil hisoblashga imkon beradi.

Laboratoriya mashg'ulotlari o'tishni tashkiliy jihatdan yengillashtirish maqsadida faqat bitta shesternali suyuqlik nasosining misolida mashinalar puxtaligi bo'yicha olingan barcha nazariy bilimlarni mustahkamlashga harakat qilindi. Ushbu mashg'ulotlarda shesternali nasosning puxtalik ko'rsatkichlarini tajriba sinovlari va hisob-kitoblar yo'li bilan aniqlash usullari ko'rilgan. Puxtalikni baholashga bunday yondashish tajriba sinovlari hajmini anchagina qisqartiradi, shesternali nasoslarni loyihalash bosqichidayoq uning puxtaligini baholab bera oladi.

Amaliy mashg'ulotlar va laboratoriya ishlaridagi hisob-kitob ishlarini kompyuterda «Microsoft Office Exsel» yoki «Matcad» dasturlaridan foydalanib bajarish tavsiya etiladi. Buning uchun zarur ko'rsatmalar darslikning tegishli bo'limlarida keltirilgan.

Darslikda mashinalarni loyihalash vaqtida puxtalik ko'rsatkichlarini shakllantirish va mashinalardan foydalanish davrida ularni baholash masalalariga alohida e'tibor berilgan. Mashinalar puxtaligi asoslari fanini ilk bora o'rganayotgan talabalar uchun ham, bu sohada tajribaga ega mutaxassislar uchun ham foydali bo'ladi degan umiddamiz.

Darslik yuzasidan o'z fikr va mulohazalarini nashriyotga ma'lum qilgan kitobxonlarga muallif avvaldan minnatdorchilik bildiradi.

I bob. PUXTALIK NAZARIYASINING ASOSLARI

1.1. Puxtalik nima?

Odatda, buyumlarning, shu jumladan mashinalarning ham si-fati turli ko'rsatkichlar: puxtalik, texnologiyaboplik, tejamlilik, bir-xillashtirish darajasi, qulaylik, patent talablariga javob berishi va boshqa ko'rsatkichlar bilan baholanadi. Puxtalik mashinaning xu-susiyatlaridan biri bo'lib, uning sifatini ko'p jihatdan belgilab be-radi.

Mashinalar, jihozlar, dastgohlar va boshqa texnika qurilma-larining sifatini aniqlovchi alohida xossalar bo'ladi. Masalan, dast-gohlar uchun aniqlik, unumdorlik, avtomatlashtirish darajasi mu-him bo'lsa, avtomobil uchun tezlik, yuk ko'tarish qobiliyati, yonil-g'i sarfi muhim ahamiyat kasb etadi. Mashinaning xossalari faqat ish jarayonida namoyon bo'ladi. Shuning uchun ham dastgoh dastlab qanchalik a'lo tavsifga ega bo'lmasin, uning aniqlik, unum-dorlik ko'rsatkichlari qanchalik yuqori bo'lmasin, ular dastgohning sifatini to'liq ta'riflab bera olmaydi, faqat uning texnikaviy imkoniyatlarini ko'rsatadi holos. Dastgohning sifatini baholash uchun nafaqat uning aniqlik, quvvat, unumdorlik va hokazo ko'r-satkichlarini, balki bu ko'rsatkichlarni ish jarayonida iloji boricha ko'proq vaqt mobaynida saqlay olishini ham 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 darajada 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 qishloq xo'jaligi mashinalari uchun alohi-da ahamiyat kasb etadi, chunki bu sohada texnikadan qisqa mud-datlarda foydalanishga to'g'ri keladi. Traktorlar va qishloq xo'jalik

mashinalarini tuzatish hamda ularga texnik xizmat ko'rsatishga juda katta mablag' sarf etiladi. Texnikaning buzilgan holatda bekor turib qolishi oqibatida ko'riladigan zarar ham kam emas. Qishloq xo'jaligi mashinalari umumiy ish vaqtining yer haydashda 35 %gacha qismi, hosilni yig'ib-terib olishda esa, 50 %gacha qismi ishlamay qolishlarni bartaraf etishga sarflanadi.

Ma'lumki, yer qa'ridagi ma'danlarning tabiiy zaxiralari cheklangan, mashinasozlikda esa nisbatan ko'p metall ishlatiladi. Shu sababli, yangi yaratiladigan mashinalar metall sarfini va tannarxini kamaytirish, ayni chog'da ularning quvvatini oshirish puxtalik ko'rsatkichlarini baholashni talab qiladi.

Mashinalar puxtaligi vaqtga bog'liq. Detallar yeyilib borgani sari ularning puxtaligi kamayib boradi. Barcha buyumlar, shu jumladan, mashinalar ham ertami-kechmi buziladi. Mashinalar puxtaligi nazariyasi mashina ishlash qobiliyatini asta-sekin yo'qotish hodisasi haqidagi fandir. U ishlamay qolishlar qonuniyatlari va kelib chiqish sabablarini, shuningdek, mashina puxtaligini oshirish usullarini o'rganadi.

Puxtalik masalalarining maxsus xususiyati vaqt omili hisoblanadi, chunki boshlang'ich parametrlarning mashinadan foydalanish jarayonida o'zgarishi baholanadi, uning chiqish parametrlarini saqlanishi nuqtayi nazaridan obyekt o'zini qanday tutishi oldindan aniqlanadi. Puxtalik haqidagi fan mashina chiqish parametrlarini (ularning aniqligi, quvvati, foydali ish koeffitsiyenti, unumdorligi) belgilangan darajaga yetkazish bilan shug'ullanmaydi, bu boshqa fanlarning vazifasidir. Puxtalik fani bu ko'rsatkichlarning vaqt o'tishi bilan o'zgarishini ko'rib chiqadi.

Puxtalik to'g'risidagi hozirgi zamon fani fizika, kimyo, materiallar qarshiligi, metallar texnologiyasi va materialshunoslikka, mashina detallari, ishqalanish va yeyilish nazariyalari va boshqa fanlarga tayanib ish ko'radi. Puxtalikni hisoblash uchun matematika usullaridan keng foydalaniladi, hisoblash ishlari kompyuterdan foydalanib amalga oshiriladi.

Dastlab buyumlarning puxtaligi haqidagi bilimlar faqat tajribaga asoslangan bo'lib, hunarning sirlari tariqasida avloddan avlodga o'tib kelgan. Mustahkamlik haqidagi fan XIX asrda jadal rivojlandi, chunki bu davrda mashina va qurilmalar yaratish omma-

viy tus oladi. Dastlabki vaqtlarda hisob - kitoblar detallarni qo'yilgan yuklanish ta'sirida sinmaydigan qilish uchungina xizmat qilardi, holos. XIX asrning oxiriga kelib buyumlarning xizmat muddati to'g'risida tasavvur paydo bo'ldi. Detailarning ishqalanish sababli yeyilishini tekshirish, yeyilishni kamaytirish usullarini izlash ishlari boshlab yuborildi. Masalan, agar aravaning o'qi mo'ljaldagidan oldin ishdan chiqadigan bo'lsa, uni avvalgidek, faqat yo'g'onroq qilib yasashar va shu bilan muammoni hal qilingan deb hisoblashar edi. Bunday yondashuv aviatsiya paydo bo'lguniga qadar hukm surib keldi. Samolyotning qanotini qalin po'latdan juda mustahkam qilib tayyorlash mumkin, ammo bunday samolyot yerdan ko'tarila olmagan bo'lar edi.

Puxtalik muammosi qanday paydo bo'ldi degan savol tug'iladi. Ma'lumki, mashinalardagi unumdorlik, samaradorlik ortib borishi bilan, ular murakkablashib boradi. Masalan, o'roq bilan g'alla o'rish kombayni taqqoslab ko'rilsa, og'ir qo'l mehnatining yo'qolishi, samaradorlik, yuqori unumdorlik yaqqol ko'zga tashlanadi. O'roq o'tmas bo'lib qolsa uni charxlash bilan kifoyalanadi, g'alla o'rish kombayni ishlamay qolsa, uning ko'p sonli detallaridan qaysi biri ishdan chiqqanini aniqlash kerak bo'ladi. Mashinaning murakkablashib borishi, uning o'lchamlari va og'irligining kamayishi, mustahkamlik zaxirasini iloji boricha kamaytirish, tezlik, kuchlanish, bosim ortishi, mashinani tayyorlashda juda ko'p sonli ishchilar va korxonalar qatnashishi, yangi materiallar va texnologiyalar paydo bo'lishi, texnikaning yangilanish davrining qisqarishi va boshqa sabablar puxtalikni o'rganish zaruriyatini keltirib chiqargan.

Shu tarzda puxtalikni fanning mustaqil sohasi qilib ajratish zaruriyati paydo bo'ldi. Bu soha turli qurilmalarning uzoq muddat xizmat qilishini ta'minlovchi umumiy qonuniyatlarni tahlil etib, mashinalar ishlamay qolishini oldini olish usullarini ishlab chiqish bilan shug'ullanishi kerak edi. Muhandislar hamma vaqt mashinalar puxtaligini ta'minlash bilan bog'liq masalalarni turlicha hal qilishgan, lekin keyingi bir necha o'n yil ichidagina puxtalikning miqdoriy ko'rsatkichlarini aniqlash imkonini beruvchi matematika usullari uzil-kesil yuzaga keldi.

Mashinalar puxtaligi haqidagi fan ikki yoʻnalishda: puxtalikni taʼminlash va uni hisoblash yoʻnalishlarida rivojlandi. Puxtalikni taʼminlash yuqori sifatli mashinalarni yaratish va ulardan toʻgʻri foydalanishga doir anʼanaviy konstruktorlik va texnologiya usullariga tayanadi, puxtalikni hisoblash esa asosan matematika usullarini qoʻllash bilan bogʻliqdir. Puxtalik haqidagi fan rivojlani-shining boshlangʻich davrida konstruktor va texnologlar ishlamay qolishga olib keluvchi tabiiy jarayonlarni chuqur tushungan holda, mashinalarning buzilmasdan ishlash miqdoriy koʻrsatkichlarini hisoblab chiqishni foydasiz ish deb qarashgan. Puxtalik nazariya-sini ishlab chiquvchi matematiklar esa texnika masalalarining oʻziga xos xususiyatlarini yetarlicha toʻliq tasavvur qilmas va baʼzan hisoblash usullarini qoʻllashni mashinalarning puxta boʻlishini taʼminlovchi birdan-bir yoʻl, deb qarar edilar. Ana shu ikki yoʻnalishni birgalikda koʻrib chiqishgina puxta mashinalar yaratilishiga olib keladi.

Loyihachining xatosi qanchalik tez payqalsa, uni tuzatish shunchalik arzonga tushadi. Puxtalikni hisoblash u yoki bu konstruktorlik yechimining toʻgʻriligini tez fursatda tekshirish uchun xizmat qiladi. Mablagʻni tejash maqsadida loyihalash bosqichida hisoblash usullarini qoʻllamaslik koʻp hollarda korxonalar uchun koʻzda tutilmagan katta miqdordagi sarf-xarajatlarga olib kelishi mumkin. Hozirgi vaqtda mashina detallarining mustahkamligini hisoblash muhandislik amaliyotida jiddiy muammo emas, ammo yeyilishni hisoblab chiqish puxtalik nazariyasida katta muammo hisoblanib, amaliyotga toʻliq joriy qilinmagan.

1.2. Mashinalarning ishlash sharoiti va detallarning chidamliligi

Ishlatish va saqlash paytida har qanday mashina turli xil ichki va tashqi taʼsirlarga duchor boʻladi. Natijada uning asosiy parametrlari va xususiyatlari buziladi. Mashinaning boshlangʻich xususiyatlari buzilishiga asosiy sabablar sifatida uning ish sharoiti buzilishini, unga oʻz vaqtida texnik xizmat koʻrsatilmasligini, tuzatish sifatining pastligi va boshqalarni koʻrsatish mumkin. Mashin-

nam ishlatish qoidalarining buzilishi detallarning egilishi va bukallashi, ishchi sirtlarining tirnashishi, darz ketishi, uvalanishi va sintishi kabi nuqsonlarni keltirib chiqaradi. Asta-sekin ishlamay qolishga olib keladigan sabablar material va konstruksiyalarda turli davrlarda sodir bo'luvchi fizik-kimyoviy jarayonlar bilan bog'liqdir.

Detallarda (tutashmalarda) eng ko'p uchraydigan nuqsonlardan biri ularning yeyilishidir. Bu nuqson material, buyumning yeyilishi, qatlamlarga ajralishi yoki qoldiq deformatsiyatlanishi natijasida paydo bo'ladi. Odatda, detallarning shikastlanishi mashinalarni ishlatish va ularga texnik xizmat ko'rsatish qoidalarining buzilishi natijasida va ayrim hollardagina metallning toliqishi yoki undagi yashirin nuqsonlar (darzlar, bo'shliqlar va hokazo) oqibatida yuz beradi. Ishlatish qoidalariga amal qilinganda, tutash detallarning yeyilishi ularning ishlash vaqtiga bog'liq ravishda asta-sekin ortib boradi. Eng oxirgi statistika ma'lumotlari mashinalar detallarining 15 %gacha sinishi mumkinligini, 85% dan ortig'i esa yeyilish natijasida ishdan chiqishini ko'rsatmoqda.

Mashinalarning puxtaligi tez aylanuvchi detallari – kardanli va tirsakli vallari, maxoviklari, shkiylari, ilashish muftalarining disklari ishlaganda mashinalarning titrashiga ko'p darajada bog'liq bo'ladi. Katta burchak tezlik bilan aylanadigan va anchagina og'ir bo'lgan bunday qism hamda detallar traktorlar va qishloq xo'jalik mashinalarida juda ko'p. Bundan tashqari, ayrim detallarni tuzatish va almashtirish chog'ida ularning muvozanati buziladi, bu esa mashina ramasining titrashiga olib keladi. Tez aylanuvchi detallar ishlaganda yuzaga keluvchi titrash turli detallarda, shu jumladan, podshipniklarda ham qo'shimcha yuklanishlar hosil qiladi, natijada mashina ishlamay qolishi mumkin.

Detailarning muvozanatlanmaganligi bir qancha sabablarga: ularning o'lchamlari noto'g'riligiga, materialning zichligi notekisligiga, yig'ish paytidagi xatoliklarga (bu xatoliklar detallarning valga o'tkazilishi buzilishida, qiyshayishlar, siljishlar va hokazolarda namoyon bo'ladi) bog'liq 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 koeffitsiyentining kamayishiga hamda ularning ortiqcha yeyilishiga olib keladi.

Paxta yetishtiriladigan maydonlarda, yozda, mashinaning ishlash vaqtida havodagi chang miqdori $1,5 - 3,5 \text{ g/m}^3$ ga yetadi. Shuni aytish kerakki, havoda chang miqdori taxminan $0,8 - 1,2 \text{ g/m}^3$ bo'lganda ko'rinuvchanlik anchagina yomonlashadi. Havoda uchib yuruvchi zarralarning eng katta o'lchami taxminan 160 mkm ga teng. Zarralarning eng kichik o'lchamlari esa cheklanmagandir. Mashinalar yaqinida chang hosil bo'lish holati ko'pgina omillarga bog'liq bo'lib, keng doirada o'zgarib turadi. Asosiy omillarga tuproq yoki zaminning namligi va turini, shamolning kuchi hamda yo'nalishi, havoning harorati va namligini, mashinaning harakatlanish xususiyati hamda tezligini va shu kabilarni kiritish mumkin. Yer sathidan balandlik ortib borishi bilan changning dispers tarkibi maydaroq bo'lib, unda kvars zarralarining miqdori ko'payib boradi.

Detailarning yeyilishiga changning mineralogik tarkibi katta ta'sir ko'rsatadi. Detailarning abraziv ta'sirida yeyilishga changning qattiq zarralari sabab bo'ladi. Yeyilishga ta'sir qiluvchi zarralarning mikroqattiqligi quyidagilarni tashkil etadi: kremniy oksid (kvars)niki - $11-12 \text{ GPA}$, aluminiy oksidniki - 21 GPA , temir oksidniki - 9 GPA .

Ma'lumki, changda kvars zarralari qancha ko'p bo'lsa, detallar shuncha tez yeyiladi. Masalan, maxsus adabiyotlarda havodagi chang miqdori $0,5 \text{ g/m}^3$ bo'lganda yangi traktor motorining resursi motor toza havoda ishlagandagiga nisbatan 20% , chang miqdori 1 g/m^3 bo'lganda esa 60% kamayishi ko'rsatilgan. Avtomobil va traktorlarga o'rnatilgan hozirgi havo tozalagichlar, xatto ularga tegishli texnik xizmat ko'rsatib turilganda ham, havodagi changning $1-2$ foizini, texnik xizmat yomon o'tkazilganda, ya'ni filtrlovchi elementlar ifloslanganda, poddondagi moy sathi kam bo'lganda esa $15-20$ foizini o'tkazib yuboradi.

Toshkent avtomobil yo'llar institutida o'tkazilgan tadqiqotlar dizel yonilg'isini tozalash uchun ishlatib kelinayotgan mavjud filtrlar atrof-muhitning chang ko'p sharoitda ishlaganda yonilg'i-ning qo'shilmalardan sifatli tozalanishini ta'minlay olmasligini ko'rsatgan.

Quruq iqlim sharoitida motor moyidagi qo'shilmalarning taxminan 90 foizi 10 mkm gacha o'lchamli zarralarga to'g'ri keladi, transmissiya moyidagi zarralarning 90 foizi esa 16 mkm gacha o'lchamga ega bo'ladi. Bunday moyga aralashgan mayda zarralar yonilg'i va surkov materiali bilan birga tutashmalardagi tirqishlarga osongina kirib boradi va detallarning abraziv ta'sirida yeyilishiga sabab bo'ladi. Moyni almashtirish muddatlari buzilganda undagi yonmaydigan aralashmalar (asosan abraziv zarralar) miqdori anchagina ko'payadi.

Avtomobil va traktorlar transmissiyasi moylarida asosan yo'l changidan iborat bo'lgan yonmaydigan zarralarning miqdori moy tarkibidagi hamma qo'shilmalarning 60 foizdan ko'prog'ini tashkil etadi. Bu hol chang qo'shilgan moyda ishlaydigan transmissiya detallari toza moyda ishlovchi xuddi shunday detallarga qaraganda bir necha marta ko'proq yeyilishiga olib keladi.

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

Mashina qismlariga abraziv zarralar ularni tayyorlash, yonilg'i-moylash materiallari va suyuqliklarni tashish, saqlash, quyish natijasida tushishi va tabiiy yeyilish mahsulotlari ham abraziv bo'lishi mumkin.

Mashina detallarining chidamliligi. Mashinalarning ishlash muddati har xil bo'ladi. Masalan, ayrim traktorlarning buzilguncha o'rtacha ishlash muddati quyidagichadir: YuMZ-6L-400 soat; T-4A-120 soat; TTZ-80.11 - 300...320 soat. O'zbekistonda keng tarqalgan traktorlarning buzilmasdan ishlash muddati taxminan 150...300 moto-soatni 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 hisobga olish 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 traktorlari uchun ehtiyot qismlarining haqiqiy sarfini aniqlash uchun o'tkazilgan tadqiqot ishlari traktor tuzatilganda asosiy detallarga belgilangan me'yordan 14 foiz ko'p mablag' sarflanganini ko'rsatdi. Yeyilgan sirtlarni o'rganish shuni ko'rsatdiki, shesternalar ko'pincha toliqib va abraziv ta'sirida yeyilishga, gupchak – abraziv ta'sirida yeyilishga, bronza vtulkalar esa tishlashib qolishga duchor bo'lar ekan.

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 havoning harorati yuqori bo'lishi qo'zg'aluvchi birikmalar sirtining harorati ko'tarilishga olib keladi, bu esa, o'z navbatida, sirtlarning moylanishi va ularda himoyalovchi chegaraviy qatlamlar hosil bo'lishi yomonlashuvi tufayli detallarning xizmat muddatini qisqartiradi.

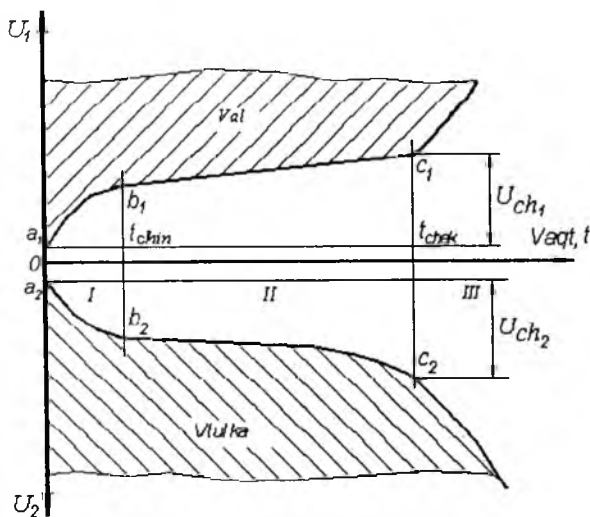
1.3. Materiallarning yeyilishi, toliqishi va eskirishi

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

Yeyilish tezligi deganda yeyilish kattaligining shu yeyilish sodir bo'lishi 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 1.1-rasmda keltirilgan ko'rinishga ega bo'ladi. Bu rasmdagi chiziqning *I* qismi siyqalanishga, *II* qismi - normal yeyilish davriga, *III* qismi esa halokatli yeyilish davriga mos keladi. t_{chek} nuqta chekli (eng katta) yeyilishga to'g'ri keladi, undan ortiq yeyilgan detalni ishlatish maqsadga muvofiq bo'lmaydi. 1.1-rasmdagi qolgan belgilashlar quyidagilarni anglatadi: $a_1/0$ - val o'lchamining nominal o'lchamdan farqi; $a_2/0$ -

teshik o'ldamining nominal o'ldamdan farqi; a_1a_2 - boshlang'ich tirqish; $0t_{chin}$ - chiniqtirish vaqti; b_1b_2 - chiniqtirishdan keyingi tirqish; t_{chek} - normal ishlash vaqti; c_1c_2 - chekli tirqish bo'lib, tirqish bundan kattalashganda birikma ishlay olmaydi; U_{k1} , U_{k2} - val va vtulkaaning chekli yeyilishi.



1.1-rasm. Val-vtulka birikmasi tirqishining vaqtga bog'liq holda 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.

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

Yeyilish turlarining bir qancha tasniflari mavjud. Davlat standartiga muvofiq yeyilish turlarini quyidagicha tasniflash qabul qilingan.

1. Mexanik ta'sir natijasida yeyilish.
2. Molekular - mexanik yeyilish.

3. Zanglab - mexanik yeyilish (bu turga fretting hodisasi tufayli yeyilish ham kiradi).

4. Abraziv ta'sirida yeyilish (bu turga gidroabraziv va gaz - abraziv ta'sirida yeyilish ham kiradi).

5. Toliqish natijasida yeyilish.

6. Eroziya natijasida yeyilish.

7. Kavitatsiya hodisasi natijasida yeyilish.

8. Qadalib qolib 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'zgarishiga 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 adsorbsion-kimyoviy ta'sir ko'rsatishi bu jarayonni jadallashtiradi, sirtqi qatlamdagi materialning plastik deformatsiyalanishi va keyin mo'rtlashishi natijasida yemirilishini osonlashtiradi.

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

Abraziv ta'sirida yeyilish. Mamlakatimizda mashinalar havoda chang ko'p bo'lgan sharoitda ishlaydi. Shu sababli mashina detallarining taxminan 80 foizi abraziv ta'sirida yeyilish natijasida ishdan chiqadi.

Mineral abraziv zarralar 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.

Abraziv zarralar detalning sirti bilan ko'p marta o'zaro ta'sirlashishi natijasida metallning ishchi hajmida qatlamlarning siljish zichligi ortadi. Ana shu siljishlarda to'plangan energiya hisobiga, mazkur siljishlarning o'zaro ta'sirlashuvi energiyasi, nuqtaviy nuqsonlar va boshqa fazalarning aralashmalari bilan o'zaro ta'sirlashuvi energiyasi hisobiga detallar sirtqi qatlamlarida erkin energiya zaxirasi ko'payadi. Har qanday tizimning erkin energiya zaxirasini kamaytirishga bo'lgan intilishi yangi sirtlar paydo bo'lgan, ya'ni mikrodarzlilar yuzaga kelgan paytda amalga oshadi. Mazkur mikrodarzlarning abraziv zarralar ta'sirida makrodarzlarga aylanishi yeyilish zarralarining ajralib chiqishiga olib keladi. Abraziv zarra materialga uzatadigan energiya strukturadagi o'zgarishlarning mustahkamlanishiga, yangi fazalarning ajralish jarayonlariga va sirtqi qatlamdagi boshqa hodisalarga sarflanadi. Metallarning mikrohajmi strukturadagi o'zgarishlarning amalga oshishiga (agar bu mumkin bo'lsa), yangi fazalarning ajralishiga, qoldiq zo'riqishlar hosil bo'lishiga, atomlararo bog'lanish kuchlarini yengishga va yangi sirtlar hosil bo'lishiga yetarli bo'lgan chekli kattalikdagi energiyani o'ziga singdirgan paytda material yemiriladi.

Abraziv ta'sirida yeyilish namoyon bo'lishi uchun abraziv zarralarning qattiqligi yeyiladigan ishqalanuvchi sirtlikidan yuqoriroq bo'lishi shart.

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 kabilarda kuzatiladi. Gidroabraziv yeyilishga yonilg'i va gidravlika tizimlari, turli quvvurli o'tkazgichlar, nasoslarning, taqsimlagichlarning detallari duchor bo'ladi.

Abraziv qatlamga ishqalanishdagi yeyilish juda keng tarqalgan bo'lib, 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 tirlalishi 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 hech 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 reaksiyalarining 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 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. Sirtqi qatlamning sifat ko'rsatkichlari deformatsiyalanish parametrlariga, haroratga, adsorbsiya, diffuziya, mexanik va faza bo'yicha mustahkamlanish, bo'shashish hodisalariga bog'liq ravishda o'zgarishi mumkin. Mashina detallarining yeyilishga chidamliligi texnologiyaviy ishlov berish paytida shakllanadigan sirtlar sifatining birlamchi xususiyatlariga ham, bevosita ishqalanish

paytida paydo bo'lib, rivojlanadigan ikkilamchi hodisalar: ishchi sirtlar geometriyasi hamda xossalarining o'zgarishiga ham bog'liq. Shu sababli, texnologik ishlov berish paytida sirtqi qatlamlarning shunday geometriyasi hamda shunday birlamchi strukturalari va xossalarini yaratish kerakki, ular muayyan ish sharoitlarida yaxshi tomonga o'zgaradigan bo'lsin.

Oksid pardalarining vazifasi yuvenil (yalang'och) sirtlar o'zaro uringanda muqarrar ravishda sodir bo'ladigan yopishib qolish hodisasidan saqlashdan 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 metallning ayrim joylarida zo'riqish juda kuchayib ketishi oqibatida sirtning oksidlanishi va yemirilishi jadallashadi.

Yeyilish 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-budurlikning 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 deformatsiyanishini, egiluvchanligini yo'qotishini, magnitlanishini, tosh va so'xta hosil bo'lishini, elektr - mexanik va elektr - erozion shikastlanishini, kavitatsiya hodisasini kiritish mumkin.

Materialning toliqishi. Mashina ishlayotgan vaqtda undagi qism va agregatlarning ko'p 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 metallda darzlar paydo bo'lishi va 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 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 uskunalarning 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 kalsiy 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 sovishini keskin yomonlashtiradi, bu esa ularning ishlash qobiliyati yo'qolishiga olib keladi.

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

Zanglash (korroziya). Transport mashinalarining qanotlari, kapoti va kabinasining qoplamasi zanglashga eng ko'p duchor bo'ladi. Kimyoviy zanglashga metallarga quruq gazlar ta'sir etishi oqibatida paydo bo'ladigan shikastlanishlar kiradi. Elektr-kimyoviy zanglash elektroliz 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 metallmas materiallardan yasalgan detallarda darzlar paydo bo'ladi, ularning elastikligi va mustahkamligi pasayadi.

Kavitatsiya. Kavitatsion yemirilishlar suyuqlikli sovitish tizimiga ega bo'lgan motorlardagi silindrlar 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.

1.4. Asosiy atamalar, ta'riflar va puxtalik 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 obyektlar ko'rib chiqiladi. Qo'yilgan vazifaga qarab obyekt mashinaning alohida detali, kinematik juftligi, agregati yoki mashinaning o'zi bo'lishi mumkin.

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

Tuzuklik – obyektning me'yoriy-texnik hujjatlaridagi hamma talablarni qanoatlantiradigan holat.

Nosozlik – obyektning shunday holatiki, bunda u me'yoriy-texnik hujjatlaridagi talablarning loaqal bittasiga javob bermaydi.

Ishlashga layoqatsizlik - obyektning shunday holatiki, bunda uning berilgan vazifalarni bajara olishini ifodalovchi birorta ko'rsatkichning qiymati me'yoriy - texnik hujjatlarining talablarini qanoatlantirmaydi.

«Tuzuklik» tushunchasi «ishlash qobiliyati» tushunchasidan kengroqdir. Ishlashga layoqatli obyekt nosoz bo'lishi mumkin, ammo bu nosozlik uning normal ishlashiga to'sqinlik qiladigan darajada bo'lmaydi.

Puxtalik – obyektning to'rtta xususiyati majmuyidan iborat bo'lib, buzilmasdan ishlash, ta'mirlashga (tuzatishga) yaroqlilik, saqlanuvchanlik va ko'pga chidamlilik (umrboqiylik) bilan belgilanadi.

Buzilmasdan ishlash – obyektning o'z ishlash qobiliyatini ma'lum vaqt ichida yoki ma'lum miqdordagi ishni bajargunga qadar saqlab turish xususiyati.

Ta'mirga yaroqlilik – obyektning ishlamay qolishi, shikastlanishi sabablarini aniqlashga va oldini olishga hamda tuzatish va texnik xizmat ko'rsatish orqali ularni bartaraf etishga moslanganlik darajasidan iborat xususiyati.

Ishlamay qolish (buzilish) – obyektning ishlash qobiliyati buzilishidan iborat hodisa.

Saqlanuvchanlik – obyektning saqlash yoki boshqa joyga ko'chirish davomida va bundan keyin soz hamda ishlashga layoqatli holatini uzluksiz saqlab turish xususiyati.

Ko'pga chidamlilik (umrboqiylik) – mavjud texnik xizmat ko'rsatish va tuzatish tizimlarida obyektning o'z ishlash qobiliyatini belgilangan oxirgi holat boshlangunga qadar saqlab turish xususiyati.

Oxirgi holat – obyektning 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 obyekt

dan foydalanish to'xtalishi zarur. Oxirgi holatning alomatlari ushbu obyektga doir me'yoriy-texnik hujjatlarda ko'rsatiladi.

Texnik hujjatlarda belgilangan ko'rsatkichdan chetga chiqish me'yorlari va ruxsat etilgan chiqishlar ko'zda tutiladi. Masalan, silindr-porshenli guruh detallari yeyilishi oqibatida ichki yonish motori quvvati kamayadi. Oxirgi quvvat shunday quvvatki, bunda motori yeyilgan traktor ko'rsatilgan yukni torta olmaydi.

Ishlamay qolishlar tasnifi. Avtomobil yoki traktor korxonada tayyor bo'lganidan boshlab, masalan, kabinasidagi havoni mo'tadillash tizimi ishlamay qolguncha o'tadigan vaqtni uning xizmat muddati deb qarash mumkinmi yoki bu vaqt biror jiddiy buzilish tufayli avtomobil yoki traktor harakatlana olmaydigan payt bilan aniqlanadimi? Buni baholashning turli mezonlari ilgari surilgan, ta'riflarni murakkablashtirish boshlanib, ularga ishlamay qolishning ahamiyati yoki qiymati tushunchasi, uni bartaraf etishning murakkablik darajasi tushunchalari kiritilgan.

Ishlamay qolishni aniqlashga xizmat qiladigan alomatlar mazkur obyektning 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 (tadrijiy) ishlamay qolish* deb ataladi. Foydalanishning istalgan davrida yuz berishi mumkin bo'lgan va tasodifiy omillarga bog'liq bo'lgan ishlamay qolish *to'satdan (tasodifiy) ishlamay qolish* deyiladi.

Buyum holatining parametrlari uning o'z vazifasini bajarish sifatini belgilaydi. Holat parametrlarining ruxsat etilgan qiymatlardan chetlashishi buyumning ishlash qobiliyati buzilganligini bildiradi. Bu turdagi ishlamay qolishlar parametrik ishlamay qolishlar deb ham yuritiladi. Agar parametrning 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 ma'lum qonuniyat bilan o'zgarishlarini ifodalaydi. Bu o'zgarishlar odatda detallarning normal 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:

Konstruksion ishlamay qolishlar. Konstruktorning xatolari yoki loyihalash usullarining mukammal emasligi (mashina qismlarining mustahkamligi yetarli emasligi, ulardagi eng muhim qismlarning chang, nam, harorat va hokazolardan himoyalanganligi) tufayli yuz beradi.

Ishlab chiqarishdagi xatolar tufayli ishlamay qolishlar. Bular mashinalarni tayyorlash yoki ta'mirlash texnologiyasining buzilishi yoxud mukammal emasligi tufayli kelib chiqadi.

1.1-jadval

Ishlamay qolishlar tasnifi

Tasniflash alomatlari	Ishlamay qolish turi va sabablari	Ishlamay qolishlar ulushi, %
Paydo bo'lish sabablari	Konstruksiyaviy 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	Xavfli Xavfsiz	5-7 93-95
Oldindan bilish mumkinligi	Bilish mumkin Bilib bo'lmaydi	12-37 63-88
Ishlash qobiliyatini yo'qotish darajasi	Qisman To'liq	85-90 10-15

Detallar yuzalarining sifati va tayyorlanish aniqligi, odatda, ruxsat etilgan qiymatlar maydoni ichida bo'ladi. Ishlab chiqarish

madaniyati pastligi tufayli sifat ko'rsatkichlari anchagina farq qilganda bir obyektning puxtaligi boshqasinikidan ancha past bo'lishi mumkin. Ishlab chiqarishdagi xatolar tufayli ishlamay qolishlar buyumlarning faqat bir qismida kuzatilishi mumkin.

Foydalanish paytidagi ishlamay qolishlar. Bu hol foydalanish qoidalari buzilishi yoki qoidalarda ko'zda tutilmagan tashqi ta'sirlar natijasida yuzaga keladi va buyumning barvaqt ishlamay qolishiga olib keladi. Odatda, bunday buzilishlar foydalanilayotgan mashinalarning faqat ma'lum qismida uchraydi.

Mashinalarning eskirishi natijasida paydo bo'luvchi ishlamay qolishlar. Bunday ishlamay qolishlar foydalanish va saqlash paytida yuz beruvchi tuzatib bo'lmaydigan darajadagi o'zgarishlar bilan bog'liqdir. Mazkur o'zgarishlar natijasida qismlarning mustahkamligi, muvofiqlashuvi va o'zaro ta'siri buziladi. Ushbu ishlamay qolishlar asta-sekin ishlamay qolishlar jumlasiga kiradi.

«Tabiiy eskirish» va «ma'naviy eskirish» tushunchalarini farq qila bilish kerak. Ma'naviy eskirgan buyumlar (avtomobillar, traktorlar, dastgohlar va boshqalar) puxta bo'lishi mumkin, ammo ularning ba'zi ko'rsatkichlari yangilarinikidan kam bo'ladi.

Puxtalik xususiyatlari ko'rsatkichlari. Buyumning puxtaligi (ko'pga chidamliligi, buzilmasdan ishlashi, ta'mirga yaroqliligi, saqlanuvchanligi) darajasini belgilovchi xususiyatlaridan har biri ko'rsatkichlarning muayyan turkumi bilan ifodalanadi.

Ko'pga chidamlilik ko'rsatkichlari. Mashinalar chidamliligining asosiy ko'rsatkichlari quyidagilardir: texnik resurs, belgilangan resurs, gamma - foizli resurs, o'rtacha xizmat muddati va hokazo.

Ishlash muddati – obyektning ishlash davomiyligi yoki ish hajmi vaqt, uzunlik, yuza, hajm birliklarida va boshqa birliklarda o'lchanadi.

Texnik resurs deb, obyektning undan foydalanish boshlangandan (yoki tubdan ta'mirlangandan so'ng) oxirgi holat yuzaga kelgunga qadar bajaradigan ishiga aytiladi.

Belgilangan resurs – obyekt xizmat muddati davomida bajaradigan jami ishi bo'lib, buni bajarib bo'lgandan so'ng qanday holatda bo'lishidan qat'i nazar, undan foydalanish to'xtatilishi zarur.

Ro'yxatdan chiqarib tashlangunga qadar bo'lgan o'rtacha resurs – obyektning undan foydalana boshlagandan toki oxirgi holatga kelib qolganligi tufayli ro'yxatdan chiqarib tashlangunga qadar bajaradigan o'rtacha ishi.

Gamma foizdagi resurs – bajarish davomida obyekt berilgan γ foizlar ehtimoli bo'lgan oxirgi holatga yetmaydigan ish miqdori.

Kafolatli ishlash muddati – obyekt dan ishlash qoidalariga, shu jumladan, saqlash va boshqa joyga ko'chirish qoidalariga amal qilgan holda foydalanilsa, obyektни tayyorlagan korxona uning ana shu muddat davomida buzilmasdan ishlashiga kafolat beradi va obyektga nisbatan qo'yiladigan talablarning bajarilishini ta'minlaydi.

Xizmat muddati – obyektning undan foydalanila boshlangandan (yoki tubdan ta'mirlangandan so'ng) oxirgi holatga kelguniga qadar ishlash davomiyligi.

Resursning xizmat muddatidan farqi shundan iboratki, resurs obyektning soatlarda o'lchanuvchi haqiqiy bajargan ish miqdorining bahosi bo'lib, bunda ishda bo'lgan tanaffuslar va bekor turib qolishlar vaqti hisobga olinmaydi; xizmat muddati esa mashinadan qay tarzda foydalanishdan qat'i nazar, u foydalanishga topshirilgan paytdan boshlab ishga yaroqli holatda bo'lish davomiyligini ifodalaydi.

Buzilmasdan ishlash ko'rsatkichlari

Ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati deganda ta'mirlanadigan obyektning ishlash muddatini ana shu ishlash muddati davomida uning ishlamay qolishlari sonining matematik kutilmasiga nisbati tushuniladi. Agar ishlash muddati vaqt birliklarida ifodalanган bo'lsa, u holda «buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti» atamasi qo'llanishi mumkin:

$$T_{o'r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i,$$

bu yerda: n - t vaqt ichidagi obyektlarning umumiy ishlamay qolishlari soni; t_i - i -nchi obyektning ishlamay qolgunga qadar bajargan ish miqdori.

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

$$P(t) = (N - N_0) / N,$$

bu yerda: N - sinaladigan obyektlar soni; N_0 - t vaqt ichida ishlamay qolgan obyektlar soni.

Ishlamay qolish ehtimoli $Q(t)$ yoki **buzilish funksiyasi** $F(t)$

$$Q(t) = 1 - P(t).$$

Ishlamay qolishlar oqimining parametri ta'mirlanadigan obyektning 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 obyektning ishlamay qolishlari soni; Δt - ancha kichik bo'lgan vaqt oralig'i.

Ta'mirlanmaydigan obyektning buzilmasdan ishlash ko'rsatkichlariga buzilmasdan ishlash ehtimoli, ishlamay qolgunga qadar bajarilgan o'rtacha ish miqdori va ishlamay qolishlar jadalligi kiradi.

Ishlamay qolishlar jadalligi – ta'mirlanmaydigan obyektning ishlamay qolishi paydo bo'lishi ehtimolining shartli zichligi bo'lib, u ko'rib chiqilayotgan t vaqt uchun, ana shu paytgacha qadar ishlamay qolishi ro'y bermasligi 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 obyektlar soni.

Ta'mirga yaroqlilik ko'rsatkichlari. Buyumning ta'mirga yaroqliligini baholash uchun quyidagi ko'rsatkichlardan foydalaniladi. o'rtacha ta'mirlash vaqti; berilgan vaqtda ta'mirlash ehtimoli; texnik xizmat ko'rsatishning o'rtacha umumiy narxi va hokazo.

O'rtacha ta'mirlash vaqti buyumning har bir ishlamay qolishini bartaraf etish maqsadida buning sababini izlash va ta'mirlash uchun zarur bo'lgan majburiy to'xtatib qo'yish davomiyligini ifodalaydi:

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

bu yerda: t_i – tiklashning davomlilikgi (izlashga ketgan vaqt ham qo‘shiladi); m - tiklanayotgan obyektlar miqdori.

Berilgan $P(t \leq t_{\text{mos}})$ 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 metall 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 koeffitsiyenti K_t va texnik jihatdan foydalanish koeffitsiyenti K_f kiradi.

Tayyorlik koeffitsiyenti istalgan vaqtda obyektning ishlashga layoqatli holatda bo‘lish ehtimolini ifodalaydi (rejalashtirilgan ta‘mirlash davrlari bundan mustasnodir, chunki bu davrlar davomida obyekt dan o‘z o‘rnida foydalanish ko‘zda tutilmaydi):

$$K_t = t / (t + t_i),$$

bu yerda: t - ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati; t_i – tiklashga ketadigan o‘rtacha vaqt.

Texnik jihatdan foydalanish koeffitsiyenti foydalanishning ma‘lum davri mobaynida obyektning ishlashga layoqati holatda bo‘lish vaqti matematik kutilmasini obyektning 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:

$$K_f = t_u / (t_u + t_{uz} + t_{exk})$$

bu yerda t_{tr} - obyektning umumiy ishlash muddati, soat; t_{flE} , t_{flK} - tuzatish va texnik xizmat ko'rsatish chog'ida mashinaning bekor turib qolishlarini umumiy davomlilikgi.

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 koeffitsiyentlari 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.

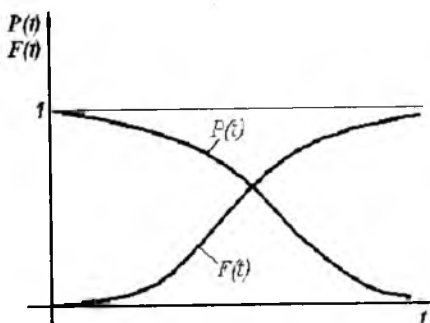
Puxtalikning miqdoriy ko'rsatkichlari ehtimollik xususiyatiga ega bo'ladi. Shu sababli ular tadqiq qilinuvchi kattaliklar bo'y-sunadigan taqsimlanish qonunlari asosida tahlil qilinadi. Shuni aytib o'tish kerakki, puxtalikni baholash uchun foydalanish davrida ma'lumotlar to'plash va puxtalikka sinash hamisha katta mehnat sarfi hamda moddiy xarajatlar bilan bog'liqdir. 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, har qanday ehtimollik kabi, 0 dan 1 gacha bo'lishi mumkin. 1.2- rasmda obyektning buzilmasdan ishlash ehtimolligi $P(t)$ ning ishlash davomlilikgi t ga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziqning umumiy ko'rinishi keltirilgan.

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 hol kuzatilayotgan o'nta traktordan bittasida t vaqtda gidrotizimning ishlamay qolgan bo'lishi kerakligini, qolgan to'qqiztasi esa buzilmasdan ishlashi lozimligini bildiradi.



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

Ammo muayyan sharoitda bundan anchagina chetlanishlar bo'lishi mumkin, ya'ni $P(t) = 0,9$ qiymatlar bosh to'plamga taalluqlidir, alohida kuzatuvlar esa nazariy kuzatuvdan farq qilishi mumkin. Kuzatilayotgan traktorlar soni yetarlicha ko'p bo'lganda har holda $P(t) = 0,9$ 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 eksponensial formula qabul qilingan:

$$P(t) = \exp(-\lambda t),$$

bu yerda: λ - ishlamay qolish jadalligi.

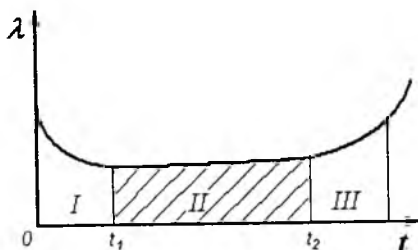
$$f(t) = 1 - p(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - 1 + \lambda t + \dots;$$

$$f(t) \approx \lambda t,$$

bundan $\lambda = f(t)/t$, 1/soat.

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

Umuman olganda 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 (normal foydalanish davri) va shundan so'ng ortib boradi (halokatli yeyilish va eskirishning boshlanishi) (1.3-rasm).



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

Boshlang'ich davrda ishlamay qolish jadalligi yuqori bo'ladi. Bunga ishlab chiqarish jarayonida sezilmagan yashirin nuqsonlar sabab bo'ladi. Mahsulotning siyqalanish davri, odatda, ko'pga cho'zilmaydi. Ko'pchilik hollarda u bir necha o'n soatni tashkil qiladi. Shuning uchun siyqalash jarayonini ishlab chiqarish korxonasida o'tkazish maqsadga muvofiqdir. Buyumni tayyorlovchilar uni korxonaning o'zida siyqalashga harakat qilishlari, iste'molchi esa uni ishlamay qolish ehtimoli juda kam bo'ladigan t_1 paytda olishi kerak. Ba'zan iste'molchi tayyor buyumni $t=0$ bo'lgan paytda oladi. Bu faqat tayyorlovchi korxona uchun foydalidir, chunki buyumning tannarxi arzonlashadi, siyqalash esa iste'molchi zimmasiga o'tkaziladi. t_1 va t_2 orasidagi mashinadan me'yorida foydalanish davri uning elementlari yeyilishi natijasida ishlamay qolish holatlari ko'plab paydo bo'lishi bilan tugaydi.

Buzilmasdan ishlashning umumiy vaqti (bunga nuqsonlarni tuzatish tufayli bekor turib qolishlar vaqti ham kiradi) buyumning tuzatishga yaroqliligini ifodalaydi. Puxtalik nazariyasi, agar mashinani tashkil qilgan qismlarning ishlamay qolishlari jadalligi ma'lum bo'lsa, mashinaning buzilmasdan ishlash ehtimolini hisoblab topishga imkon beradi.

Puxtalik to'g'risidagi fan ishlamay qolishlarni kamaytirishga imkon beruvchi maxsus usullarni ishlab chiqqan. Vazifalarni takrorlash; buyurtmachiga korxonada siyqalanmagan agregatlar yetkazib berilishiga barham berish; ishlamay qolish ehtimoli chekli darajaga yaqinlashib qolgan agregatlarni almashtirish va boshqa chora-tadbirlar shular jumlasidandir. Shunga ko'ra, garchi samol-

yot yer ustida yuruvchi transport vositasiga qaraganda juda murakkab bo'lsa-da, manzilga samolyotda borish avtomobilda borishga nisbatan ikki baravar xavfsizroq hisoblanadi.

1.5. Puxtalik ko'rsatkichlarining miqdoriy tavsiflari

Barcha mashina va mexanizmlarni ikki guruhga ajratish mumkin: ta'mirlanmaydigan (bir martalik) va ta'mirlanadigan.

Sinovlarga N_0 dona mashina qo'yilgan bo'lib, buzilgan detallar ta'mirlanmaydi va sinovlar barcha mashinalar buzilganda tugaydi deb qabul qilamiz.

1. Ta'mirlanmaydigan obyektning puxtaligi quyidagi ko'rsatkichlar bilan baholanadi:

- buzilmasdan ishlash ehtimolligi $P(t)$;
- ishlamay qolishlarning taqsimlanish zichligi $a(t)$;
- ishlamay qolish jadalligi $\lambda(t)$;
- ishlamay qolguncha bajarilgan o'rtacha ish miqdori T_{or} .

Buzilmasdan ishlash ehtimolligi, deb belgilangan vaqt yoki berilgan ishni bajarish davrida birorta ham ishlamay qolish sodir bo'lmasligining ehtimolligiga aytiladi. Sinov ma'lumotlari bo'yicha $P(t)$ quyidagicha aniqlanadi

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

bu yerda: N_0 – sinov boshlangandagi mashinalar soni; $n(t)$ – t vaqt ichida buzilgan mashinalar soni.

Amaliyotda ba'zan buzilish ehtimolligi $Q(t)$ dan foydalanish qulayroq.

$$Q(t) = n(t)/N_0 \text{ yoki } Q(t) = 1 - P(t)$$

Ishlamay qolishlar takroriyligi (taqsimlanish zichligi), deb vaqt birligi ichida buzilgan mashinalarning sinov boshlangandagi mashinalar soniga nisbatiga aytiladi.

$$Q(t) = \int_0^t a(t) dt$$

Ishlamay qolishlar jadalligi, deb Δt vaqt birligi ichida buzilgan mashinalarning buzilmagan mashinalarga nisbatiga aytiladi, ya'ni

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{o'r} \Delta t}$$

bu yerda: $N_{o'r} = (N_t + N_{t+1}) / 2$ - Δt vaqt oralig'ida buzilmagan mashinalar o'rtacha soni; $N_t, N_{t+1} - \Delta t$ vaqt oralig'ining boshlanishi va oxiridagi buzilmagan mashinalar soni.

$$\lambda(t) = \alpha(t) / P(t)$$

Ishlamay qolishlar jadalligi $\lambda(t)$ va buzilmasdan ishlash ehtimolligi $P(t)$ o'zaro ushbu ifoda bilan bog'langan

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right]$$

Birinchi ishlamay qolguncha o'rtacha bajarilgan ish miqdori, deb mashinaning buzilguncha ishlagan vaqtini matematik kutilmasiga aytiladi.

$$T_{o'r} = \int_0^{\infty} P(t) dt$$

Sinov ma'lumotlari asosida esa:

$$T_{o'r} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}$$

Mashinalar puxtaligini o'rganishda ko'pincha buzilmasdan ishlash vaqtining quyidagi taqsimlanish qonunlari qo'llaniladi: eksponensial, kesilgan normal, Reley, Gamma, Veybull, logarifmik normal. Bu taqsimot qonunlarining ko'rsatkichlari va ularni hisoblash uchun ifodalar ilovadagi 1-jadvalda keltirilgan.

Ta'mirlanadigan mashinalarning puxtalik mezonlari

Sinovlarga N dona mashina qo'yilgan bo'lib, buzilgan detallar ta'mirlangani bilan almashtiriladi va sinovlar ishlamay qolishlar soni puxtalikni ma'lum ishonchli ehtimollik bilan baholash uchun yetarli bo'lganda tugaydi, deb qabul qilamiz.

Puxtalikning sonli ko'rsatkichlari ishlamay qolishlar oqimining parametri $\omega(t)$ va ishlamay qolguncha bajarilgan o'rtacha ish miqdori $t_{o'r}$ bo'ladi.

Ishlamay qolishlar oqimining parametri $\omega(t)$, deb vaqt birligi ichida buzilgan mashinalar sonini sinalayotgan mashinalar soniga nisbatini aytiladi.

$$\omega(t) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta t},$$

bu yerda: $n(\Delta t)$ – vaqt $t - \Delta t/2$ dan $t + \Delta t/2$ gacha oraliqda buzilgan mashinalar soni; N – sinalayotgan mashinalar soni; Δt – vaqt oralig'i.

Ishlamay qolguncha bajarilgan ish miqdori, deb qo'shni ishlamay qolishlar orasidagi o'rtacha ish vaqtiga aytiladi. Bu ko'rsatkich yetarlicha ko'rgazmali bo'lgani uchun amaliyotda keng qo'llaniladi.

$$t_{o'r} = \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) / n,$$

bu yerda: t_i – mashinaning $(i-1)$ – va i – buzilishlar orasidagi buzilmasdan ishlagan vaqti; n – qandaydir t vaqt ichida buzilishlar soni.

Sinovga N ta mashina qo'yilganda:

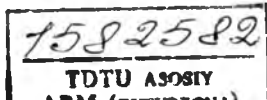
$$\bar{t}_{o'r} = \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij} \right) / \sum_{j=1}^N n_j,$$

bu yerda: t_{ij} – j – mashinaning $(i-1)$ – va i – buzilishlar orasidagi buzilmasdan ishlagan vaqti; n_j – t vaqt ichida j – mashinaning buzilishlari soni.

1.6. Puxtalik ko'rsatkichlarini taqsimlanish qonunlari

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 tasodifiy 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 holatida bo'lgan traktorning me'yorida ishlashi).

Agar sinov vaqtida bir voqeaning sodir bo'lishi ikkinchi voqeaning ro'y berish imkoniyatini yo'qqa chiqarmasa, bunday ikki voqea birgalikda sodir bo'ladigan voqealar deyiladi. Birgalikda sodir bo'lmaydigan voqealar deb shunday voqealarga aytiladiki, bunda ulardan birining ro'y berishi ikkinchisining ro'y berish imkoniyatini yo'qqa chiqaradi. Sinov chog'ida loaqal bittasi sodir bo'ladigan voqealar mumkin bo'lgan yagona voqealar deyiladi. Agar sinov paytida mumkin bo'lgan voqealardan bir nechitasi ro'y bersa, va bunda bir voqea deb taxmin qilishga asos bo'lmasa, u holda bunday voqealar mumkin bo'lgan teng voqealar, deb ataladi.

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:

$$P(A) = m/N,$$

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 – 100 traktori t vaqt davomida sinalganda uzatmalar qutisi ikki marta, motor besh marta, yurish qismi esa bir marta ishlamay qoldi. Uzatmalar qutisining ishlash ehtimolini aniqlang.

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - m/N = 1 - 2/8 = 0,75,$$

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 quyidagicha aniqlanadi:

$$P(A \text{ yoki } B) = P(A) + P(B) - P(AB),$$

bu yerda: $r(A)$ - 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 $P(A)=0,95$ ni, keyingi ko'prikn esa $P(B)=0,92$ ni tashkil etadi. T - 4A traktori transmissiyasining buzilmasdan ishlash ehtimolini aniqlash kerak.

Ehtimolliklarni qo'shish formulasiga ko'ra quyidagiga ega bo'lamiz:

$$P_{trak} = P_{uq} + P_{kk} - P_{uq} \cdot P_{kk} = 0,95 + 0,92 - (0,95 \cdot 0,92) = 0,996.$$

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

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

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:

$$P_{mta} = \prod_{i=1}^n P_i(A)$$

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

$$P_{mta} = P_t \cdot P_a = 0,72.$$

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

$$\text{matematik kutilma: } m = \sum_{i=1}^n t_i P_i;$$

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

O'rta kvadratik chetlanish:

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

Ko'rsatkichlarning taqsimlanish qonunlari. Har qanday mashinaning puxta ishlashi ko'plab obyekt iv va subyektiv omillarga bog'liq. Obyekt iv omillar jumlasiga atrof-muhitning ta'sirini, mexanik va boshqa ta'sirlarni hamda mashinaning ichida kechuvchi jarayonlarni (yeyilish, zanglash, eskirish va hokazo) kiritish mumkin. Subyektiv omillarga inson faoliyati bilan bog'liq omillar kiradi. Bularga quyidagilarni kiritish mumkin: mashinani loyihalashda sxemani va konstruktiv yechimni tanlash; konstruksiya tarkibiga kiruvchi qismlarni va ularning materialini tanlash; normal foydalanish tartibotlarini belgilash; mashinaga texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlashni tashkil qilish hamda bularning texnologiyasi.

Mashinalar puxtaligining ko'plab omillarga bog'liqligi shunga olib keladiki, mashinalarning ishlamay qolishlari tasodifiy xususiyatga ega bo'lib qoladi. Mashinalar puxtaligini ularning

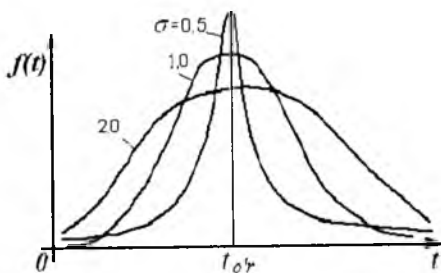
foydalanish sharoitida ishlashiga doir statistika ma'lumotlari asosida baholash ehtimollik qonuniyatlarini va tasodifiy omillar o'rtasidagi nisbatlarni ehtimolliklar nazariyasi yordamida aniqlashga imkon beradi.

Normal taqsimlanish qonuni. Normal (Gauss-Laplas) taqsimlanish qonuni ushbu turdagi ehtimollik zichligi bilan ifodalanadi (1.4- rasm):

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t_i - \bar{t})^2}{2\sigma^2}\right)$$

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 σ mos ravishda tasodifiy kattalikning o'rtacha qiymati va dispersiyasi.

Normal kesik va normal logarifmik taqsimlanish normal taqsimlanish qonunining turlari hisoblanadi. Normal kesik taqsimlanish deb shunday taqsimlanishga aytiladiki, bunda tasodifiy t kattalikning qiymatlari ikki tomonidan ma'lum cheklanishlarga ega bo'ladi.



1.4-rasm. Normal taqsimlanish qonuni uchun turli « σ » qiymatlarda ehtimollik zichligi

Agar tasodifiy Y kattalikning o 'nli logarifmi $t = \lg(Y)$ bo'lsa, logarifmik normal taqsimlanish deyiladi. Ishlamay qolish ehtimoli $q(t)$ 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,

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

$\sigma=1$ va $t=\bar{t}$ 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 2-jadvalda keltirilgan:

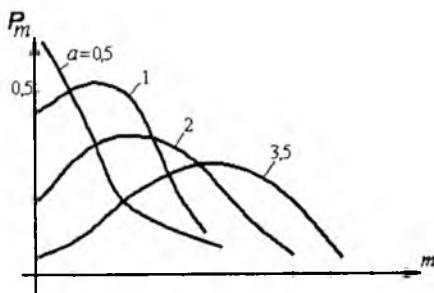
$$F(t) = F_0\left(\frac{t-\bar{t}}{\sigma}\right);$$

$$\lambda(t) = f(t) / P(t);$$

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

$$P_m = (a^m / m!) \cdot e^{-a},$$

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.



1.5-rasm. «a» parametrning turli qiymatlarda Puasson qonuni uchun tasodifiy kattalikning taqsimlanishi

Puasson qonuni bo'yicha taqsimlangan tasodifiy kattalikni matematik kutilma va dispersiyasi a parametrga teng, ya'ni $m=a$, $D=a$ (1.5- rasm).



1.6-rasm. Tasodifiy kattalikning eksponensial taqsimlanish qonuni ehtimolliklar zichligi

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

$$t_0 \cdot r = a; \sigma = \sqrt{a}.$$

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

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

bu yerda: λ - o'zgarmas kattalik (koeffitsiyent).

e^{-t} ning qiymati ilovadagi 3-jadvalda keltirilgan. Tasodifiy kattalik o'rtacha kvadratik chetlanishining matematik kutilmasi ushbu teng:

$$t = 1/\lambda = \sigma.$$

Taqsimlanishning Veybul-Gnedenko qonuni. Agar tasodifiy kattalikning taqsimlanishi Veybul-Gnedenko qonuniga bo'ysunsa, u holda bunday taqsimlanishning ehtimolliklar zichligi funksiyasi:

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

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: o'zgarish koeffitsiyentining muayyan qiymatida jadval bo'yicha aniqlash usuli; haqiqatga eng yuqori darajada yaqinlik usuli; grafoanalitik usul; momentlar usuli.

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 ishlamay qolishlar jadalligi quyidagicha ifodalaniadi:

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

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

$$t_{o,r} = \frac{\sigma}{\nu}.$$

Relleyning taqsimlanish qonuni. $\nu = 0,52$ va $b = 2$ bo'lganda Relley qonuni amal qiladi. Bu holda ishlamay 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:

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

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

$$t_{0.7} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} dt = \sqrt{\frac{p}{2}} s.$$

1.7. Puxtalik miqdoriy ko'rsatkichlarining qiymatlarini aniqlash

Namunaviy misollar va ularning yechimlari

1-misol. Agar 1000 soat davomida detalning buzilmasdan ishlash ehtimoli $P(1000) = 0,95$ dan kam bo'lmashligi zarur bo'lsa, uning ishlaymay qolish jadalligi ko'pi bilan qanday bo'lishi mumkin?

Yechish: $\lambda = \frac{1 - p(t)}{T} = \frac{1 - 0,95}{1000} = 5 \cdot 10^{-5}$, 1/coat

2-misol. Traktorning 100 ta yangi turdagi farasi sinovga qo'yilgan. 3000 soatda 8 ta fara buzildi. 3000 soatda buzilmasdan ishlash va buzilish ehtimolliklari topilsin.

Yechish:

$$\bar{P}(3000) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = \frac{100 - 8}{100} = 0,92; \quad \bar{Q}(3000) = \frac{n(t)}{N_0} = \frac{8}{100} = 0,08$$

3-misol. Yangi turdagi 100 ta traktor farasi sinovga qo'yilgan. 3000 soatda 8 ta fara buzildi. 3000-4000 soat vaqt oralig'ida yana 5 ta fara buzildi. 3000-4000 soat vaqt oralig'ida faralarning ishlaymay qolishning taqsimlanish zichligi va ishlaymay qolish jadalligi topilsin.

$$\bar{a}(3500) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t} = \frac{5}{1000 \cdot 100} = 5 \cdot 10^{-5} \quad 1/soat$$

$$\bar{\lambda}(3500) = \frac{n(\Delta t)}{N_{o,r} \cdot \Delta t} = \frac{5}{1000 \cdot (92 + 87) / 2} \approx 5,6 \cdot 10^{-5} \quad 1/soat$$

4-misol. Zanjirli traktordagi uzatmalar qutisi vali shlitsalarining ishlash muddati parametrlari $\sigma = 1500$ soat, $t = 6000$ soat bo'lgan normal taqsimlanish qonuniga bo'ysunadi. $t = 2500$ soat bo'lgan hol uchun $f(t)$, $p(t)$, $q(t)$, $\lambda(t)$ qiymatlarini aniqlang.

Yechish:

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

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

$$f(t) = 1 - F_0(2,33) = 1 - 0,99 = 0,01;$$

$$p(2500) = 1 - f(2500) = 0,99;$$

$$\lambda(t) = f(t) / p(t) = 0,17 \cdot 10^{-4} / 0,99 = 0,1717 \cdot 10^{-4}.$$

O'zini-o'zi tekshirish uchun savollar

1. Yeyilish natijasida ishlamay qolishning sabablarini aytib bering.

2. Transport vositalarining qaysi agregat va detallarida yeyilish ko'p uchraydi?

3. Abraziv ta'sirida yeyilish qanday sodir bo'ladi?

4. Mamlakatimizda 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. Yeyilishdan boshqa qanday jarayonlar mashinani ishlamay qolishiga 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.

II bob. MASHINALARNI PUXTALIKKA SINASH

2.1. Puxtalikka sinashni tashkil qilish

Sinovlardan ko‘zlangan asosiy maqsad mashinaning puxtalik darajasini uning miqdoriy ko‘rsatkichlariga ko‘ra baholashdan iborat. Sinov natijalari asosida mashinalar puxtaligining amaldagi ko‘rsatkichlari: ishlay qolgunga qadar ishlash muddati, texnik xizmat ko‘rsatishning solishtirma mehnat sarfi, ishlay qolishlarni izlab topishning va bartaraf etishning solishtirma mehnat sarfi, agregatlar resursi, tuzatish chog‘idagi qismlarga ajratish-yig‘ish ishlarining mehnat sarfi kabi ko‘rsatkichlari topiladi.

Mashinalarni puxtalikka sinashda quyidagi ikkita qiyinchilik paydo bo‘ladi: sinovlarning uzoq davom etishi va narxining yuqoriligi, sinalladigan mashinalarning tarqoq holda ekanligi.

Puxtalik sinovlari maqsadiga va o‘tkazilish sharoitiga qarab tasniflanadi. Sinovlar maqsadiga ko‘ra: aniqlovchi, tekshiruvchi va maxsus sinovlarga bo‘linadi. Sinov o‘tkazish sharoitiga ko‘ra: oddiy va tezlashtirilgan bo‘lishi mumkin. Sinallayotgan narsa mashinalar, agregatlar, qismlar, detallar, kinematik juftlardan iborat bo‘lishi mumkin.

Aniqlash sinovlari yangi ishlab chiqilgan yoki takomillashtirilgan mashinalarning puxtaligi to‘g‘risidagi haqiqiy ma‘lumotlarni olish maqsadida o‘tkaziladi. Ushbu sinovlar asosan ko‘plab va seriyalab ishlab chiqarishda qo‘llaniladi. Puxtalik miqdoriy ko‘rsatkichlarining davlat andozalari, texnik shartlar talablariga va boshqa talablarga mos kelishini aniqlash maqsadida nazorat sinovlari o‘tkaziladi. Ba‘zan nazorat sinovlari aniqlash sinovlari bilan birgalikda qo‘llaniladi.

Donalab ishlab chiqariladigan buyumlar uchun ularning tarkibiga kiruvchi detallarning nazorat sinovlari o‘tkaziladi. Maxsus sinovlar nostandart ko‘rsatkichlarni tekshirish uchun o‘tkaziladi. Bunday sinovlar ilmiy-tadqiqot maqsadlarida amalga oshiriladi.

Sinovlar dala va laboratoriya - stend sharoitlarida o'tkazilishi mumkin. Stendlarda tezlashtirilgan sinovlarni tashkil qilishda yuqori aniqlikdagi natijalarni olishga alohida e'tibor berilishi zarur.

Puxtalikka sinash rejaları. Davlat andozalarida puxtalikka sinashning turli rejaları ko'zda tutiladi. Rejalar kvadrat qavsda uchta kattalik bilan belgilanadi. Birinchi harf sinovga N ta obyekt qo'yilganini bildiradi. Ikkinchi harf ishlaymay qolish sodir bo'lganda qanday harakat qilinishini ko'rsatadi. Rejalardagi uchinchi belgi sinovni to'xtatish paytini bildiradi. Bunda sinovlar 2.1-jadvalda ko'rsatilgandek bo'lishi mumkin. Ba'zan qaysi shart oldin bajarilishiga qarab $[N,U,(r,T)]$, $[N,R,(r,T)]$, $[N,M,(r,T)]$ yoki $[N,M,(r_\Sigma, T_\Sigma)]$ rejaları ham ishlatiladi. Sinov rejaları tugallangan $[N,U,N]$ va kesilgan $[N,U,T]$ yoki $[N,U,R]$ bo'lishi mumkin.

2.1-jadval

Sinov rejaları va ularning mazmuni

Reja turi	Rejaning mazmuni
$[N,U,N]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar ishlaymay qolishlar yuzaga kelgunga qadar yoki hamma buyumlar oxirgi holatga kelgunga qadar davom ettiriladi. Ishlaymay qolgan buyumlar yangilari yoki tuzatilganlari bilan almashtirilmaydi.
$[N,U,T]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar T muddat ishlaguncha olib boriladi. Ishlaymay qolgan buyumlar almashtirilmaydi.
$[N,U,r]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar r ta ishlaymay qolish sodir bo'lgunga qadar davom ettiriladi. Ishlaymay qolgan buyumlar almashtirilmaydi.
$[N,R,T]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar T muddat ishlaguncha olib boriladi. Ishlaymay qolgan buyumlar yangilari bilan almashtiriladi va yana sinovlarda qatnashadi.
$[N,R,r]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar r ta ishlaymay qolish yuzaga kelgunga yoki oxirgi holatlarga qadar davom ettiriladi. Ishlaymay qolgan buyumlar yangilari bilan almashtiriladi va yana sinovlarda qatnashadi.
$[N,M,T]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar T muddat ishlaguncha olib boriladi. Har bir ishlaymay qolishdan so'ng obyektning ishchanligi tiklanadi.
$[N,M,r]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar r ta ishlaymay qolish yuzaga kelgunga qadar davom ettiriladi. Har bir ishlaymay qolishdan so'ng obyektning ishchanligi tiklanadi.
$[N,M,r_\Sigma]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar hamma obyektlar r_Σ ta ishlaymay qolish yuzaga keltirguncha olib boriladi. Har bir ishlaymay qolishdan so'ng obyektning ishchanligi tiklanadi.
$[N,M,T_\Sigma]$	N ta buyum sinaladi. Kuzatuvlar hamma obyektlar birgalikda T_Σ muddat ishlaguncha olib boriladi. Har bir ishlaymay qolishdan so'ng obyektning ishchanligi tiklanadi.

Mashinalarni sinashda ishlamay qolgan buyumlar almashtirilmaydigan rejalar ko'proq qo'llaniladi. Ba'zan puxtalikni tekshirish uchun qandaydir qo'shimcha alomatlardan foydalaniladi, bu esa sinov vaqtini mumkin qadar kamaytirishga imkon beradi. Sinovga N ta buyum qo'yildi. Masalan, sinov vaqti t_s davomida ishlamay qolish ro'y bermadi. Belgilangan vaqt davomida ishlamay qolishlarning bo'lmashligi, ishlamay qolgunga qadar umumiy ishlash muddatini nazariy aniqlash usulidan foydalanishga imkon beradi.

O'rtacha ish vaqtining ta'minlanish darajasini aniqlaymiz:

$$N=t_b/t_s; t_b=0,5 t_{\min} \chi^2$$

bu yerda: t_b - hamma buyumlarning sinov davridagi jami ishlash muddati; $t_{\min}$ - obyekt ishlashi lozim bo'lgan eng kam vaqt; χ - k va p ga bog'liq bo'lgan funksiya: $\chi=f(kp)$, $k=2$ - erkinlik darajasi; $p=1-\alpha$ - ishonchli ehtimollik. Shu usulning o'zida ketma-ket vaqt oraliqlarida ruxsat etiladigan va ruxsat etilmaydigan ishlamay qolishlar sonini ham aniqlash mumkin.

Misol. $t_{\min}$ 500 soatdan kam emasligini tasdiqlovchi sinovlarning davom etish vaqti aniqlansin: $k=2$; $k=1-0,1=0,9$.

Ilovadagi 10-jadvaldan $\chi^2=4,6$ ekanligi ma'lum bo'lsa, u holda $t_b=0,5 \cdot 500 \cdot 4,6=1150$ soat.

Ketma-ket tahlil qilishga asoslangan sinovlarda nazariy hisoblashlar orqali tanlangan vaqt oraliqlari uchun ruxsat etilgan ishlmay qolishlar soni aniqlanadi, sinov natijalari hisob-kitoblar bilan taqqoslanadi va puxtalik to'g'risida xulosa chiqariladi.

Tezlashtirilgan sinovlar jarayonlarni jadallashtirishga asoslangan, kuchaytirilgan sinovlarga hamda jarayonlar jadallashtirilmagan sinovlarga bo'linadi. Tezlashtirilgan sinovlar natijasida o'z vaqtida va ancha ishonchli ma'lumotlar olinadi. Tezlashtirilgan sinovlarning samaradorligini baholash uchun tezlashtirish koeffitsiyentidan foydalaniladi:

$$K_t = T_f / t_s$$

bu yerda: T_f - foydalanish sharoiti me'yorida bo'lganida mashinaning muayyan oxirgi holatga kelgunga qadar ishlash muddati; t_s - standda o'sha chekli holatga kelgunga qadar sinash vaqti.

Jarayoni jadallashtirilgan sinovlarni detalning yeyilish va yemirilish jarayoniga ta'sir qiluvchi tartibotlarini shakllantirish (tezliklarni, yuklanishlarni, haroratni oshirish, abrazivdan foydalanish, sinovlarni tajovuzkor muhitda o'tkazish va hokazo) yo'li bilan tezlashtirish mumkin. Agar salt ishlashlar va bekor turib qolishlarga barham berilsa (shunda kerakli natijalarga ancha tez erishish mumkin bo'ladi), tezlashtirish koeffitsiyentini ushbu ifodadan aniqlash mumkin:

$$K_t = (t_u + t_{sal}) / t_u,$$

bu yerda: t_u - uzluksiz ishlash vaqti; t_{sal} - salt ishlashlar vaqti.

2.2. Sinovlar hajmini va davom etish vaqtini aniqlash

Puxtalikka sinashni rejalashtirishdagi asosiy masalalardan biri sinovlarning zarur hajmini tanlashdan iborat. Puxtalik ko'rsatkichlari to'plamning hammasini emas, balki kichikroq qismini tanlash usuli bilan aniqlanadi. Ammo sinov hajmi belgilangan Δ aniqlikka hamda qabul qilingan taqsimlanish qonunini qanoatlantiruvchi olingan natijalarning ishonchli ehtimolligiga bog'liqdir.

Reprezentativ (e'tiborli) tanlashni to'liq ko'rib chiqish matematik statistikada o'rganiladi va Chebishev formulasi yordamida asoslab beriladi:

$$\Delta = |\bar{t} - \tilde{t}| \geq \frac{\sigma_t}{\sqrt{n} \sqrt{1-P}}.$$

Mazkur bog'liqlik, odatda, taqsimlanishning muayyan qonunlarida soddalashtiriladi.

Agar empirik ma'lumotlar normal taqsimlanish qonunlariga ko'ra approksimasiyalanadigan bo'lsa, u holda berilgan ishonchli ehtimollikda tanlashning eng kichik hajmini aniqlash uchun Muavr-Laplas teoremasidan (katta sonlar qonunidan) foydalanish mumkin:

$$\alpha \left\{ -t_n \leq \frac{W_n - P}{\sqrt{\frac{Pq}{N}}} \leq t_n \right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t_n}^{t_n} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(t_n),$$

bu yerda: α - xulosaning bergan aniqlikdagi (ishonchlikdagi) natijasini olish ehtimoli; tn - hisoblash koeffitsiyenti bo'lib, u berilgan ishonchli α ehtimollikka bog'liq ravishda jadvallardan aniqlanadi; P - mazkur voqeaning amalga oshishining nazariy ehtimolligi; N - kuzatuvlarning zarur soni; $q = 1 - p$ voqea amalga oshmasligining nazariy ehtimolligi; W_n - voqeaning olingan haqiqiy empirik ehtimolligi (qaytariluvchanligi); $\Delta = W_n - P$ - xulosaning aniqligi, ya'ni haqiqiy natija W_n bilan nazariy (ehtimol tutilgan) natija P o'rtasidagi farq; $F(t_n)$ - Laplasning me'yorlashtirilgan funksiyasi.

Muavr - Laplas teoremasining ko'rinishini o'zgartirish va ushbu formula orqali ifodalanish mumkin:

$$\Delta = W_n - P = \pm \sqrt{\frac{t_n^2 \sigma^2}{N}},$$

bundan sinovga qo'yilishi lozim bo'lgan obyektlar soni topiladi.

$$N = \frac{t_n^2 \sigma^2}{\Delta^2},$$

bu yerda: σ - o'rtacha kvadratik chetlanish:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k m_i (t_i - \bar{t})^2}{N}}.$$

Bunda Δ ning qiymati xulosaning matematik kutilmaga nisbatan foizda ifodalanuvchi aniqligiga qarab qabul qilinadi. Masalan, agar $t = 2800$ soat, xulosaning aniqligi 10% bo'lsa, u holda $\Delta = 280$ soat bo'ladi.

Normal taqsimlanish qonuni amal qilganda tanlashning hajmini o'zgarish koeffitsiyenti v dan foydalanib quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$N = v^2 t_n^2 / \Delta_1^2,$$

bu yerda: Δ_1 - hisoblab topish aniqligi bo'lib, u $0 \leq \Delta_1 \leq 0,2$ chegarasida bo'ladi.

Ayrim hollarda kuzatishlarning kerakli sonini aniqlash uchun jadvallar keltiriladi. Bu yerda ruxsat etilgan $\epsilon\alpha$ xatoning kattaligi qabul qilinadi va o'zgarish koeffitsiyenti v ning ma'lum bo'lgan qiymatiga ko'ra $\epsilon\alpha/v$ nisbat aniqlanadi (2.2-jadval).

Kuzatishlarning zarur miqdorini aniqlash

Kuzatishlar soni	$\varepsilon\alpha/v$ ning qiymati			q ning qiymati		
	$\alpha=0,8$	$\alpha=0,9$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,8$	$\alpha=0,9$	$\alpha=0,95$
4	0,82	1,17	1,59	2,29	2,93	3,67
5	0,69	0,95	1,24	2,05	2,54	3,08
6	0,60	0,82	1,05	1,90	2,29	2,73
7	0,54	0,73	0,92	1,81	2,15	2,52
8	0,50	0,67	0,83	1,72	2,01	2,31
9	0,47	0,62	0,77	1,60	1,92	2,19
10	0,44	0,58	0,72	1,61	1,83	2,08
15	0,35	0,45	0,55	1,46	1,62	1,78
20	0,30	0,39	0,47	1,37	1,51	1,64
25	0,26	0,34	0,41	1,33	1,44	1,55
30	0,24	0,31	0,37	1,29	1,39	1,48
40	0,20	0,26	0,32	1,24	1,32	1,40
50	0,18	0,24	0,28	1,21	1,28	1,35
80	0,14	0,19	0,22	1,16	1,21	1,26
100	0,13	0,17	0,20	1,14	1,19	1,23

Veybul - Gnedenko qonuni amal qilganda tanlashning zarur hajmini ushbu ifodadan topamiz:

$$q = (\varepsilon_{\alpha} + 1)^b = \frac{2N}{\chi^2_{(1-\alpha, 2N)}},$$

bu yerda: ε_{α} - o'rtacha arifmetik ko'rsatkichning berilgan nisbiy aniqligi; α - berilgan ishonchli ehtimollik; $\chi^2_{(1-\alpha, 2N)}$ - taqsimlanish kvantili (erkinlik darajalari $2N$ va ishonchlilik ehtimoli $1 - \alpha$ bo'lganda) q ning qiymatiga ko'ra kuzatuvlarning talab etilgan miqdori 2.3-jadvaldan aniqlanadi.

Agar tasodifiy kattalikning taqsimlanish qonuni ma'lum bo'lmasa, u holda ma'lum t vaqt davomida buzilmasdan ishlashning talab etiladigan $P(t)$ ehtimolligida kuzatish obyektlarining eng kam miqdori N ni (t vaqt ichida ishlamay qolishlar bo'lmaydi shartidan kelib chiqib belgilanadi) aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanish lozim:

$$N = \frac{\ln(1 - \alpha)}{\ln P(t)}.$$

Kuzatish obyektlari soni N ni noparametrik usulda foydalanib topish uchun, odatda, jadval ma'lumotlaridan foydalaniladi (2.3-jadval).

Sinovlarning davom etish vaqtini ushbu formuladan aniqlash mumkin:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_{o,r}}}; \quad t = T_{o,r} \ln P(t).$$

Misol: $T_{o,r} = 1000$ soat va $P(t) = 0,9$ bo'lganda $t = 105$ soatni hosil qilamiz.

2.3-jadval

Kuzatish obyektlarining soni N

$P(t)$	α			
	0,80	0,90	0,95	0,99
0,500	-	-	-	7
0,800	8	10	13	20
0,900	15	21	30	44
0,950	30	40	60	85
0,980	75	120	140	230
0,990	150	220	280	430
0,995	335	430	600	800

2.3. Puxtalik to'g'risida axborot to'plash

Axborotni yig'ish va ishlov berish uchun uchta shakl ko'zda tutiladi: foydalanishdagi puxtalik haqidagi axborotni hisobga olishning birlamchi shakllari; foydalanishdagi axborotni yig'ib to'plovchi shakllar; puxtalikni tahlil qilish natijalarini yozish shakllari. To'plangan ma'lumotlarga nisbatan qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat:

1. Axborotning to'la-to'kisligi.
2. Axborotning ishonchliligi.
3. Axborotning o'z vaqtida olinishi.
4. Diskretlilik, ya'ni axborotning ma'lum obyektga tegishliligi.
5. Axborotning uzluksizligi.

Mumkin qadar kam xarajatlar qilgan holda mashinalarning puxtaligi haqida zarur ma'lumotlar to'plash uchun nosozliklarni hisobga olib borish varaqasini yuritish lozim. Hisobga olib borish varag'i shunday hujjatki, unga mashinaning ishlamay qolishlari, ishlamay qolishlarning sabablari, texnik ta'sirlar, ishlamay qolishni bartaraf etish bilan bog'liq mehnat sarflari va bekor turib qolishlar qayd qilib boriladi (2.4-jadval).

Nosozliklarni hisobga olib borish varaqasi

Tartib raqami	Ko'rsatkichlarning nomi	kod
1.	Tashkilotning nomi	
2.	Mashinaning turgan joyi	
3.	Mashinaning markasi	
4.	Ishlab chiqarilgan yili va oyi a) tayyorlovchi zavoddan b) ta'mirlovchi zavoddan d) ushbu mashinaga o'rnatilgan kuni (agregatlar uchun)	4 ta belgi
5.	Ishlash muddati: a) foydalanila boshlagan paytdan e'tiboran umumiy b) tubdan tuzatilgandan keyin to mazkur ishlaymay qolgunga qadar (motosoat)	
6.	Ishlatila boshlangan kuni: tayyorlanganidan yoki tubdan tuzatilganidan keyin	4 ta belgi
7.	Nosozlik paydo bo'lgan kun	6 ta belgi
8.	Nosozlik yuz bergan joy	10 ta belgi
9.	Yuz berdi	1 ta belgi
10.	Shikastlanish turi	2 ta belgi
11.	Taxminiy sababi	2 ta belgi
12.	Mashina ishlaymay qolgan paytda bajarilayotgan ishning xususiyatlari	2 ta belgi
13.	Oqibatlari	1 ta belgi
14.	Bartaraf etishga ketgan vaqt (soat)	2 ta belgi
15.	Bartaraf etish usuli	1 ta belgi
16.	Bartaraf etishga sarflangan mehnat (kishi-soat)	2 ta belgi
17.	Bartaraf etishning narxi (so'm)	2 ta belgi
18.	Bekor turib qolishdan ko'rilgan zarar (so'm)	2 ta belgi
19.	Nosozlikning tavsifi	2 ta belgi
20.	Varaqa to'ldirilgan kun, mansabi, F.I.Sh.	imzo

Ko'rsatkichlarning bir qismi to'ldirish chog'idayoq raqamlar bilan yoziladi (chunonchi, mashinaning nomeri, ishlash muddati, kun, oy, yil va hokazo). Axborotning boshqa qismi qabul qilingan belgilashlar yordamida shifrlanadi (mashinaning markasi, detal-larning katalog bo'yicha nomerlari va hokazo). Ishlaymay qolish-niing xususiyatlari, ishlaymay qolishlarni bartaraf etishda bajarilgan ishlarning nomi, ishlaymay qolishlar turi maxsus ishlab chiqilgan sinf ajratkich bo'yicha raqamli kodlar ko'rinishida shifrlanadi (2.5-jadval).

**«Nosozlikni hisobga olib borish varaqasi»ni
to'lg'azish uchun ma'lumotlarni kodlash**

Shifr	kod	Xususiyatlari
Buzilgan narsa		Agregat, qism, detal (katalogdagi nomeri bo'yicha kodlanadi)
Ro'y berdi	1 2	Ishlamay qolish Nosozlik
Taxminiy sababi	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10	Haydovchi-mashinistning aybi bilan Tuzatuvchi-mexanikning aybi bilan Muhandis-texnik xodimning aybi bilan Texnik xizmat ko'rsatish sifatsiz bo'lgan Eskirish yoki yeyilish Sifatsiz tuzatish Konstruksiyaning kamchiligi Zavodda sifatsiz tayyorlangan Tasodif Boshqa sabablar
Aniqlangan payti	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10	Boshqa joyga ko'chirishda, tashish chog'ida Uzoq vaqt to'xtab turganda Motorni ishga tushirishda Ish bajarayotganda To'xtatilganda Joriy tuzatishda Texnik xizmat ko'rsatishda Har kungi qarovda Yurib ketayotganida Boshqa paytlarda
Oqibatlari	1 2 3 4 5	Bekor turib qolindi Hech qanday oqibatlarga olib kelmadi Halokat (avariya) yuz berdi Topshiriqlar vaqtida bajarilmadi Boshqa oqibatlar
Bartaraf etish usuli	1 2 3 4 5 6 7	Agregatni almashtirish Qismni almashtirish Detalni almashtirish Joriy tuzatish Rostlash Texnik xizmat ko'rsatish Boshqa usullar

Nosozlik xususiyati va turining tavsifi	01	Uzilish
	02	Ifloslanish
	03	Oksidlanish, zanglash
	04	Qadalib qolish
	05	Ponalanib qolish
	06	Parametrning o'zgarishi
	07	Silqish
	08	Zichlikning buzilishi
	09	Rostlashning buzilishi
	10	Mexanik yemirilish
	11	Shikastlanish
	12	Yeyilish
	13	Taqillab shovqin chiqarib ishlash
	14	Bukilish, ezilish
	15	Darz ketish
	16	O'ta qizish
	17	Quvvatning kamayishi
	18	Titrash
	19	Egilish
	20	Sinish
	21	Mahkamlangan joyining bo'shab ketishi
	22	Boshqalar

Nosozliklarni hisobga olib borish varaqalaridan ma'lumotlar kompyuterga ko'chiriladi. EHM dasturi ishlagandan so'ng kerakli ma'lumotlar tayyor bo'ladi.

Axborot ma'lumotlarini ishlayotganda mashinaning har bir turida foydalanish va ularni ishlab chiqarish xususiyatlarini: ishlab chiqarilgan kunini, iqlim sharoitlarini, foydalanish tartibotlarini, mashinaning ishlash muddatini, tashkiliy omillarni hisobga olish zarur.

Iqlim sharoitlarining ta'sirini hisobga olib borish uchun meteorologiya xizmatlaridan ham ma'lumotlar to'planadi. Bunda bevosita mashina ishlatiladigan hududga taalluqli ma'lumotlarni olish zarur. Ma'lumotlarni to'plash korxonasini tanlab olishda tashkiliy omillarni hisobga olish kerak. Masalan, foydalanish bilan bog'liq bo'lgan nuqsonlarni bartaraf etish maqsadida ish yaxshi yo'lga qo'yilgan korxonalarni tanlash lozim.

2.4. Sinov ma'lumotlarining ishlash usullari

Natijalarni ishlash izchilligi. Puxtalik ko'rsatkichlarini sinov ma'lumotlariga ko'ra aniqlash uchun eng avval quyidagi bog'lanishlardan foydalaniladi.

Buzilmasdan ishlash ehtimoli:

$$P(t) = 1 - \frac{n(t)}{N}.$$

Ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati:

$$T_{iq} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N_r}.$$

Ishlamay qolishlar jadalligi:

$$\lambda = n(t)/NT$$

bu bog'lanishlarda: $n(t)$ - t vaqt ichida ishlamay qolishlar miqdori; N - sinalayotgan mashinalar soni; t_i - har bir obyekt ishlamay qolgunga qadar ishlash muddati; N_r - ishlamay qolgan obyektlar soni; T - o'rtacha ishlash muddati.

Ta'sir ko'rsatuvchi omillarning ko'pligi va kattaligining noma'lumligi tufayli, mashinalarning ishlamay qolishlari tasodifiy kattalik hisoblanadi. Tasodifiy kattalik turli taqsimlanish qonunlariga bo'ysunishi mumkin. Mashinaning puxtalik ko'rsatkichlarini aniqlashda ko'pincha quyidagi qonunlar uchraydi: me'yorida taqsimlanish qonuni, Veybulning taqsimlanish qonuni, Puassonning eksponensial (ko'rgazmali) qonuni va hokazo.

Tajriba kuzatuvlari quyidagi izchillikda ishlanadi:

1. Sinov ma'lumotlari asosida empirik egri chiziq yasaladi.
2. Empirik taqsimlanish parametrlari aniqlanadi.
3. Tajriba egri chizig'ining tashqi ko'rinishidan kelib chiqib, taqsimlanishning zichligi funksiyasi haqida bitta yoki bir necha taxmin ilgari suriladi.
4. Empirik egri chiziq qabul qilingan taxmin asosida to'g'rilanadi.
5. Empirik va nazariy egri chiziqlar Kolmagorov yoki Pirsonning moslik mezonlariga ko'ra (λ yoki χ^2) taqqoslanadi.
6. Mazkur taqsimlanish uchun zichlik funksiyasi tanlanadi.

Olingan empirik ma'lumotlar ba'zi $t_1, t_2, \dots, t_n$ kattaliklarning izchilligini ko'rsatadi. Bular, masalan, ishlamay qolishlarning yuz berish paytlari, ishlamay qolishlar vaqti oralig'ining uzoqligi, ishlamay qolishlarni bartaraf etish davomlilikigi va hokazo bo'lishi mumkin. $n > 50$ da tanlash imkoniyati to'liq bo'lganda empirik funksiya quyidagi tarzda aniqlanadi.

$t_1, t_2, \dots, t_n$ natijalari (n - qiymatlarning umumiy miqdori) o'zgartirish qatoriga joylashtiriladi va tanlashning eng katta (t_{max}) va eng kichik (t_{min}) qiymatlari aniqlanadi. $t_{max} - t_{min}$ oraliq kattaligi jihatidan teng bo'lgan r ta oraliqlarga ajratiladi. Har qaysi oraliqning kattaligi $\Delta t = (t_{max} - t_{min})/r$ ga teng. Keyin har bir r oraliqlardagi kuzatishlar soni m_j hisoblab topiladi:

$$m_1 + m_2 + \dots + m_r = n$$

va kuzatuvlarning har bir oraliqqa tushish chastotalari aniqlanadi:

$$P_j = m_j / n, j = 1, 2, \dots, r.$$

Shundan so'ng tasodifiy T kattalikning taqsimlanish zichligining empirik funksiyasi aniqlanadi:

$$F_e(t) = m_j / n \Delta t.$$

Tasodifiy T kattalik taqsimlanishining empirik funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$F_e(t) = \frac{1}{n} \left(\sum_{k=1}^{j-1} m_k + \frac{m_j}{2} \right).$$

Agar tanlash hajmi $n < 50$ bo'lsa, u holda taqsimlanishning empirik funksiyasi ushbu formuladan hisoblab chiqarilishi mumkin:

$$F_e(t) = (j - 0,5)/n; j = 1, 2, \dots, n.$$

Taqsimlanishning empirik $F_e(t)$ va nazariy $F(t)$ funksiyalari orasidagi asosiy farq shundan iboratki, $F(t)$ funksiya voqeaning ehtimolligini, $F_e(t)$ funksiya esa o'sha voqeaning nisbiy takrorlanishini aniqlaydi.

Amalda turli taqsimlanish qonunlarining umumiy belgisi sifatida ko'pincha variatsiya koeffitsiyentidan foydalaniladi:

$$\nu = \sigma / \bar{t}.$$

Masalan, agar variatsiya koeffitsiyenti $0 \leq \nu \leq 0,33$ atrofida bo'lsa, u holda tajriba natijasida olingan ma'lumotlar me'yorida taqsimlanish qonuniga mos keladi. $0,3 \leq \nu \leq 0,8$ bo'lganda

tasodifiy kattalik normal taqsimlanish qonuni bo'yicha ham, Veybul-Gnedenko qonuni bo'yicha ham taqsimlanishi mumkin. Binobarin, u yoki bu qonunning zid bo'lmasligi mumkinligini moslik mezoni asosida oydinlashtirish lozim.

Agar tasodifiy kattalikning $D = \sigma^2$ dispersiyasi uning matematik kutilmasi m ga teng bo'lsa, tajriba ma'lumotlarini Puasson qoidasidan foydalanib ko'rib chiqish kerak.

Variatsiya koefitsiyentining qiymatlari $0,30 < \nu < 1,0$ bo'lganda ham Veybul-Gnedenko qonuni amal qiladi. Bu qonun xususiy holda $\nu = 0,52$ va $b = 2,0$ bo'lganda (b - Veybulning taqsimlanish qonuni parametri) Relley qonuniga, $\nu = 1,0$ hamda $b = 1,0$ bo'lganda esa eksponensial qonunga aylanadi.

Tadqiqotlarning ko'rsatishicha yeyilish natijasida vujudga keladigan buzilishlarning ko'pchiligi normal (Gauss-Laplas) taqsimlanish qonuniga bo'ysunadi. Yemiruvchi kuchlar natijasida vujudga keladigan buzilishlar (sinish, teshilish, kuyish, uzilish) eksponensial taqsimlanish qonuni bo'yicha, eskirish natijasida vujudga keladigan buzilishlar Veybul-Gnedenko taqsimlanish qonuni bo'yicha, yeyilish va eskirish birgalikda ta'sir etishi natijasida vujudga keladigan buzilishlar esa logarifmik-normal taqsimlanish qonuni bo'yicha taqsimlanadi.

Taqsimlanish qonunlari parametrlarini empirik ma'lumotlar asosida statistik baholash uchun bir necha usul: momentlar usuli, kvantillar usuli, chiziqli baholash usuli, ehtimolliklar to'ri usuli, haqiqatga eng katta yaqinlik usuli, eng kichik kvadratlar usuli va boshqa usullardan foydalaniladi.

Bu usullarning mohiyatini ko'rib chiqamiz:

Momentlar usuli. Ma'lumki, taqsimot funksiyasining parametrlari ko'pchilik hollarda boshlang'ich va markaziy momentlar orqali ifodalanadi. Odatda, taqsimot funksiyasiga qancha parametr kirsa, shuncha moment olinadi. Tajriba ma'lumotlari bo'yicha empirik momentlar hisoblanadi, ular nazariy momentlarga tenglanadi, keyin parametrlar va momentlarni bog'lab turuvchi tenglamalar tizimini yechib, tegishli parametrlar baholanadi. Masalan, eksponensial taqsimlanish bitta λ parametrga ega.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Bu parametr boshlang'ich moment bilan ushbu ko'rinishda bog'langan:

$$\nu_1 = \frac{1}{\lambda}$$

Boshlang'ich momentning bahosi o'rtacha arifmetik qiymatdan iborat:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

λ parametrining momentlar usulidan foydalanib aniqlangan qiymati:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\nu_1} = \frac{1}{\bar{t}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

Me'yorida taqsimlanishning matematik kutilmasi $t_{o'r}$ ning bahosi quyidagi formuladan aniqlanadigan tanlangan o'rtacha t dan iborat bo'ladi:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

bu yerda: $t_1, t_2, \dots, t_n$ - obyektlarning ishlamay qolguniga qadar ishlash muddati.

O'rtacha kvadratik chetlashish σ ni baholash uchun ushbu formuladan foydalaniladi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (t_j - \bar{t})^2}$$

Asimmetriya koeffitsiyentining statistik bahosi quyidagi tenglama yordamida hisoblab topiladi:

$$\bar{A} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (t_j - \bar{t})^3}{\sigma^3}$$

Ekssess koeffitsiyentining statistik bahosi quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{E} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (t_j - \bar{t})^4}{\sigma^4} - 3$$

Logarifmik-me'yorida taqsimlanish qonuni uchun tasodifiy kattalikning matematik kutilmasi bahosi ushbu formuladan hisoblab topiladi:

$$\bar{Y}_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln t_j.$$

Tasodifiy kattalik logarifmi o'rtacha kvadratik chetlashishining bahosi $\bar{\sigma}_\lambda$ quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{\sigma}_\lambda = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\ln t_j - \bar{Y}_0)^2}.$$

Kvantillar usuli. Bu usulda nazariy taqsimlanish kvantillari empirikka tenglashtiriladi. Tenglashlar soni mos ravishda baholanayotgan parametrlar soniga teng olinadi. Masalan, me'yorida taqsimlanishda tasodifiy kattalikning amaliy tarqalish maydonining chegarasi 6σ ni (barcha qiymatlarning 99,73 % ga teng) tashkil etishi ma'lum. U holda bunday yozish mumkin:

$$\begin{aligned} x_{\min} &= \bar{x} + 3S; & M(x) &= \bar{x} = \frac{x_{\min} + x_{\max}}{2}; \\ x_{\max} &= \bar{x} - 3S. \end{aligned} \quad \text{Bundan:} \quad \sigma_x = S = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{6}.$$

Matematik kutilma $M(x)$ va o'rtacha kvadrat chetlanish σ_x ikki parametrlil normal taqsimlanish qonunining qidirilayotgan parametrlari hisoblanadi.

Haqiqatga eng katta yaqinlik usuli. x tasodifiy kattalik $f(x, \Theta)$ taqsimlanish zichligiga ega bo'lsin. Unda ushbu funksiya:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_N; \Theta) = \prod_{k=1}^N f(x_k, \Theta)$$

haqiqatga yaqinlik funksiyasi deb ataladi. Bu usulda Θ parametрни baholashda shunday qiymatlar olinadiki, unda L funksiya o'zining eng katta qiymatiga erishadi. L va $\ln L$ kattaliklar ekstremumga Θ ning bir xil qiymatlarida yetib borgani uchun, hisoblarni sodalashtirish maqsadida ushbu ifodadan foydalaniladi:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \Theta} = 0.$$

Misol uchun eksponensial qonunning λ parametrini baholaymiz. Tajribada olingan $t_1, t_2, \dots, t_n$ buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti uchun haqiqatga yaqinlik funksiyasi ushbu ko'rinishga ega:

$$L = (\lambda e^{-\lambda_1})(\lambda e^{-\lambda_2}) \dots (\lambda e^{-\lambda_N}) = \lambda N \prod_{i=1}^N e^{-\lambda_i}$$

Logarifmlangandan so'ng ushbuni olamiz:

$$\lg L = N \lg \lambda - \lambda \sum_{i=1}^N t_i$$

$$\frac{\lg L}{\partial \lambda} = 0 \text{ ni hisoblab uzil-kesil ushbu ifodani hosil qilamiz: } \lambda = \frac{N}{\sum_{i=1}^N t_i}.$$

Eng kichik kvadratlar usuli. Bu usuldan grafik usulga nisbatan aniqroq natija olish uchun foydalaniladi. Masalan, agar ikki o'zgaruvchi orasidagi bog'lanish chiziqli ekani ma'lum bo'lib, u quyidagicha $y=ax+b$ bilan ifodalansa, tajribada olingan y_i va x_i qiymatlari berilgan bo'lsa, a va b parametrlar ushbu formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$a = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}; \quad b = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}.$$

Yuqorida ko'rsatilgan puxtalik ko'rsatkichlarini baholash usullaridan foydalanilganda turli formula va ifodalar ishlatilishi mumkin. Ularni tanlab olish sinov rejalariga asoslanib amalga oshiriladi.

Chastotalar taqsimlanishining empirik va nazariy funksiyalarini moslik mezonlari bo'yicha taqqoslash. Har bir nazariy taqsimlanishga parametrlar deb ataluvchi bir nechta kattaliklar (matematik kutilma, dispersiya va hokazo) kiradi. Bu kattaliklar noma'lum bo'ladi, ularni empirik taqsimlash yo'li bilan aniqlash mumkin. Buning uchun zichlik funksiyasiga nazariy qiymatlar o'rniga empirik qiymatlarni qo'yish lozim. Keyin barcha oraliqlar uchun o'rtacha qiymatlarining ehtimolligini hisoblab topish kerak. Ana shu ehtimolliklarni tajribalar soniga ko'paytirib tasodifiy kattalik chastotalarining nazariy qiymatlarini olamiz. Bu qiymatlarni to'g'rilangan egri chiziq ko'rinishida tasvirlash mumkin.

Empirik egri chiziqni to'g'rilagandan so'ng, uning tanlangan taqsimlanish nazariy qonuniga mosligi tekshiriladi. Empirik

ma'lumotlarni tahlil qilishda shunday hollar bo'lishi mumkinki, bunda aynan bir xil ma'lumotlarni bir necha taqsimlashlar bilan muvaffaqiyatli ravishda tavsiflash mumkin bo'ladi. Hamisha moslikning eng katta ehtimolligini beradigan taqsimlanishni tanlagan ma'qul. Mashinalarning puxtaligiga tatbiqan, ko'pincha Pirsonning yoki Kolmogorovning moslik mezonlaridan foydalaniladi.

Pirsonning moslik mezoni ushbu formuladan aniqlanadi:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i},$$

bu yerda: m_i - statistik qatorning i - oralig'idagi sinov chastotasi (voqealar miqdori); n - qabul qilingan oraliqlar miqdori; m'_i - statistik qatorning i - oralig'idagi nazariy chastota:

$$m'_i = N \left[F(t_{i+1}) - F(t_i) \right].$$

Qiymati 5 dan kichik bo'lgan chastotalarni birlashtirib yuborish zarur. χ^2 ni aniqlagandan so'ng erkinlik darajalari sonini aniqlaymiz:

$$k = n_1 - r - 1,$$

bu yerda: k - erkinlik darajalari soni; n_1 - taqqoslanadigan chastotalar soni (oxiridagi birlashtirilgan chastotalar bitta chastota deb qabul qilinadi); r - nazariy taqsimlanish funksiyasi parametrlarining soni. k va χ^2 larning qiymatlari ma'lum bo'lganda moslik ehtimoli $P(\chi^2)$ ni topamiz. Olingan qiymat qanchalik kichik bo'lsa, empirik va nazariy taqsimlanishlar o'rtasidagi moslik shunchalik yaxshi bo'ladi.

Kolmogorovning moslik mezoni quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\lambda = D_{\max} \cdot \sqrt{N}, \quad D_{\max} = (m_i - m'_i)_{\max}$$

bu yerda: m_i, m'_i - to'plangan eng katta nazariy va tajriba chastotalari; N - mustaqil o'lchovlar soni. Agar qabul qilingan ishonchli ehtimollik bo'yicha olingan $\lambda < \lambda_m$ bo'lsa, unda ehtimolliklarning nazariy va tajriba taqsimotlari orasidagi farq katta bo'lmaydi. λ ifodalaridan foydalanib (ilovadagi 6-jadval) moslik ehtimoli $P(\lambda)$ ni topamiz. Agar $\lambda \leq 1,0$ bo'lsa, u holda taqsimlanishning empirik va nazariy qonunlari o'rtasida moslik

yaxshi hisoblanadi. Moslik ehtimollik funksiyasi $P(\lambda)$ da aniqroq baholanadi.

Taqsimlanishning ishonchli chegarasi va nisbiy xatolik. Me'yorida (normal) taqsimlanish qonuni amal qilganda bittalab ishlab chiqariladigan buyumning ko'rsatkichlari o'rtacha ko'rsatkichdan $\pm 3\sigma$ ga, Veybul-Gnedenkoning taqsimlanish qonuni amal qilganda 1a dan 2,5a gacha farq qiladi. Me'yorida taqsimlanish qonuni mavjud bo'lganda differensial egri chiziq uchun mo'ljallangan, absissalar o'qidan $\pm 3\sigma$ ko'rsatkich bilan chegaralangan yuza 99,7% ni tashkil etadi, ya'ni ehtimollikning yakka ko'rsatkichining 1000 tasidan 997 tasi $\pm 3\sigma$ oraliqda bo'ladi, 3 tasi esa mazkur qonun amal qiladigan chegaradan tashqarida bo'ladi.

Qamrash yuzasi α ning (differensial egri chiziq uchun mo'ljallangan) yanada kichik qiymatlaridan foydalanib, markazlashgan va normallashtirilgan $F_0(t) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right) \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ funksiya jadvalidan $t\alpha$ ni topamiz.

Masalan, $\alpha = 0,80$, $F_0(t)=0,9$ bo'lganda $t\alpha=1,28$ bo'ladi. Bitta buyumning puxtalik ko'rsatkichlarini (detalning qoldiq resursini, traktorni tuzatishga jo'natish muddatini va hokazo) aniqlash uchun quyidagi taqsimlanish chegaralarini aniqlash lozim:

quyi ishonchli chegarasi $t_{\alpha}^q = \bar{t} - t_{\alpha} \cdot \sigma$;

yuqori ishonchli chegarasi $t_{\alpha}^y = \bar{t} + t_{\alpha} \cdot \sigma$.

$N < 25$ bo'lganda Styudentning taqsimlanish qonuni va t_{α} koeffitsiyentdan foydalanish kerak (ilovadagi 7-jadval). t_{α} koeffitsiyentdan $N > 25$ bo'lganda ham foydalansa bo'ladi, chunki bu holda qiymatlar o'rtasidagi farq uncha katta bo'lmaydi.

2.5. Mashinalar puxtaligini sinov natijalari bo'yicha aniqlash

Mashinalarni puxtalikka sinash ularning haqiqiy puxtalik darajasini aniqlash maqsadida o'tkaziladi. Tabiiyki, sinovga bosh to'plamdan tanlab olingan mashinalar qo'yiladi. Saylanmani sinov

natijalari bo'yicha barcha to'plamning puxtaligi haqida fikr yuritiladi.

Mashinaning tugallangan tavsifi bo'lib buzilmasdan ishlash vaqtining taqsimlanish qonuni xizmat qiladi. Agar qonunning turi va parametrlari ma'lum bo'lsa bizni qiziqtirgan har qanday puxtalik tavsifini aniqlash oson. Buzilmasdan ishlash vaqtining taqsimlanish qonuni statistik aniqlash katta kuch va mablag' talab qiladi.

Qator hollarda buzilmasdan ishlash vaqtining taqsimlanish qonuni turi avvaldan ma'lum bo'ladi. Bunday holda tajriba yo'li bilan qonun parametrlarining qiymatlari topiladi, keyin esa puxtalikning kerakli tavsiflari, xususan, buzilmasdan ishlash ehtimoli taqsimot funksiyasi sifatida aniqlanadi, ya'ni:

$$P(t) \equiv F(t, \theta_1, \theta_2, \dots) \quad (2.1)$$

bu yerda: $P(t)$ – vaqt ichida buzilmasdan ishlash ehtimolining qiymati;

$\theta_1, \theta_2, \dots$ – taqsimot parametrlarining qiymati.

Buzilmasdan ishlash vaqtining taqsimlanish qonuni turi va parametrlarini aniqlash

Sinovlar natijasida parametрни baholashning *nuqtaviy* va *interval* qiymatlarini olish mumkin. Ularni matematik kutilma kabi belgilaymiz, faqat ajralib turishi uchun ustiga chiziqcha qo'yamiz, masalan, $\bar{\theta}$. Interval bilan baholashda qanday oraliq (interval) baholanayotgan parametрning matematik kutilmasini berilgan α *ishonchli ehtimollik* bilan qoplashi aniqlanadi. Bunday intervalning chegaralarini *ishonchli chegaralar* deb ataladi. Bunday yozish mumkin:

$$\alpha = \text{Ishon}(\theta_q \leq \theta \leq \theta_{yu}) \quad , \quad (2.2)$$

bu yerda θ_q, θ_{yu} – θ parametрning quyi va yuqori ishonchli chegaralari.

θ ning qiymati $[\theta_q, \theta_{yu}]$ intervaldan tashqarida bo'lish ehtimolini *ahamiyatlilik darajasi* β deb ataladi:

$$\beta = \text{Ishon}(\theta_q > \theta > \theta_{yu}) = 1 - \alpha \quad . \quad (2.3)$$

Ko'pincha ishonchli ehtimollik qiymatini 0,90; 0,95; 0,99 ga yoki ahamiyatlilik darajasini mos ravishda 0,10; 0,05; 0,01 ga teng deb qabul qilinadi. Ba'zan amaliy maqsadlarda intervalning bitta chegarasini quyi α_1 yoki yuqori α_2 aniqlash yetarli bo'ladi. Bunda

$$\alpha_1 = \text{Ishon}(\theta \geq \theta_q), \quad \alpha_2 = \text{Ishon}(\theta \leq \theta_{yu}) . \quad (2.4)$$

α , α_1 , α_2 ehtimolliklar o'zaro ushbu tenglama bilan bog'langan:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 - 1 . \quad (2.5)$$

Avval taqsimot qonuni turini aniqlashni ko'rib chiqamiz.

Mashinalar buzilishining eng keng tarqalgan taqsimlanish qonunlari quyidagilar hisoblanadi: eksponensial; kesilgan normal; logarifmik normal; Veybull; gamma; Reley; Puasson; Veybul-Gnedenko.

Taqsimot qonuni turini aniqlashda tajribadan olingan tavsiflar taqsimlanishini ushbu qonunlar bilan approksimatsiyalash tavsiya etiladi. Taqsimot qonunini aniqlashda ushbu tartibga rioya qilish maqsadga muvofiq:

- tajriba (sinov) natijalarini tayyorlash;
- puxtalikning qandaydir miqdoriy tavsifi gistogrammasini qurish;
- ishlaymay qolishlarning mo'ljallangan taqsimlanish qonunini ishlatish mumkinligini ma'lum moslik mezonlari (Kolmogorov, Pirson va boshqalar) dan foydalanib tekshirish.

Tajriba natijalarini tayyorlash, hisobot hujjatlaridan dastlabki natijalarni tanlab olish, variatsion qator tuzish va zarur hollarda ishlaymay qolishlar elektron jadvalini to'ldirishni o'z ichiga oladi.

2.6-jadval

Taqsimlanish qonunini aniqlash uchun dastlabki ma'lumotlar

Δt_i	$n(\Delta t_i)$	$P(t) = 1 - \frac{n(t)}{N_0}$	$\alpha(t) = \frac{n(\Delta t_i)}{N_0 \Delta t_i}$	$\lambda \left(t = \frac{n(\Delta t_i)}{N_0 \Delta t_i} \right)$
1	2	3	4	5
				.

Jadvalda Δt_i - i vaqt intervali uzunligi; $n(\Delta t_i)$ - Δt_i vaqt orali-
g'idagi ishlamay qolishlar soni; N_0 - sinovga qo'yilgan obyektlar
dastlabki soni; $N_{o,r} - \Delta t_i$ vaqt ichida buzilmasdan ishlagan ob-
yektlar soni; $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$ - buzilmasdan ishlash ehtimoli, ishla-
may qolishlar takroriyligi va jadalligi mos ravishda.

2.6-jadvaldagi ma'lumotlar asosida puxtalikning miqdoriy
tavsifi uchun ($P(t)$, $a(t)$ yoki $\lambda(t)$ uchun) gistogramma quriladi va
egri chiziq bilan approksimatsiyalanadi, uning ko'rinishini mos
keluvchi nazariy egri chiziqlar bilan taqqoslab ishlamay qolishlar
taqsimlanish qonunini taxminiy belgilash mumkin. Qabul qilingan
taqsimlanish qonunini uzil-kesil qabul qilish moslik mezonlari
bo'yicha tekshirish o'tkazilgandan so'ng amalga oshiriladi.

Tajriba va nazariy taqsimlanish egri chiziqlari mos kelishini
tekshirish uchun eng ko'p ishlatiladigan moslik mezonlari Pirson
 χ^2 mezon va Kolmogorov λ mezon hisoblanadi.

Pirsonning χ^2 mezonidan foydalanganda, $P(\chi^2 \leq \Delta \leq \infty)$
ehtimollik hisoblanadi. Bu yerda, Δ - chetlanish me'yori; χ^2 -
taqsimot zichligi funksiyasi, ushbu formuladan hisoblanadi:
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$
; n - tajribalarning umumiy soni; $p_i = n_i/n$ - statistik
qatorning i - intervalidagi takroriylik; k - statistik qatordagi in-
tervallar soni.

Ehtimollikni aniqlashda jadvallardan foydalaniladi. Agar,
 $P(\chi^2 \leq \Delta \leq \infty) < 0,1$ bo'lsa, u holda nazariy taqsimotni muvaffaqiyat-
siz tanlangan, deb hisoblash kerak. Aks holda olingan nazariy taq-
simot tajriba bilan mos keladi va qabul qilinishi mumkin deb hi-
soblash lozim.

Kolmogorovning moslik mezon asosida agar $D\sqrt{k} \leq 1$ shart
bajarilsa tajribada olingan taqsimot nazariy tanlanganiga mos
keladi. Bu yerda D - nazariy taqsimlanish egri chizig'ining tajriba
egri chizigidan eng katta chetlanishi; k - tajriba nuqtalarining
umumiy soni.

Taqsimot turini tanlanganidan so'ng uning parametrlarini aniq-
lashga kirishish mumkin.

Ekspontensial taqsimlanish

Ekspontensial taqsimot, odatda, tizim va uning elementlari to'satdan ishlamay qolishini ifodalaydi. Ekspontensial taqsimlanishning ehtimolliklar zichligi ushbu tenglama bilan beriladi.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.6)$$

bu yerda λ – ishlamay qolishlar jadalligi, buzilguncha o'rtacha ishlash vaqtiga teskari kattalik $\lambda = 1/T$.

Ekspontensial taqsimotning λ paramatrini qiymati sinov rejalari ga mos ravishda 6-jadvalda keltirilgan formulalar bo'yicha olinishi mumkin.

2.7-jadval

Ekspontensial taqsimot uchun sinov rejalari
(λ parametrni baholash)

Sinov rejai	Ishlash vaqti	Ishlamay qolishlar jadalligi	Quyi chegara	Yuqori chegara
[NUn]	$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_i$	$\bar{\lambda} = \frac{n}{t_{\Sigma}}$	$\lambda_q = \frac{\chi^2_{(1-\alpha_1)\chi^2_{2n}}}{2t_{\Sigma}}$	$\lambda_{yu} = \frac{\chi^2_{(\alpha_2)\chi^2_{2n}}}{2t_{\Sigma}}$
[NUr] $r \neq 0$	$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_0$	$\bar{\lambda} = \frac{r}{t_{\Sigma}}$	$\lambda_q = \frac{\chi^2_{(1-\alpha_1)\chi^2_{2r}}}{2t_{\Sigma}}$	$\lambda_{yu} = \frac{\chi^2_{(\alpha_2)\chi^2_{2r}}}{2t_{\Sigma}}$
[NUr] $r = 0$	$t_{\Sigma} = nt_0$	-	0	$\lambda_{yu} = \frac{r}{t_{\Sigma}}$
[NUt]	$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_0$	$\bar{\lambda} = \frac{r-1}{t_{\Sigma}}$	$\lambda_q = \frac{\chi^2_{(1-\alpha_1)\chi^2_{2r}}}{2t_{\Sigma}}$	$\lambda_{yu} = \frac{\chi^2_{(\alpha_2)\chi^2_{2n}}}{2t_{\Sigma}}$
[NRt]	$t_{\Sigma} = nt_0$	$\bar{\lambda} = \frac{r}{t_{\Sigma}}$	$\lambda_q = \frac{\chi^2_{(1-\alpha_1)\chi^2_{2r}}}{2t_{\Sigma}}$	$\lambda_{yu} = \frac{\chi^2_{(\alpha_2)\chi^2_{2n}}}{2t_{\Sigma}}$
[NRr]	$t_{\Sigma} = nt_r$	$\bar{\lambda} = \frac{r-1}{t_{\Sigma}}$	$\lambda_q = \frac{\chi^2_{(1-\alpha_1)\chi^2_{2r}}}{2t_{\Sigma}}$	$\lambda_{yu} = \frac{\chi^2_{(\alpha_2)\chi^2_{2n}}}{2t_{\Sigma}}$

Sinov rejasidagi birinchi harf N sinovga qo'yilgan mashinalar sonini, ikkinchi harf U buzilgan mashinalar sinovda qatnashmasligini, r esa ular ta'mirlanib yana sinovni davom ettirishini bildiradi. Sinov rejasining uchinchi harfi sinovni qachon tugashini ko'rsatadi, bunda n barcha mashinalar buzilguncha, r belgilangan buzilishlar soni yigilguncha, t esa belgilangan vaqt o'tguncha sinov davom etishini bildiradi.

Ekspontensial taqsimot uchun puxtalik ko'rsatkichlari $P(t) = e^{-\lambda t}$, $T = 1/\lambda$ ekanligini hisobga olib, ushuni olamiz:

$$P_q(t) = e^{-\lambda_q t} = e^{-t/T_q}, \quad P_{yn}(t) = e^{-\lambda_{yn} t} = e^{-t/T_{yn}}, \quad T_q = 1/\lambda_{yn}, \quad T_{yn} = 1/\lambda_q \quad (2.7)$$

Taqsimot chegaralarini aniqlashda, erkinlik darajalari soni $2n$ yoki $2r$ 100 dan ortiq bo'lsa, buzilguncha ishlash vaqti normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi va bu qonunga binoan $T_{yn,q} = \bar{T} \pm t_{\alpha(n-1)} S / \sqrt{n}$ bo'ladi.

Normal taqsimlanish

Ko'pincha asta-sekin ishlamay qolishlar sodir bo'lganda, mashinaning puxtaligini baholash uchun taqsimotning normal qonunidan foydalaniladi. Normal taqsimlanishning ehtimolligi zichligi ushbu tenglama bilan beriladi.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.8)$$

bu yerda, T – buzilguncha ishlash o'rtacha vaqti; σ – buzilmasdan ishlash vaqtining o'rtacha kvadrat chetlanishi.

Normal taqsimlanishda tasodifiy kattalik $-\infty$ dan $+\infty$ gacha har qanday qiymatni qabul qilishi mumkin bo'lgani, buzilmasdan ishlash vaqti esa faqat musbat son bo'lishi mumkin ekanligi uchun kesilgan normal taqsimlanishdan foydalanish kerak bo'ladi.

$$f(t) = \frac{c}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-T_1)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.9)$$

bu yerda, s – me'yorlovchi ko'paytma

Me'yorlovchi ko'paytma s ushbu $c \int_0^{\infty} f(t) dt = 1$ ifodadan aniqlanadi:

$$c = 1 / F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right) = 1 / \left[0,5 + \Phi_0\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)\right] \quad (2.10)$$

bu yerda: $F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{T_1/\sigma} e^{-x^2/2} dx$ – normal taqsimlanishning jadvallash tirilgan integral funksiyasi; $\Phi_0\left(\frac{T_1}{\sigma}\right) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{T_1/\sigma} e^{-x^2/2} dx$ – Laplasning me'yorlangan funksiyasi.

Buzilguncha o'rtacha ishlash vaqti va kesik normal taqsimotning T_1 parametri ushbu ifoda bilan bog'langan

$$T = T_1 + \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)}} e^{-T_1^2/2\sigma^2} \quad (2.11)$$

Ishlamay qolishlari normal taqsimlangan qurilmalarning puxtaligini baholashda aksariyat hollarda $T/\sigma \geq 2$ bo'ladi, s koeffitsiyent birdan kam farq qiladi va kesik normal taqsimot oddiy normal qonun bilan yetarlicha aniqlikda approksimatsiyalanadi.

Hajmi n mashinadan iborat va ishlash vaqti $t_1, t_2, \dots, t_n$ bo'lgan tanlanmani sinashda taqsimlanish parametrlari T va σ ushbu formulalar bo'yicha baholanadi:

$$\bar{T} = \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) / n, \quad (2.12)$$

$$\bar{\sigma} = S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2}. \quad (2.13)$$

Vaqtning tejash va n katta, t_1 esa katta yoki butun bo'lmagan son bo'lsa, S ni hisoblashdagi hatolarni kamaytirish maqsadida ushbu tenglikdan foydalanish kerak

$$\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2 = \sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2. \quad (2.14)$$

T ning ishonchli chegaralari ushbu tenglamalar bo'yicha aniqlanadi:

$$T_q = \bar{T} - t_{\alpha_1(n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad - \text{quyi chegara} \quad (2.15)$$

$$T_{yu} = \bar{T} + t_{\alpha_2(n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad - \text{yuqori chegara} \quad (2.16)$$

bu yerda $t_{\alpha, (n-1)}$ — α ehtimollik yoki $\beta = 1 - \alpha$ ahamiyatlilik darajasi va $f = n - 1$ erkinlik darajalari soni uchun Student taqsimoti kvantili, ilovadagi 7-jadval bo'yicha olinadi.

Ishonchli chegaralarni ikki tomonlama aniqlangan holda

$$\beta_1 = \beta_2 = (1 - \alpha) / 2.$$

σ ning ishonchli chegaralari ushbu formula yordamida aniqlanadi

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{(1-\beta/2)(n-1)}} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{(\beta/2)(n-1)}} \quad (2.17)$$

bu yerda: $\chi^2_{(1-\beta/2)(n-1)}$ - ehtimollik $p=1-\beta/2$ va erkinlik darajalari soni $k=n-1$ bo'lganda χ^2 -kvadrat taqsimlanish kvantili; $\chi^2_{(\beta/2)(n-1)}$ - shuning o'zi $p=\beta/2$ uchun.

$\chi^2_{(p)(k)}$ qiymatlari ilovadagi 5-jadvaldan topiladi.

Agar mashinaning buzilmasdan ishlash vaqti normal taqsimotga ega bo'lsa, u holda t vaqt ichida buzilmasdan ishlash ehtimolini baholash ushbu formula bo'yicha bajariladi

$$\bar{P}(t) = 1 - \left[\Phi_0\left(\frac{t-\bar{T}}{S}\right) + \Phi_0\left(\frac{\bar{T}}{S}\right) \right], \quad (2.18)$$

bu yerda $\Phi_0(z)$ - Laplasning me'yorlangan funksiyasi, ilovadagi 8-jadval bo'yicha olinadi.

$$\Phi_0(z) = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-v^2/2} dv. \quad (2.19)$$

Bunda, Φ_0 funksiya toq ekanligini hisobga olish kerak, ya'ni $\Phi_0(-z) = -\Phi_0(z)$.

$P(t)$ uchun quyi ishonchli chegara ushbu formula bo'yicha taxminan topilishi mumkin

$$P_q(t) \approx \bar{P}(t) - u_\alpha \bar{\sigma}_{\bar{P}} \quad (2.20)$$

bu yerda: u_α - normal taqsimlanish kvantili ($T=0$ va $\sigma=1$ bo'lganda), I.7 jadval bo'yicha aniqlanadi; $\bar{\sigma}_{\bar{P}}$ - $\bar{P}(t)$ ni baholashdagi standart chetlanishni qiymati;

$$\bar{\sigma}_{\bar{P}}^2 = \frac{k^2}{n} \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{t-\bar{T}}{S} \right)^2 \right], \quad (2.21)$$

$$k = 0,4 \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\bar{T}}{S} \right)^2 \right], \quad (2.22)$$

Agar asta-sekin ishlamay qolishlar ko'rilayotgan bo'lsa va puxtalikning chiqish tavsifi Y yo'l qo'yiladigan chegaralar Y_q, Y_{yu} dan chiqmasligi, ya'ni $Y_q \leq Y \leq Y_{yu}$ ehtimoli bilan aniqlansa, u holda $P(Y)$ ni baholash quyidagi formula bo'yicha o'tkaziladi:

$$\bar{P}(Y) = \Phi_0\left(\frac{Y_{yu}-Y}{S}\right) - \Phi_0\left(\frac{Y_q-Y}{S}\right), \quad (2.23)$$

Quyidagi ishonchli chegara $P(Y)$ (4.20) formulaga o'xshash taqriban aniqlanadi, lekin baholash dispersiyasi ushbu formula yordamida topiladi:

$$\bar{\sigma}_p^2 = \frac{1}{n} \left[k_1^2 \left(1 + \frac{1}{2} z_1^2 \right) + k_2^2 \left(1 + \frac{1}{2} z_2^2 \right) - 2k_1 k_2 \left(1 + \frac{1}{2} k_1 k_2 \right) \right], \quad (2.24)$$

bu yerda $k_i = 0,4 \exp\left(-\frac{1}{2} z_i^2\right)$, $z_i = (y_i - \bar{y})/S$ $i=1; 2$ bo'lganda

T ni ε soatdan ko'p bo'lmagan xatolik, α ishonchli ehtimollik bilan taxminan aniqlash uchun sinovlar hajmi ushbu tenglama yordamida olinishi mumkin.

$$n \approx (z_p \sigma_0 / \varepsilon)^2 \quad (2.25)$$

bu yerda: z_p – normal taqsimlanish kvantili, $p = \alpha$ ehtimollik uchun ilovadagi 6 jadval bo'yicha aniqlanadi; σ_0 – σ ning taxminiy qiymati.

Gamma-taqsimlanish

Mashinalar puxtaligini baholash amaliyotida ushbu taqsimlanish katta ahamiyatga ega, chunki har bir tashkil etuvchisining buzilishlari eksponensial taqsimlangan tizimning buzilmasdan ishlash vaqti ushbu qonunga bo'ysunadi. Shuningdek, ta'mirlanadigan mashinalarning ma'lum ishlamay qolishlar sonida ularning ishlash vaqtini gamma-taqsimlanish yordamida baholash mumkin.

Gamma-taqsimlanish bo'lganda ishlash vaqti ehtimolligining zichligi ushbu ko'rinishga ega:

$$f(t) = \frac{t^{m-1} \lambda^m}{(m-1)!} e^{-\lambda t}, \quad (2.26)$$

bu yerda: m – taqsimot shaklining parametri; λ – masshtab parametri.

Odatda, m parametr ma'lum bo'ladi, chunki u rezervlangan qurilmadagi tashkil etuvchilar soni yoki eksponensial taqsimlanishga ega mashinaning sinov vaqtidagi buzilishlari soni sifatida olinadi. Bu holda λ ishlamay qolishlar jadalligi bo'ladi.

m va λ parametrlarni momentlar usuli bilan aniqlash oson

$$M(t) = T = \frac{m}{\lambda} \approx \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) / n \quad (2.27)$$

$$D(t) = \frac{m}{\lambda^2} \approx \left[\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2 \right] / (n-1) \quad (2.28)$$

bu yerda: t_i – bitta mashinaning m - buzilishgacha ishlash vaqti; n – sinalayotgan mashinalar soni.

(2.27) va (2.28) tenglamalarni birgalikda yechish m va λ qiymatlarini baholash imkoniyatini beradi. Ma'lum m bo'lganda λ parametri bo'lib, quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadigan, tajribada olingan qiymat $\bar{\lambda}$ hisoblanadi

$$\bar{\lambda} = mn / \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.29)$$

λ uchun α_1 va α_2 ishonchli ehtimolliklarga javob beradigan ishonchli chegaralar ushbu tenglamalar bo'yicha aniqlanadi

$$\lambda_q = \bar{\lambda} \chi_{(1-\alpha_1)(2mn)}^2 / 2mn \quad (2.30)$$

$$\lambda_{yu} = \bar{\lambda} \chi_{(\alpha_2)(2mn)}^2 / 2mn \quad (2.31)$$

bu yerda: $\chi_{(1-\alpha_1)}^2$ va $\chi_{\alpha_2}^2$ - erkinlik darajasi $2mn$ bilan $1-\alpha_1$ va α_2 ehtimollik uchun χ^2 -kvadrat taqsimlanish kvantillari.

(2.29) tenglamani hisobga olib (2.30) va (2.31) ni yanada qulayroq ko'rinishda yozish mumkin:

$$\lambda_q = \chi_{(1-\alpha_1)(2mn)}^2 / 2 \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.32)$$

$$\lambda_{yu} = \chi_{(\alpha_2)(2mn)}^2 / 2 \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.33)$$

Demak, λ ning ishonchli chegaralarini aniqlashda χ^2 -kvadrat taqsimlanish jadvalidan (I.1-jadval) foydalanish kerak.

Buzilishlari gamma-taqsimlanishga bo'ysunadigan mashinalarning buzilmasdan ishlash ehtimolini baholash ushbu formula bo'yicha bajariladi

$$\bar{P}(t) = 1 - \sum_{k=m}^{\infty} \frac{(\bar{\lambda}t)^k e^{-\bar{\lambda}t}}{k!}, \quad (2.34)$$

bu yerda: $\bar{\lambda}$ va $\bar{m}$ – mos ravishda masshtab parametrining va taqsimot qonuni ko'rinishi parametrining qiymatlari.

$\bar{P}(t)$ ni hisoblash uchun Puasson funksiyasining yig'ilgan qiymatlari ilovadagi 9-jadvaldan foydalanish mumkin. $\bar{m}$ butun son bo'lmagan holatlarda interpolyatsiyalash usuliga murojaat qilish kerak.

Kichik, lekin birdan katta m qiymatlari jadvallarda bo'lmagan holda, shuningdek, $\lambda t < 0,1$ qiymatlarda ushbu formuladan foydalanish mumkin

$$\bar{P}(t) = \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(\bar{\lambda}t)^k}{k!} e^{-\bar{\lambda}t} \quad (2.35)$$

Ma'lum m parametrda, agar nisbiy xatolik δ (foizlarda) berylgan bo'lsa, λ parametrni baholash uchun kerakli n sinovlar hajmini aniqlash mumkin. $r_1 = 1 + \frac{\delta}{100} = \frac{\bar{\lambda}}{\lambda_n}$ orqali belgilab ilovadagi 2-jadval bo'yicha berilgan r_1 va ishonchli ehtimollik $\alpha' = (1+\alpha)/2$ (α – ishonchli interval ehtimolligi) uchun erkinlik darajasi soni $mn = k$ ni topamiz. Bu holda, $n = k / m$.

Buzilmasdan ishlash ehtimolligini bevosita baholash

Agar sinovlarda sinalayotgan obyektlar ish hajmini (yoki vaqtini) muntazam qayd etish imkoniyati bo'lmasa va faqat buzilishlar soni qayd etilsa, buzilmasdan ishlash (yoki buzilish) ehtimolligini baholash mustaqil sinovlarda bevosita takroriylik (chastota) yordamida ushbu formula bo'yicha bajariladi.

$$\bar{P} = (n-r)/n, \quad \bar{Q} = r/n \quad (2.36)$$

bu yerda: $\bar{P}$ va $\bar{Q}$ - mos ravishda buzilmasdan ishlash ehtimolligi va ishlamay qolish ehtimolligi; n – sinalayotgan mashinalar soni; r – qayd etilgan ishlamay qolishlar soni.

Ko'pincha avval ishlamay qolish ehtimolini, keyin esa, zaruriyat bo'lsa buzilmasdan ishlash ehtimolligini baholash qulayroq.

Ishlamay qolish ehtimolligi ishonchli chegaralari quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$Q_q = \frac{\chi^2_{(1-\alpha_1)(2r)}}{2n-r+1 + \frac{1}{2} \chi^2_{(1-\alpha_1)(2r)}} \quad (2.37)$$

$$Q_{yu} = \frac{\chi^2_{(\alpha_2)(2r+2)}}{2n-r + \frac{1}{2} \chi^2_{(\alpha_2)(2r+2)}} \quad (2.38)$$

bu yerda: $\chi^2_{(1-\alpha_1)(2r)}$ - χ^2 -kvadrat taqsimlanish kvantili $k = 2r$ erkinlik darajasi bilan α_1 ehtimollik uchun; $\chi^2_{(\alpha_2)(2r+2)}$ - shu taqsimot kvantili $k = 2(r+1)$ erkinlik darajasi bilan α_2 ehtimollik uchun.

$\chi^2_{(1-\alpha_1)(2r)}$ va $\chi^2_{(\alpha_2)(2r+2)}$ qiymatlari ilovadagi 1-jadval bo'yicha aniqlanadi.

Ikki tomonlama ishonchli intervalni α ehtimollik bilan aniqlashda $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 - 1$ tenglamadan kelib chiqish kerak. $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha'$ bo'lganda $\alpha = 2\alpha' - 1$ bo'ladi.

Agar ishlamay qolishlar soni $r = 0$ bo'lsa, u holda

$$\bar{Q} \approx 1/(n+1), Q_q = 0, Q_{\mu} = 1 - \sqrt{1 - \alpha_2} \quad (2.39)$$

Q ni baholash uchun kerakli sinovlar hajmi n ni chegaraviy mutlaq xatolik ε bilan α ishonchli ehtimollikda taxminan ushbu tenglamadan topiladi

$$n = \frac{z_{\alpha}^2}{\varepsilon^2} Q_0 (1 - Q_0) \quad (2.40)$$

bu yerda: Q_0 - buzilish ehtimolining taxminiy qiymati.

$P = \alpha$ uchun z_{α} qiymatini ilovadagi 6-jadvaldan topamiz.

2.6. Sinov natijalari asosida puxtalik ko'rsatkichlarining miqdoriy qiymatlarini aniqlash

Namunaviy misollar va ularning yechimlari

2.1-misol. Dizel motorining resursi 2.8-jadvaldagi statistik qator ko'rinishida berilgan. Taqsimlanish parametrlari va o'zgarish koeffitsiyenti aniqlansin.

2.8-jadval

Dizel motorning resursi

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

Yechish: Dizel motorlari resursining matematik kutilmasini topamiz:

$$t=t_0+\Delta t \cdot a_1=3340 \text{ soat};$$

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

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

bu yerda:

$$a_2 = \frac{\sum_{i=1}^k m_i (t_i)^2}{K} = 21,78;$$

Variatsiya (o'zgarish) koeffitsiyenti $v = \sigma/t = 1040/3340 = 0,311$ ga teng bo'ladi. Jadvaldagi qiymatlarga ko'ra, $v=0,311$ bo'lganda (ilovadagi 4-jadval) $\sigma=3,57$; $c_b=0,28$, u holda $a=\sigma/s_b=3714$.

2.2-misol. Elektr generatori rotori o'qining zoldirli podshipniklarini buzilmasdan ishlash vaqti parametrlari $k=1,5$, $\lambda_0=10^{-4}$ 1/soat, $t=100$ soat bo'lgan Veybull taqsimlanish qonuniga bo'ysunadi. Qurilma puxtaligining miqdoriy tavsiflarini hisoblash talab etiladi.

Yechish: Buzilmasdan ishlash ehtimolligini ilovadagi 1-jadvalda keltirilgan formula bo'yicha aniqlaymiz

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t^k} \quad P(100) = e^{-10^{-4} \cdot 100^{1.5}} = 0,9.$$

Ishlamay qolishlar takroriyliigi ushbu formula bo'yicha aniqlanadi.

$$a(t) = \lambda_0 k t^{k-1} \cdot e^{-\lambda_0 t^k}$$

$$a(100) = 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 100^{0,5} \cdot 0,9 = 1,35 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{soat}},$$

$$\lambda(100) = \frac{a(100)}{P(100)} = \frac{1,35 \cdot 10^{-3}}{0,9} = 1,5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{soat}}.$$

Birinchi ishlamay qolishgacha oʻrtacha ishlash muddatini ushbu formula boʻyicha hisoblaymiz.

$$T_{or} = G \left(\frac{1}{k} + 1 \right) / \lambda_0^{1/k}.$$

Avval ilovadagi 9-jadvaldan foydalanib gamma-funksiya qiymatini hisoblaymiz.

$$x = (1/k) + 1 = (1/1,5) + 1 \approx 1,67, \quad G(x) = 0,9033$$

$$T_{yp} = 0,9033 / (10^{-4})^{1,5} \approx 418 \text{ soat.}$$

Puxtalik koʻrsatkichlarining taqsimot qonunini aniqlash

2.3-misol. Tekshirish natijasida, T-25 traktorlariga oʻrnatilgan D-21 motorlarining resursi quyidagicha taqsimlanadi (2.9-jadval).

2.9-jadval

Dizel motorlari resursining taqsimlanishi

Oraliq, soat	1200-1600	1600-2000	2000-2400	2400-2800	2800-3200	3200-3600	3600-4000
Chastota	3	2	5	7	16	1	3

t resursning oʻrtacha taxminiy qiymati va σ oʻrtacha kvadratik chetlashish mos ravishda quyidagilarni tashkil etadi:

$$\bar{t} = t_0 + a_1 \Delta t = 2697,2 \text{ soat,}$$

bu yerda: t_0 - qandaydir boshlangʻich qiymat (3000 soat, deb olingan):

bu yerda: Δt - qabul qilingan oraliqning kattaligi; t_i - oraliqning oʻrtacha qiymati; k - oraliqlar soni:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (t_i - \bar{t})^2}{N}} = 620 \text{ soat}$$

Binobarin, oʻzgarish koeffitsiyenti ushbuga teng boʻladi:

$$\nu = \frac{\sigma}{\bar{t}} = \frac{620}{2697,2} = 0,23.$$

Resursning taqsimlanish qonunini muvofiqlik mezoniga koʻra tekshirganda meʼyorida taqsimlanish qonuni eng katta ehtimolga

ega ekanligiga ishonch hosil qilamiz. U holda hisoblashlarning 0,1 aniqligida kuzatishlarning kerakli soni quyidagicha bo'ladi:

$$N = \frac{1,96^2 \cdot 0,23^2}{0,1^2} = 21 \text{ (motor).}$$

2.4-misol. Fermerlar uyushmasida 18 ta D-243 motori o'rnatilgan TTZ-80X traktori bor. Agar motorlar resursining taqsimlanishi $t=2960$ soat, $\sigma=520$ soat parametrlri me'yorida taqsimlanish qonuniga bo'ysunishi ma'lum bo'lsa, ishlash muddatlarining qanday oralig'ida motorlarni ta'mirlash talab qilinishini aniqlash kerak.

Yechish: Ishonchli ehtimollikni $\alpha=0,90$ ga teng, deb olamiz. $\alpha=0,90$ va $N=18$ bo'lgan hol uchun ilovadagi 7-jadvaldan α qiymatini aniqlaymiz: $t_\alpha=1,75$.

Quy chegara $t_{\alpha=90}=t - t_{90} \cdot \sigma = 2960 - 1,75 \cdot 520 = 2050$ soatni, yuqori chegara $t_{\alpha=90}=2960+1,75 \cdot 520=3870$ soatni aniqlaymiz.

Ishonchli oraliqni hisoblab topamiz:

$$J_{90}=t_{yu.} - t_q = 3870 - 2050=1820 \text{ soat.}$$

2.5-misol. Sinovga $N_0 = 400$ ta ta'mirlanmaydigan mahsulot qo'yilgan. $T = 3000$ soat vaqt ichida $n(t) = 200$ ta mahsulot buzilgan edi. Yana $\Delta t = 100$ soatda esa 100 ta mahsulot buzildi. Qo'shimcha sinov vaqti uchun $P(3000)$, $P(3100)$, $P(3050)$, $a(3050)$ va $\lambda(3050)$ aniqlansin.

Yechish: 1. $P(t)=\frac{N_0-n(t)}{N_0}$ formula bo'yicha buzilmasdan ishlash ehtimolini topamiz.

Qo'shimcha sinov boshlanishida $t = 3000$ soat uchun

$$P(3000)=\frac{400-200}{400}=0,5.$$

Qo'shimcha sinov oxirida $t=3100$ soat uchun

$$P(3100)=\frac{400-300}{400}=0,25.$$

Δt vaqt oralig'ida buzilmasdan ishlagan mahsulotlarning o'rtacha sonini aniqlaymiz

$$N_{o,r} = \frac{200 + 100}{2} = 150$$

$t = 3050$ soatda buzilgan mahsulotlar soni
 $n(3050) = N_0 - N_{o,r} = 400 - 150 = 250$.

U holda $P(3050) = \frac{400 - 250}{400} = 0,375$.

2. Buzilishlar takroriyligi (ishlamay qolishlarning taqsimlanish zichligi) ni aniqlaymiz.

$$\alpha(3050) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t N_0} = \frac{100}{100 \cdot 400} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ l/soat.}$$

3. Ishlamay qolish jadalligini aniqlaymiz.

$$\lambda(3050) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t \cdot N_{o,r}} = \frac{100}{100 \cdot 150} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ l/soat.}$$

Ishlamay qolishlar jadalligini boshqacha aniqlasa ham bo'ladi:

$$\lambda(3050) = \frac{\alpha(3050)}{P(3050)} = \frac{0,0025}{0,375} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ l/soat.}$$

Taqsimot qonuni turini aniqlash

2.6-misol. Tajribalar natijasida mashinaning buzilmasdan ishlash vaqtini quyidagi variatsion qatori olingan, soatlarda:

2; 3; 3; 5; 6; 7; 8; 8; 9; 9; 13; 15; 16; 17; 18;

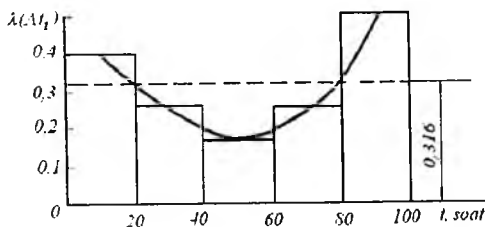
20; 21; 25; 28; 35; 37; 53; 56; 69; 77; 86; 98; 119.

Buzilmasdan ishlash vaqtining taqsimlanish qonunini aniqlang.

Yechish: 1. Boshlang'ich ma'lumotlardan foydalanib jadvalni to'ldiramiz. $\sum n_i = 28$.

Δt_i	$n(\Delta t_i)$	$\lambda \left(t = \frac{n(\Delta t_i)}{N_{o,r} \Delta t_i} \right)$
0-20	16	0,0400
20-40	5	0,0263
40-60	2	0,0167
60-80	2	0,0250
80-100	2	0,0500
100-120	1	-

1. Gistogramma quramiz.



2.1-rasm. $\lambda(\Delta t_i)$ gistogrammasi (2.6-misolga)

3. λ_{avr} qiymatini va eng katta chetlanishni topamiz.

$$\lambda_{avr} = \frac{0,04 + 0,0263 + 0,0167 + 0,025 + 0,05}{5} = 0,0316 \text{ 1/soat, } D = 0,0184$$

4. Tajriba taqsimotini eksponensial taqsimot bilan mos kelishini Kolmogorovning moslik mezonini bo'yicha tekshiramiz.

$$D\sqrt{k} = 0,0184\sqrt{28} = 0,097 < 1.$$

Demak, taqsimlanish qonunini eksponensial deb olamiz.

2.7-misol. Ishlamay qolishi normal taqsimlangan 10 ta detalni sinashda quyidagi buzilmasdan ishlash vaqtining qiymatlari soatlarda olingan: $t_1 = 150, t_2 = 100, t_3 = 70, t_4 = 200, t_5 = 100, t_6 = 100, t_7 = 150, t_8 = 200, t_9 = 80, t_{10} = 150$.

Taqsimlanish parametrlari T va σ hamda ikki tomonlama ishonchli intervallarni $\alpha = 0,95$ ehtimollik bilan baholash talab etiladi.

Yechish: 1. $\bar{T} = \left(\sum_{i=1}^n t_i \right) / n$ formuladan foydalanamiz:

$$\bar{T} = \frac{1}{10} (150 + 100 + 70 + 200 + 100 + 100 + 150 + 200 + 80 + 150) = 130 \text{ soat.}$$

2. S ni aniqlash uchun dastlabki hisoblarni bajarib jadvalni to'ldiramiz.

$t_i - \bar{T}$	20	30	60	70	30	30	20	70	50	20
$(t_i - \bar{T})^2$	400	900	3600	4900	900	900	400	4900	2500	400

$$\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{T})^2 = 19800. \text{ Olingan qiymatlarni } \bar{\sigma} = S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2}$$

formulaga qo'y sak:

$$S = \sqrt{\frac{19800}{10-1}} = 47.$$

3. Buzilguncha o'rtacha ishlash vaqti T ning ishonchli intervalini aniqlash uchun $\frac{S}{n} = \frac{47}{\sqrt{10}} = 14,8$ ni hisoblaymiz. Ilovadagi Styudent taqsimoti kvantillari jadvalidan ehtimollik $\alpha = 0,95$ va erkinlik darajalari soni 9 bo'lganda

$$t_{\alpha, n-1} = 1,83$$

bu yerda: $t_{\alpha, (n-1)}$ – Styudent taqsimoti kvantili α ehtimollik yoki $\beta = 1-\alpha$ ahamiyatlilik va $f = n - 1$ erkinlik darajalari soni.

T ning ishonchli chegaralari ushbu tenglamalar bo'yicha aniqlanadi:

Quyi chegara $T_q = \bar{T} - t_{\alpha, (n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}}$, $T_q = 130 - 1,83 \cdot 14,8 = 130 - 27 = 103$ soat.

Yuqori chegara $T_{yu} = \bar{T} + t_{\alpha, (n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}}$, $T_{yu} = 130 + 27 = 157$ soat.

4. O'rtacha kvadrat chetlanish σ ning ishonchli intervalini aniqlash uchun ilovadagi xi-kvadrat taqsimotning kvantillari jadvalidan foydalanamiz.

$$\chi^2_{-(\beta/2), (n-1)} = \chi^2_{-(0,05), (9)} = 3,33,$$

$$\chi^2_{-(1-\beta/2), (n-1)} = \chi^2_{-(0,95), (9)} = 16,9.$$

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{(1-\beta/2), (n-1)}} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{(\beta/2), (n-1)}} \quad \text{formulaga asosan ushbuni olamiz:}$$

$$\frac{9 \cdot 47^2}{16,9} \leq \sigma^2 \leq \frac{9 \cdot 47^2}{3,33} \quad \text{yoki } 1100 < \sigma^2 < 5660.$$

Bundan $33,5 \text{ soat} < \sigma < 75 \text{ soat}$.

Ctistik ma'lumotlarga asoslanib puxtalik ko'rsatkichlarining miqdoriy qiymatlarini aniqlash

2.8-misol. 15 dona akkumulyator batareyalarini sinash natijasida buzilguncha ishlash vaqtining quyidagi soatlardagi qiymatlari olingan: 102; 123; 171; 184; 203; 227; 231; 255; 264; 289; 303;

325; 333; 381; 410. Buzilguncha ishlash vaqti ($\bar{T}$) va dispersiya (σ^2), shuningdek, T ning quyi chegarasi va σ ning yuqori chegarasi $\alpha = 0,95$ ehtimollik bilan aniqlansin.

Yechish: 1. Buzilguncha o'rtacha ishlash vaqtining quyi hisoblaymiz

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = \frac{1}{15} (102 + 123 + 171 + 184 + 203 + 227 + 231 + 255 + 264 + 289 + 303 + 325 + 333 + 381 + 410) = \frac{1}{15} \cdot 3801 = 253,4 \text{ soat.}$$

2. (4.14) dan foydalanib S^2 ni aniqlaymiz, buning uchun ishlash vaqtlarini kvadratga oshiramiz va yigamiz.

$$\sum_{i=1}^n t_i^2 = 10404 + 15129 + 29241 + 33856 + 41209 + 51529 + 53361 + 65025 + 69696 + 83521 + 91809 + 105625 + 110889 + 145161 + 168100 = 1074555;$$

$$\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2 = \frac{1}{15} 3801^2 = \frac{14447601}{15} = 963173,4;$$

$$\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2 = 1074555 - 963173,4 = 111381,6.$$

(4.13) formula bo'yicha S^2 keyin S ni topamiz:

$$S^2 = \frac{1}{14} \cdot 111381,6 = 7955,8 ; S = 89,2 \text{ soat.}$$

3. T ning quyi chegarasini aniqlash uchun $\frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{89,2}{\sqrt{15}} = 23$ kattalikni hisoblaymiz va Student taqsimlanishi kvantilini ilovadagi 7-jadvaldan 0,95 ehtimollik va $f = 14$ erkinlik darajasi uchun topamiz: $t_{(0,95)(14)} = 1,76$ (2.15) formula bo'yicha

$$T_q = \bar{T} - t_{\alpha_1(n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} = 253,4 - 1,76 \cdot 23 = 253,4 - 40,5 = 212,9 \text{ soat.}$$

Demak, 0,95 ehtimollik bilan o'rtacha ishlash vaqti 212,9 soatdan kam emasligini tasdiqlash mumkin.

4. σ ning yuqori chegarasi ushbu munosabatdan aniqlanadi

$$\sigma^2 < \frac{(n-1)S^2}{\chi_{(1-\alpha_1)(n-1)}^2}$$

Ilovadagi 1-jadvaldan $\chi_{(0,05)(14)}^2 = 6,57$, u holda

$$\alpha^2 < \frac{14 \cdot 7955,8}{6,57} = 16953; \quad \sigma < 130,2 \text{ soat.}$$

2.9-misol. Sinov rejalarini tuzish vaqtida asosan sinov vaqti va sinovga qo'yiladigan mashinalar sonini aniqlash zarur bo'ladi.

$T_{o,r} = 1000$ soat va $P(t) = 0,9$ bo'lganda sinov vaqtini aniqlang.

Yechish:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_{o,r}}} \quad \text{bundan} \quad t = T_{o,r} \ln P(t).$$

$t = 105$ soatni hosil qilamiz.

2.10-misol. $t_{\min} = 500$ soatdan kam emasligini tasdiqlovchi sinovlarning davom etish vaqti aniqlansin: $K=2$; $R = 1 - 0,9 = 0,1$.

Ilovadagi 5-jadvaldan $\chi^2 = 4,6$ ekanligi ma'lum bo'lsa, u holda $t_b = 0,5 \cdot 500 \cdot 4,6 = 1150$ soat.

2.11-misol. Agar σ_0 taxminan 50 soat, buzilguncha o'rtacha ishlash vaqtini aniqlash hatoligi $\varepsilon < 25$ soatdan ko'p emas, ehtimollik $\alpha = 0,90$ bo'lsa, sinovlar hajmi n aniqlansin.

Yechish: Ilovadagi 6-jadvaldan $\alpha = 0,90$ uchun $z_\alpha = 1,64$ ekanligini topamiz.

(2.25) tenglamadan

$$n \approx (z_\alpha \sigma_0 / \varepsilon)^2 = \left(\frac{1,64 \cdot 50}{25} \right)^2 = 11.$$

2.12-misol. 100 ta mashinaning sinovlari $t_0 = 500$ soat davom etdi. Sinovlar davrida 5 ta mashina buzildi. Ularning buzilguncha ishlash vaqti mos ravishda $t_1 = 50$, $t_2 = 150$, $t_3 = 250$, $t_4 = 300$ va $t_5 = 450$ soat bo'ldi. Mashinalarning buzilguncha o'rtacha ishlash vaqtini va o'rtacha kvadrat chetlanishni aniqlang. Mashinalarning xizmat muddati normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi.

Yechish:

1. Buzilish ehtimolliklari uchun ilovadagi 6-jadvaldan u_{P_i} kvantillarni 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 ehtimolliklar uchun topamiz:

$$u_{P_1} = 2,33; \quad u_{P_2} = 2,05; \quad u_{P_3} = 1,88; \quad u_{P_4} = 1,75; \quad \text{va} \quad u_{P_5} = 1,64.$$

Tenglamalar tuzamiz:

$$\left. \begin{aligned} T - 2,33\sigma &= 50, \\ T - 2,05\sigma &= 150, \\ T - 1,88\sigma &= 250, \\ T - 1,75\sigma &= 300, \\ T - 1,64\sigma &= 450. \end{aligned} \right\}$$

Berilgan tenglamalar tizimini yechish uchun ularni qo'shamiz
 $5T - 9,65\sigma = 1200$.

Keyin, dastlabki tenglamani σ oldidagi koeffitsiyentlarga ko'paytirib, yana qo'shamiz $9,65T - 18,90\sigma = 2160$.

Normal tenglamalarni yechib $T \approx 1140$ soat, $\sigma = 465$ soat ekanligini topamiz.

2. Olingan $\bar{T}$ va $S = \bar{\sigma}$ qiymatlari aniqligini baholash uchun

$$k = \frac{1140 - 500}{465} = 1,38$$

Ilovadagi 7-jadval bo'yicha $f_2(1,38) = 23,65$, $f_3(1,38) = 9,11$. U holda

$$\sigma^2(\bar{T}) \approx \frac{\sigma^2}{n} f_2(k) = \frac{465^2}{100} \cdot 23,65 = 51137,$$

$$\sigma^2(\bar{\sigma}) \approx \frac{\sigma^2}{n} f_3(k) = \frac{465^2}{100} \cdot 9,11 = 19698.$$

Bundan $\sigma(T) = 226$ soat, $\sigma(\sigma) = 140$ soat.

Ko'rinib turibdiki, bu misolda taqsimot parametrlarini topish aniqligi yuqori emas. Kattaligi $\pm 2\sigma$ bo'lgan ishonchli intervallar taxminan 95 % ehtimollikka to'g'ri keladi.

$$T \pm 2\sigma(T) = 1140 \pm 2 \cdot 226 = 1140 \pm 452 \text{ soat},$$

$$\sigma \pm 2\sigma(\sigma) = 465 \pm 2 \cdot 140 = 465 \pm 280 \text{ soat}.$$

Taqsimlanish qonuni ma'lum bo'lganda puxtalik ko'tsatkichlarini aniqlash

2.13-misol. Detalning buzilguncha ishlash vaqti parametrlari $T_1 = 8000$ soat, $\sigma = 2000$ soat bo'lgan kesilgan normal qonunga bo'ysunadi. Vaqt $t = 4000, 6000, 8000, 10000$ soat uchun puxtalik ko'rsatkichlari $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$, T_{or} aniqlansin.

Yechish: Ilovadagi 1-jadvalda keltirilgan formulalardan foydalanamiz.

1. Buzilmasdan ishlash ehtimolini hisoblaymiz.

$$P(t) = \frac{F\left(\frac{T_1 - t}{\sigma}\right)}{F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)};$$

$F_0(x)$ funksiya qiymatlari jadvalidan (ilova 1-jadval)

$$P(4000) = \frac{F\left(\frac{8000 - 4000}{2000}\right)}{F\left(\frac{8000}{2000}\right)} = \frac{F(2)}{F(4)} = \frac{0,97725}{1} = 0,97725;$$

$$P(6000) = \frac{F\left(\frac{8000 - 6000}{2000}\right)}{F\left(\frac{8000}{2000}\right)} = \frac{F(1)}{F(4)} = 0,8413;$$

$$P(8000) = \frac{F\left(\frac{8000 - 8000}{2000}\right)}{F\left(\frac{8000}{2000}\right)} = \frac{F(0)}{F(4)} = 0,5;$$

$$P(10000) = \frac{F\left(\frac{8000 - 10000}{2000}\right)}{F\left(\frac{8000}{2000}\right)} = \frac{F(-1)}{F(4)} = \frac{1 - F(1)}{1} = 0,1587;$$

Olingan ma'lumotlar bo'yicha qurilgan $P(t)$ grafigi 4- rasmda keltirilgan.

2. Ishlamay qolishlar takroriylik chastotasini aniqlaymiz:

$$\alpha(t) = \frac{1}{F(T_1/\sigma)\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-(t-T_1)^2/2\sigma^2}$$

Hisoblashlarni ilovadagi $\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$ funksiyaning jadvaldagi qiymatlaridan foydalanib bajarish qulay. Ko'rilayotgan

holatda $x = \frac{t - T_1}{\sigma}$.

$F(T_1/\sigma) = F(8000/2000) = F(4) \approx 1$ ekanligini nazarda tutib $\alpha(t) = \varphi(x)/\sigma$.

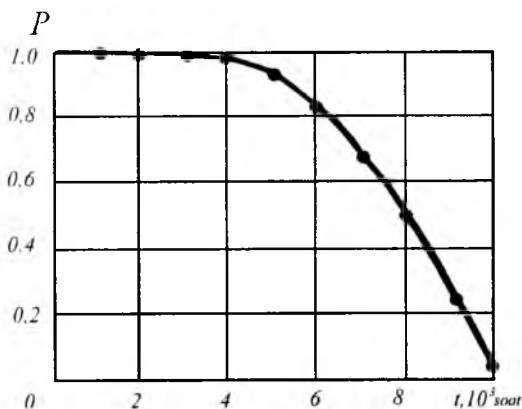
U holda

$$\alpha(4000) = \frac{\varphi\left(\frac{4000 - T_1}{\sigma}\right)}{\sigma} = \frac{\varphi\left(\frac{4000 - 8000}{2000}\right)}{2000} = \frac{\varphi(-2)}{2000} = \frac{\varphi(2)}{2000} = \frac{0,05399}{2000} = 2,7 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}}$$

$$a(6000) = \frac{\varphi\left(\frac{6000-8000}{2000}\right)}{2000} = \frac{\varphi(-1)}{2000} = \frac{\varphi(1)}{2000} = \frac{0,2420}{2000} = 12,1 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}};$$

$$a(8000) = \frac{\varphi\left(\frac{8000-8000}{2000}\right)}{2000} = \frac{\varphi(0)}{2000} = \frac{0,3989}{2000} = 20 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}};$$

$$a(10000) = \frac{\varphi\left(\frac{10000-8000}{2000}\right)}{2000} = \frac{\varphi(1)}{2000} = 12,1 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}}.$$



2.2-rasm. P ning t ga bog'liqligi (2.13- misolga)

Olingan ma'lumotlar bo'yicha qurilgan $a(t)$ grafigi 5-rasmda keltirilgan.

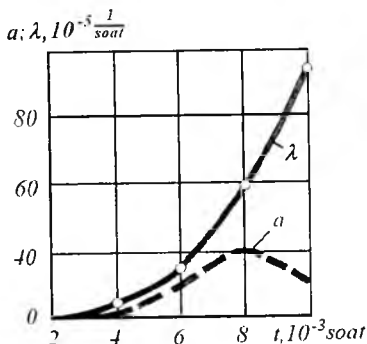
3. Ishlamay qolishlar jadalligi $\lambda(t)$ ni topilgan $a(t)$ va $\lambda(t)$ qiymatlarini $\lambda(t) = a(t)/P(t)$ ifodaga qo'yib aniqlaymiz:

$$\lambda(4000) = \frac{a(4000)}{P(4000)} = \frac{2,7 \cdot 10^{-5}}{0,97725} = 2,76 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}};$$

$$\lambda(6000) = \frac{a(6000)}{P(6000)} = \frac{12,1 \cdot 10^{-5}}{0,8413} = 14,4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}};$$

$$\lambda(8000) = \frac{a(8000)}{P(8000)} = \frac{20 \cdot 10^{-5}}{0,5} = 40 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}};$$

$$\lambda(10000) = \frac{a(10000)}{P(10000)} = \frac{12,1 \cdot 10^{-5}}{0,1587} = 76,4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}}.$$



2.3-rasm. α va λ ning t ga bog'liqligi (2.13- misolga)

Olingan ma'lumotlar bo'yicha qurilgan $\lambda(t)$ grafigi 5-rasmda keltirilgan.

4. Detalning buzilguncha o'rtacha ishlash muddatini aniqlaymiz.

$$T_{\text{op}} = T_1 + \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi} F(T_1/\sigma)} \cdot \exp(-T_1^2/2\sigma^2) = 8000 + \frac{2000}{\sqrt{2\pi} \cdot F(8000/2000)} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{8000}{2000}\right)^2\right) =$$

$$= 8000 + \frac{2000}{F(4)} \cdot \frac{e^{-8}}{\sqrt{2\pi}} = 8000,26 \text{ soat.}$$

Demak, detalning buzilguncha o'rtacha ishlash muddati uning matematik kutilmasidan farq qilmaydi. Olingan natijalar va 4 va 5-rasmlardan ko'rinadiki, bu holda kesilgan normal taqsimlanish qonuni normal qonunga yaqin bo'ladi.

2.14-misol. Detallarning buzilmasdan ishlash vaqti eksponensial qonunga bo'ysunadi. Detalning ishlash vaqti $t = 20000$ soat, ishlamay qolish jadalligi esa $\lambda = 3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/soat}$. 3 karra o'rin almashtirib rezervlash $m = 3$ bo'lganda mashina puxtalik ko'rsatkichlarining miqdoriy tavsiflarini aniqlang.

Yechish:

Puxtalik ko'rsatkichlarining miqdoriy tavsiflarini ilovadagi 1-jadvalda keltirilgan formulalar bo'yicha aniqlaymiz. Ko'rilayotgan masalada $\lambda = 3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/soat}$ $k = m + 1 = 4$.

Bu holda buzilmasdan ishlash ehtimoli $P(t) = e^{-\lambda t} \sum_{i=0}^3 \frac{(\lambda t)^i}{i!}$ bo'ladi.

Avval λt qiymatini aniqlab olamiz.

$$\lambda t = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^4 = 0,6.$$

Bu qiymatni $R(t)$ ifodasiga qo'yib, ushbu natijani olamiz

$$P(20000) = e^{-0,6} \left(1 + 0,6 + \frac{(0,6)^2}{2!} + \frac{(0,6)^3}{3!} \right) = 0,908.$$

Buzilishlar takroriyligi (chastotasi) uchun ifoda

$$a(t) = \lambda_0 \frac{(\lambda_0 t)^{k-1}}{(k-1)!} \cdot e^{-\lambda_0 t} = \lambda \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t}$$

Sonli qiymatlarni bu ifodaga qo'ysak

$$a(20000) = 3 \cdot 10^{-5} \frac{0,6^3}{3!} e^{-0,6} = 5,4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}}.$$

Ishlamay qolishlar jadalligini hisoblaymiz.

$$\lambda(20000) = \frac{a(20000)}{P(20000)} = \frac{0,54 \cdot 10^{-6}}{0,908} = 6 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{soat}}.$$

Mashinaning buzilguncha o'rtacha ishlash muddatini

$$T_{o'r} = \frac{k}{\lambda_0} = \frac{m+1}{\lambda} = \frac{4}{3 \cdot 10^{-5}} \approx 133000 \text{ soat}.$$

O'zini-o'zi tekshirish uchun savollar

1. Mashinalarni sinash qanday sinov rejalari bo'yicha olib borilishi mumkin?
2. Sinovga qo'yiladigan mashinalar soni qanday aniqlanadi?
3. Puxtalikka sinovlarni qancha vaqt davom ettirish kerak?
4. Sinovlarni tezlashtirish koeffitsiyentining ma'nosini aytib bering.
5. Stend sinovlarini nimalar hisobiga tezlashtirish mumkin?
6. Foydalanish davrida yig'ilgan puxtalikka oid ma'lumotlarga qanday talablar qo'yiladi?
7. Tajriba ma'lumotlarini ishlash qanday izchillikda olib boriladi?
8. Muvofiqlik mezonlari nima maqsadda ishlatiladi?
9. Ishlamay qolishlar to'g'risida ma'lumot to'plash tizimi haqida gapirib bering.
10. Puxtalik ko'rsatkichlarining taqsimlanish chegaralari qanday aniqlanadi?

III bob. MASHINALAR PUXTALIGINI HISOBLASHNING AMALIY USULLARI

3.1. Puxtalikni hisoblash tartibi

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

$$P(t) = P_t(t) \cdot P_a(t)$$

bu yerda: $P_t(t)$ – to'satdan ishlamay qolish chog'ida buzilmasdan ishlash ehtimoli; $P_a(t)$ – asta-sekin (yeyilish 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 mashina alohida qismlarga ajratiladi. Bu qismlar mustaqil bo'lgani ma'qul.

2. Mashinaning funksional - tuzilish sxemasi tuziladi, unga zaxira qismlar kiritilishi mumkin.

3. Mashinaning bir sikllik ishi uchun, yoki butun xizmat muddati uchun namunaviy ish tartibi tuzilib, unda ishlash tartibotlari va ishlash sharoitlari ko'rsatiladi. Mashina tayyorlashning turli bosqichlarida puxtalikni hisoblash ishlari tanlanadi (3.1-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 bog'liq bo'lgan ilmiy-texnik tadqiqotlar; konstruktorlik loyahasini tuzish; tajriba namunalari tayyorlash, ularni sinash, shu jumladan, davlat sinovidan o'tkazish, maromiga yetkazish va ishlab

chiqaruvchi korxonaga (buyurtmachiga) topshirish; mashinalarni seriyalab ishlab chiqarish.

Masalan, traktorni yaratish zarurligi asosan uning tortish sinfini (tipajini) ishlab chiqish bosqichida asoslab beriladi. Bunda ilmiy tarzda oldindan aniqlash usulidan foydalaniladi, bozorning yaratilajak traktorga bo'lgan talab-ehtiyojlari e'tiborga olinadi. Texnik topshiriqda traktorning vazifasi, uning texnik xususiyatlari, ishining sifat ko'rsatkichlari, konstruktorlik hujjatlari, loyihani bajarish muddatlari, ishlab chiqarish dasturi ko'rsatiladi.

3.1-jadval

Mashinani loihalash bosqichlari va ularga mos puxtalikni hisoblash ishlari

Mashina loihalash 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

Texnik topshiriq buyumni ishlab chiquvchi tomonidan, buyurtmachining texnik-iqtisodiy jihatdan asoslangan talablari asosida tuziladi. Texnik topshiriq mashinani loyihalash uchun boshlang'ich hujjat bo'lib hisoblanadi. Loyihalashning har bir texnik topshirig'ida talab qilinayotgan texnikaviy tavsiflar bilan bir qatorda kerakli puxtalik darajasi ham ko'rsatilishi zarur.

Keyin konstruktorlik hujjatlarini hozirlashga kirishiladi. Konstruktorlik hujjatlari 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 variantlarining asosi va bahosi, mazkur variantlarning patent jihatidan sofligi va raqobatlashish layoqati to'g'risidagi 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 zamonaviylashtirishda eskiz loyihasi tuzilmasligi mumkin.

Eskiz loyihasi mashinaning vazifasi, tuzilishi, ishlash tamoyili va asosiy parametrlari to'g'risida umumiy tasavvur beradi. Eskiz loyihasida konstruksiyaning batafsil kinematik ishlanmasi bilan bir qatorda, mashinadagi asosiy qismlarning o'ziga xos xususiyatlarini aniqlash yo'llari ham ko'rsatiladi.

Texnik loyihani tuzish bosqichida mashina va undagi asosiy qismlarning umumiy ko'rinishi chizmalari chiziladi. Traktor uchun bu bosqichda tushuntirish xati tuzilib, unda traktorning tortish xususiyatlari, tuzilishining tavsifi va traktorni tortishga, dinamikaviy, mustahkamlikka, texnik-iqtisodiy jihatdan hisoblashlar ko'rsatiladi. Mashinaning texnik loyihasi qismlar, yig'ma birliklarining chizmalarini, butlash buyumlarining, maxsus asboblarning ro'yxatini o'z ichiga oladi. Tushuntirish xatida ana shunday sinfdagi traktorning mavjud konstruksiyalari tavsifi, mazkur loyihaga kiritilgan ko'rsatkichlar bilan erishilgan ko'rsatkichlarning qiyosiy bahosi, shuningdek, mamlakat va chet elda chiqarilayotgan shunga o'xshash mashinalarga nisbatan qiyosiy bahosi keltiriladi.

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 hajmda bajariladi. Loyiha ustida ishlashda ko'plab mutaxassislar, shu jumladan, texnologlar qatnashadi. Texnik loyihada hamma yechimlar, shu jumladan, qism va detallarning tuzilishiga doir yechimlar ham, uzil-kesil ishlab chiqiladi, tegishli konstruktorlik hujjatlari esa ishchi hujjatlarni tuzish uchun tayyorlanadi.

Ishchi loyihani tayyorlash bosqichida har bir detalning ishchi chizmalari, detallarni tayyorlash, qabul qilib olish, saqlash va tashish uchun spetsifikatsiyalar, texnik talablar tuziladi. Materiallar sarfi taxminan aniqlanadi, sotib olinadigan detal va qismlar to'g'risida ma'lumotlar, texnik pasport va ishlatishga doir yo'riqnoma, sinovlar dasturining loyihasi tuziladi. Ishchi loyihani tayyorlash oxirgi bosqich bo'lib, unda mashina qismlarining konstruksiyasini to'liq detallashtirish ko'zda tutilgan bo'ladi.

Konstruktorlik hujjatlari konstruktorlik hujjatlarining yagona tizimi talablarini qanoatlantirishi zarur. Maromiga yetkazish 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 hujjatlardagi talablarga muvofiqligi aniqlanadi, shuningdek, uning texnikaviy saviyasiga baho beriladi. Sinov natijalariga asoslanib mashinani seriyalab ishlab chiqarish uchun texnik hujjatlar tasdiqlanadi.

Mashinalar puxtaligining miqdoriy ko'rsatkichlari talab etilgan darajada bo'lishini ta'minlash loyihachilar, texnologlarning va undan foydalanuvchilarning vazifasidir. Mashinaning puxtaligi avvalambor 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 ko'rsatkichlari.

Mashinaning xizmat muddatini oldindan aytib berish uchun albatta ana shu ko'rsatkichlarni bilish shart. Detaillarining ishqalanuvchi qismlarini yeyilishi tufayli mashinalarning ishlamay qolishi tez - tez sodir bo'lib turgani uchun yeyilish tezligi bilan puxtalik ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilish ham katta ahamiyat kasb etadi. Yuqori darajadagi puxtalikni ta'minlash uchun yeyilishni o'rganish resurs muammosi bilan birgalikda olib boriladi. Ishlamay qolishlar jadalligi eng yuqori bo'lgan davrlar, chiniqtirish va yeyilish davri uchun siyqalanish davri davomiyligini hamda yeyilish tezligini aniqlash bo'yicha ilmiy izlanishlar o'tkazish puxtalikni oshirish uchun xizmat qiladi.

Mashinalarning puxtalik ko'rsatkichlarini, shu jumladan, ularning ko'pga chidamliligini tajriba, nazariy va aralash usullar bilan aniqlash mumkin. Mashina qismlari puxtaligining miqdoriy ko'rsatkichlarini baholash uchun tajriba usullari qo'llanilganda ba'zi hollarda moddiy sarflar ortib ketishi, sinovlar muddati bir necha yilga cho'zilib ketishi mumkin. Mashinalarning puxtalik ko'rsatkichlarini aniqlash maqsadida sinovlarning tezlashtirilgan usullari qo'llanilganda esa vaqt bo'yicha o'xshashlik mezonlarini tanlash qiyinligi tufayli xatoliklarga yo'l qo'yiladi va hokazo.

Tezlashtirilgan resurs sinovlari asosan mashinalarni ommaviy ishlab chiqarishda o'zini oqlaydi, chunki sinov jihozlarining narxi 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.

Mashinalarni loyihalashda tuzilmaning turli variantlari puxtaligining dastlabki qiyosiy tahlili asosida uzil-kesil variantni tanlab olinishi birinchi bosqich hisoblanadi. Ikkinchi bosqich uzil-kesil tanlangan variantning puxtaligini tahlil etishni ko'zda tutadi. Agar biz tuzilmaning puxtaligi qo'yilgan talablarga javob berishiga ishonch hosil qilsak, u holda namuna tayyorlashga kirishish mumkin. Uchinchi bosqichda tajriba namunalari sinab ko'riladi va bu sinovlarda olingan ma'lumotlar ikkinchi bosqichdagi tahlil natijalari bilan taqqoslanadi. Bunda, odatda, tezlashtirilgan sinovlar o'tkaziladi.

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 hollarda foydalanish puxtaligi loyihalanayotgan mashinaning tuzilish puxtaligidan ancha kam bo'lib chiqadi.

3.2. Puxtalik ko'rsatkichlari qiymatlarining me'yorini asoslash

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

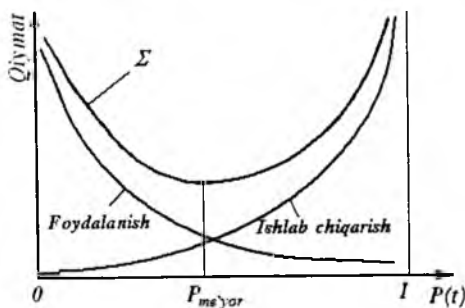
1. Mavjud qurilmalar bilan o'xshashligi (analogiyasi) bo'yicha. Bunda puxtalik ko'rsatkichlari bozor talablariga jabob beradigan zamonaviy mashilarning ko'rsatkichlaridan kam bo'lmashligiga harakat qilinadi.

2. Mutaxassis-ekspertlardan birma-bir so'rab chiqish orqali. Anketa usuli deb ham ataladi.

3. Amalda mumkin bo'lmagan voqea asosida. Bu usulda masinaning ishlash davri mobaynida ishlamay qolishlar ro'y bermaydi deb qabul qilinadi. Yo'lovchi aviatsiyasi, koinot texnikasi, atom elektr stansiyalari kabi obyektlar puxtaligini baholash uchun ishlatiladi.

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

Odatda, puxtaligi past bo'lgan buyumlar arzon turadi, ammo ulardan foydalanish qimmatga tushadi. Jami xarajatlari kam bo'lgan eng maqbul puxtalik sohasi mavjuddir (3.1- rasm).



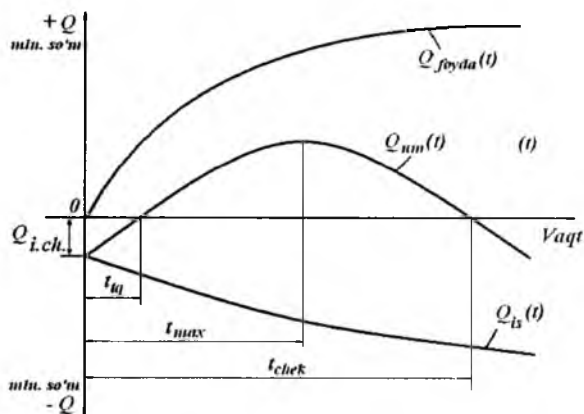
3.1-rasm. Xarajatlar va buzilmasdan ishlash ehtimoli o'rtasidagi bog'liqlik

Mashina, berilgan aniq bir sharoit uchun qanchalik zarur bo'lsa, shu darajada puxta bo'lishi kerak. Alohida detallar chidamlili-

gini cheksiz oshirib borishga intilish befoйда, chunki detallarning xizmat muddati mashinaning butkul xizmat muddatidan ancha oshib ketishi mumkin.

Tarkibiy qismlarning yuksak darajada puxtaligini ta'minlash, bir qarashda g'alati tuyulsa-da, loyihalovchilarni tizimga ortiqcha zaxira qismlar kiritishga majbur qiladi, bu esa buyumni qimmatlashtirib, uning tashqi o'lchamlari, og'irligi va narxini oshirib yuboradi.

Mashinadan foyalanish jarayonida uning iqtisodiy samaradorligi vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Bunda yangi mashinani tayyorlashga ketgan sarf-xarajatlar (loyihalash, ishlab chiqarish, sinash, sozlash, tashish va hokazo) hamda mashinani foydalanish sharoitida ishlatish sarf-xarajatlari (texnik xizmat ko'rsatish, joriy ta'mirlash va hokazo) hamma vaqt manfiy son bo'ladi, mashinadan foydalanish esa musbat sonli iqtisodiy samara beradi.



3.2-rasm. Mashinaning iqtisodiy samaradorligini vaqt bo'yicha o'zgarishi

3.2- rasmda t_{tq} – mashinaning o'z tannarxini qoplash vaqti; t_{max} – eng yuqori samaradorlikka erishiladigan vaqt; t_{chek} – mashinaning chekli holatigacha ishlash vaqti; Vaqt o'tishi bilan mashina eskiradi va uning yo'qotgan ish qobiliyatini tiklash uchun sarf-xarajatlar ko'payadi (3.2- rasm). Shu bilan bir qatorda vaqt o'tishi

bilan mashina texnik xizmat ko'rsatish va joriy ta'mirlashlarda turib qolishi tufayli uning keltirayotgan daromadi kamayadi. Umumiy iqtisodiy samaradorlik (foyda) $Q_{um}(t)$ egri chizig'i quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$Q_{um}(t) = Q_{foyda}(t) - (Q_{i.ch} + Q_{is}(t))$$

bu yerda: $Q_{foyda}(t)$ – mashinani ishlatishdan olingan daromad, so'm;

$Q_{i.ch}$ – mashinani tayyorlashga ketgan sarf-xarajatlar, so'm;

$Q_{is}(t)$ – masinani ishlatish sarf-xarajatlari, so'm.

Shunday qilib, mashinaning puxtalik ko'rsatkichlarini belgilashda iqtisodiy samaradorlik asosiy mezon bo'lib xizmat qiladi. Mashina o'z tannarxini qoplab bo'lgach foyda bera boshlaydi, chekli holatga yetgandan so'ng esa undan foydalanish befoyda.

3.3. Yangi mashinaning tuzilish puxtaligini aniqlash

Puxtalikni taxminan hisoblash. Eskiz loyihasini tuzishda tuzilishning puxtaligini taxminiy hisoblash amalga oshiriladi. Bunda bo'lg'usi konstruksiyaning kinematik sxemasi tuziladi. Birinchi yaqinlashishda asta-sekin ishlamay qolishlar ehtimoli 1 ga teng qilib olinadi: $P_a = 1$.

Taxminan hisoblash 2 variantda amalga oshirilishi mumkin:

1. Obyektning berilgan $P(t)$ kattaligi bo'yicha alohida elementlarining ko'rsatkichlari $p(t)$ aniqlanadi.

2. Alohida elementlar uchun berilgan $p(t)$ kattalikka ko'ra butun konstruksiyaning buzilmasdan ishlash ehtimoli $P(t)$ 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.

Mashinasozlik mahsulotlari puxtaligini hisoblashning umumiy izchilligi ularni loyihalash jarayoni ketma-ketligi bilan mos tushadi. Bunda avval mashinaning puxtaligi, so'ngra alohida yig'ma birliklar va nihoyat detallarning puxtaligi hisoblanadi. Radioelektronika tizimlari puxtaligini hisoblash va loyihalash esa bunga teskari tartibda bajariladi; avval elementlar, so'ngra yig'ma birliklar va umuman tizim hisoblanadi.

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:

$$P_{nam} = kp^n; \quad p = \sqrt[n]{\frac{P_{nam}}{k}}.$$

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

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

bu yerda: λ_i - ishlamay qolishlar jadalligi; K_λ - zaxira koeffitsiyenti; λ_{j0} - λ ni hisoblab topilgan eng kichik qiymatlari. Odatda, K_λ ning qiymatlari $1 < K_\lambda < 1000$ atrofida bo'ladi. Masalan, yo'lovchi samolyoti uchun $K_\lambda = 120 \dots 150$.

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, ishlamay qolishlar jadalligi qiymatining mumkin bo'lgan tarqoqligi ham hisobga olinadi. Bu qiymat tajriba vaqtida aniqlanishi kerak.

Ta'mirlanmaydigan mahsulotlarning puxtalik tavsiflarini hisoblash usuli. Agar texnik qurilmaning ishlamay qolishi, uning elementlaridan biri ishlamay qolganda sodir bo'lsa, u asosiy birikmali qurilma deb ataladi. Bunday qurilmalar puxtaligini hisoblashda elementning ishlamay qolishi tasodifiy va bog'liq bo'lmagan hodisa deb qaraladi.

Mahsulotning t vaqt mobaynida buzilmasdan ishlash ehtimoli uning elementlarining shu vaqt ichida buzilmasdan ishlash ehtimolliklarining ko'paytmasiga teng:

$$P_s(t) = p_1(t) p_2(t) \cdots p_n(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t) \quad 3.1$$

Amaliyotda ko'pincha mahsulotning ishlamay qolish jadalligi doimiy kattalik hisoblanadi. Odatda, ishlamay qolishlarning kelib chiqish vaqti eksponensial qonunga bo'ysunadi, ya'ni me'yorida ishlash vaqtida $\lambda = \text{const}$ sharti to'g'ri bo'ladi. Bu holda miqdoriy tavsiflar uchun ifodalar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$P_s(t) = e^{-\lambda_s t} = e^{-t/T_{o'r_s}}, \quad \lambda_s = \sum_{i=1}^N \lambda_i, \quad a_s(t) = \lambda_s e^{-\lambda_s t}, \quad T_{o'r_s} = 1/\lambda_s. \quad 3.2$$

Agar berilgan turdagi barcha elementlarning puxtaligi teng bo'lsa, tizimning ishlamay qolishlar jadalligi ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i, \quad 3.3$$

bu yerda: N_i — i turdagi elementlar soni; r — element turlari soni.

Amaliyotda ko'pincha yuqori puxtalikka ega bo'lgan tizimlarning buzilmasdan ishlash ehtimolligini hisoblashga to'g'ri keladi. Bunda $\lambda_s t$ ko'paytma birdan ancha kichik, buzilmasdan ishlash ehtimolligi $P(t)$ esa birga yaqin qiymatlarga ega bo'ladi. Bu holda, $e^{-\lambda_s t}$ ni qatorga yoyib va uning birinchi ikki hadi bilan cheklanib, yuqori darajadagi aniqlik bilan $P(t)$ ni hisoblash mumkin.

Puxtalikning asosiy miqdoriy tavsiflarini amaliyot uchun yetarli aniqlik bilan quyidagi yaqinlashtirilgan formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$P_s(t) = 1 - t \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i = 1 - \lambda_s t, \quad \lambda_s = \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i, \\ T_s = 1 / \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i = 1/\lambda_s, \quad a(t) = \lambda_s (1 - \lambda_s t). \quad 3.4$$

Puxtalik miqdoriy tavsiflarini yaqinlashtirilgan formulalar bilan hisoblash buzilmasdan ishlash ehtimolligi 0,9 dan yuqori, ya'ni $\lambda t \leq 0,1$ bo'lgan tizimlar uchun katta xatolik bermaydi.

Tizimlar puxtaligini hisoblashda ko'pincha hisob alohida elementlarining buzilmasdan ishlash ehtimolliklarini ko'paytirishga, ularni darajaga ko'tarishga va ildiz ostidan chiqarishga to'g'ri keladi. $P(t)$ ning birga yaqin qiymatlarida bu hisoblashlarni amaliyot uchun yetarli aniqlik bilan quyidagi yaqinlashtirilgan formulalar bilan bajarish mumkin:

$$p_1(t)p_2(t)\cdots p_n(t) = 1 - \sum_{i=1}^N q_i(t), \quad p_i^N(t) = 1 - Nq_i(t),$$

$$\sqrt[N]{p_i(t)} = 1 - q_i(t)/N \quad 3.5$$

bu yerda $q_i(t)$ - i - blokning ishlamay qolish ehtimolligi.

3.4. Detallarni mustahkamlikka hisoblash

Obyektni loyihalash uning tuzilishini muhandislik nuqtayi nazaridan ishlab chiqishdan iborat. Fan-texnika taraqqiyoti loyihachilardan asosiy ko'rsatkichlari yuqori darajada bo'lgan mashinalar yaratishni taqozo etmoqda. Bunday ko'rsatkichlarning asosiylariga tejamkorlik, puxtalik, resurs, material sarfi, tayyorlashning qulayligi va xizmat ko'rsatishning osonligi kiradi. Yaratiladigan obyekt aytib o'tilgan talablarni qanoatlantirishi uchun uni loyihalash chog'ida yangi konstruktorlik yechimlaridan foydalanish zarur. Lekin bu albatta, konstruksiyaning uzviyligidan voz kechish va o'zini oqlagan eski konstruksiya, detal va qismlardan foydalanmaslik kerak, degan ma'noni bildirmaydi.

Mustahkamlikka hisoblashdan asosiy maqsad talab etilgan resurs davomida obyektning puxta ishlashini ta'minlaydigan detallar hamda qismlarning parametrlari va o'lchamlarini asoslab berishdan iborat. Bunday hisoblash ishlari obyektни yaratish va maromiga yetkazish bilan bog'liq bo'lgan, qimmatga tushadigan, haddan tashqari keng ko'lamli tajriba ishlariga ajratiladigan vaqtni ancha qisqartiradi.

Mashinalarni loyihalashning o'ziga xos tomonlari shundan iboratki, bunda ularning sifatini oshirish bilan bir qatorda, tuzilishini takomillashtirish hamda xizmat muddatini uzaytirish ko'zda tutilishi kerak. Buning ustiga loyihalash avtomatlashtirishni taqozo etadi. Bunday sharoitda hisoblashning ahamiyati ortadi.

Shu sababli hisoblash ishlari kompyuter yordamida amalga oshirilishi hamda sifat jihatidan yuqori saviyada bajarilishi kerak.

Puxtalik nuqtayi 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 ruhsat etilgan siljish (tezlanish) ga bog'liq.

Tuzilma materiali yuklanish jarayonida elastik, plastik deformatsiyalanish yoki buzilish holatida bo'lishi mumkin. Odatda bu holatlar orasidagi chegara sifatida elastiklik chegarasi σ_p , oquvchanlik chegarasi σ_t va mustahkamlik chegarasi σ_v shartli ravishda qabul qilinadi. Amalda oquvchanlik maydonchasi bo'lmagan mo'rt materiallar uchun plastiklik mezoni bir vaqtda mustahkamlik mezoni ham bo'ladi. Plastik materiallarda plastik holatga va buzilish holatiga o'tish mezonlari kuchlanish holatining turi va materialning fizika- mexanikaviy xossalariga bog'liq bo'ladi. Materialning buzilishi ko'chish (mo'rt buzilish), yoki kesilish (plastik buzilish) yo'li bilan amalga oshishi mumkin.

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

Kuchlanish funksiyasi katta tezlikda o'zgarishi va statik oquvchanlik chegarasidan oshadigan katta kuchlanishlarda materialdagi plastik deformatsiyalar rivojlanishining kechikib qolishi ro'y beradi. Bu dinamik oquvchanlik chegarasini kiritish zaruriyatini keltirib chiqargan. Bu parametrlarning kattaligi statik oquvchanlik chegarasi σ_{oq} mustahkamlik chegarasi σ_v ga qanchalik yaqin bo'lsa, shunchalik kichik bo'ladi. Bu omil bilan plastik materiallarda mo'rt buzilishning tez-tez takrorlanishini ko'payishi tushuntiriladi. Agar statik cho'zilish yuklanishida chegaraviy holat kesim bo'yicha o'rtacha kuchlanish bilan ifodalansa, dinamik buzilishda tuzilma elementidagi mahalliy kuchlanish qiymati o'rtacha qiymatdan ancha katta bo'lishi mumkin.

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

Mashina detallarini mustahkamlikka hisoblashning asosida hisoblab topilgan kuchlanish va material uchun jadvallarda keltirilgan ruxsat etilgan kuchlanishni o'zaro taqqoslash yotadi. Detalning mustahkamligi mustahkamlikning zaxira koeffitsiyenti bilan baholanadi:

$$n = \sigma_{\text{sin}} / \sigma_{\text{max}} ,$$

bu yerda σ_{sin} - statik sinovlarda detalni sinishga olib keladigan kuchlanish; σ_{max} - hisoblanayotgan detaldagi maksimal dinamik yuklanishga mos keluvchi kuchlanish. Bu kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanish deb ham ataladi va $[\sigma]$ ko'rinishida belgilanadi. Ma'lumotlar bo'lmaganda σ_{sin} qiymati o'rniga standart namunalarni sinashda olingan mo'rt materiallar uchun mustahkamlik chegarasi σ_v , plastik materiallar uchun esa oquvchanlik chegarasi σ_{oq} yoki toliqish chegarasi $\sigma_{\perp}$ ishlatiladi.

Dinamik mustahkamlikka hisoblash yuklama qo'yilishining dinamik tabiatini e'tiborga olmasdan o'tkazilganligi sababli, bunday hisoblarni ko'pincha statik mustahkamlikka hisoblash yoki oddiy qilib mustahkamlikka hisoblash deb ataydilar.

Detalning kuchlanish holatini turiga bog'liq holda mustahkamlikka hisoblash egilish, buralish yoki kesilish hamda kontakt kuchlanishlar bo'yicha bajariladi.

Foydalanish davrida mashinaning qism va detallari qiymati, yo'nalishi va takroriyligi bo'yicha o'zgaruvchan yuklamalar ta'siriga uchraydi. Bu yuklamalar ta'siri ostida detal materialida toliqish shikastlanishlari yig'ilib boradi. Toliqishga hisoblashlar toliqish tabiatiga ega bo'lgan chegaraviy shikastlanishlarning oldini olish uchun bajariladi. Ehtimolliklar nazariyasi qoidalaridan foydalanib hisoblash uchun, hisoblanayotgan detalning berilgan foydalanish sharoitlaridagi o'zgaruvchan kuchlanishlar amplituda-

larining taqsimot zichligi va yuklanish sikllari soni haqidagi statistik ma'lumotlar kerak bo'ladi.

Ekstremal yuklanish sharoitida mashina elementlari uchun an'anaviy materiallar qarshiligi usullari bilan kuchlanishlarni aniqlashga asoslangan mustahkamlik hisoblari yetarli bo'lmaydi. Chunki oquvchanlik chegarasi bo'yicha mustahkamlik zaxirasi (1,5...2,2), mustahkamlik bo'yicha (1,7...3) bo'lganda eng xavfli kesimlarda ham elastik deformatsiyalar hosil bo'ladi. Zamonaviy mashinasozlikda mustahkamlik zaxirasi 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.

Mashinalarni mustahkamlikka va chidamlilikka hisoblash vaqtida mashinaga ishchi holatda me'yordagi yuklamalar ta'sir ko'rsatadi deb qabul qilinadi. Bularga mashinaning og'irligi, ortilgan yukning og'irligi, ishga tushurish va to'xtatish vaqtidagi dinamik yuklamalar va boshqalar kiradi. Detallar bu yuklamalar bo'yicha mustahkamlikka oquvchanlik chegarasiga nisbatan (po'latlar uchun) va mustahkamlik chegarasiga nisbatan (cho'yanlar uchun) hisoblanadi. Ko'xga chidamlilikka hisoblar chidamlilik chegarasiga nisbatan bajariladi.

Vaqt bo'yicha o'zgaruvchan yuklamalarda (yuk og'irligi, 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)

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{oq}}{n},$$

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

Mo'rt materiallar uchun:

$$\sigma \langle [\sigma] \rangle = \frac{\sigma_v}{n},$$

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

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

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

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

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

Velerning chidamlilik egri chizig'idan $\sigma_i^m \cdot N_i = \text{const}$ yoki

$$\sigma_{rRO}^m \sum n_a = \sigma_{rR}^m N_0,$$

bundan:

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

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

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

$\sum n_a$ - belgilangan vaqt ichida detalda uchraydigan qayta kuchlanish sikllari soni, bunda $\sum n_a < N_0$ bo'lishi kerak, aks holda detal buzilishi mumkin.

m - Veler chidamlilik egri chizig'ini daraja ko'rsatkichi, u namunaning kesim maydoni, kuchlanishlar konsentratsiyasi ko'effitsiyenti va yuklanish sikllari soniga bog'liq bo'ladi, $m = 3 \dots 6$;

α - xizmat muddati ko'effitsiyenti, $\alpha = 1,01 \dots 1,78$.

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

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

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

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

3.5. Mashina detallarining ishlash qobiliyatini va chekli holatini hisoblash

Mashinalardan foydalanish jarayonida ko'pincha yeyilgan detallar bundan keyin o'z vazifasini bajara oladimi yoki ularni almashtirish kerakmi degan masalani hal qilishga to'g'ri keladi. Detaillar yoki tutashmalarning chekli darajada yeyilganini aniqlash uchun texnik, texnologik (ish sifati) va iqtisodiy mezonlardan foydalaniladi. Agregatlarning chekli ahvoldaligini aniqlashda, hamma vaqt agregatning resursini belgilovchi asosiy tutashmani ajratib ko'rsatish mumkin. Chunonchi, avtotraktor motorlarida bunday tutashma silindr-porshenli guruh detallaridir (3.2-jadval).

Detaillarning chekli ahvolini aniqlash ancha murakkab bo'lib, yeyilishning chekli qiymatlarini nazariy aniqlash usullari hozircha to'liq ishlab chiqilmagan.

Mashina detallariga nisbatan turli talablar qo'yilgani uchun muayyan tutashmalarning chekli ahvolini aniqlash har bir muayyan holda mustaqil texnik topshiriqdan iborat bo'ladi. Detaillarning chekli ahvoldaligini va resursini aniqlashning eng keng tarqalgan usuli ta'mirlash fondini mikrometraj qilishdir. Olingan ma'lumotlarni matematik statistika usulida ishlab chiqib, yeyilishning statistik xususiyatlari aniqlanadi.

Tutashma detallarining yeyilishi va ular orasidagi tirqishning kattalashishi natijasida ish bosimi ostida bo'lgan moy oqib chiqadi va mashina me'yorida ishlamaydi. Bunday tirqish chekli darajada yeyilgan hisoblanadi.

O'zgarma yuklanish bilan ishlayotgan mashinaning val-podshipnik tutashmasidagi tirqishning chekli qiymati moylashning gidrodinamik nazariyasi tenglamasi yordamida topiladi:

$$S_{\max} = 13,6 \eta n d^2 l / k(d + l),$$

bu yerda: η - moyning absolut qovushoqligi, m^2/s ; n - valning aylanish chastotasi, ayl/min; d , l - val diametri va podshipnik uzunligi, mm; k - podshipnikka tushayotgan solishtirma bosim, MPa.

3.2-jadval

D-240 motori tutashmalaridagi tirqishlarning chekli qiymatlari

№	Tutashma (detal)	Chizmadagi tirqish (tarangligi, o'lchami), mm		Ruxsat etilgan chekli tirqish, mm
		eng katta	eng kichik	
1	Silindrlar bloki gilzasi – porshen (g'ilof)	0,14	0,18	0,6
2	Porshen (birinchi ariqcha) - ustki kompression halqa (balandligi)	0,07	0,115	0,4
3	Porshen (bobishka)- porshen barmog'i	0,009	0,0001	0,08
4	Shatun vtulkasi - porshen barmog'i	0,023	0,035	0,2
5	Tirsakli valningshatun bo'yni - podshipnik	0,065	0,115	0,4
6	Tirsakli valning o'zak bo'yni - podshipnik	0,07	0,126	0,4
7	1-zichlagich halqa (kalibr qulfidagi tirqish 110 mm)	0,3	0,6	5,0
8	Moy sidiruvchi halqa (kalibr qulfidagi tirqish 110 mm)	0,3	0,6	2,5
9	Kirituvchi klapan - yo'naltiruvchi vtulka	0,035	0,087	0,4
10	Chiqaruvchi klapan - yo'naltiruvchi vtulka	0,7	0,117	0,4
11	Kirituvchi va chiqaruvchi klapanlar - blok kallagi	0,9	1,2	3,0
12	Silindrlar bloki gilzasi (ichki diametri)	110,0	110,06	110,5

Dizel motori yonilg'i nasosining gilzasi bilan plunjeri orasidagi chekli tirqishni ma'lum hajmdagi yonilg'i muayyan bosimda purkalishi bilan baholash kerak. Bu holda yonilg'i sarfini ushbu ifodadan aniqlash mumkin:

$$q = b S^2 k / 12 \eta l_p,$$

bu yerda: l_p - plunjerning zichlovchi qismi uzunligi; b - tirqishning eni. Motorning me'yorida ishlashini ta'minlovchi yonilg'i sarfining qiymatidan foydalanib chekli tirqish S_{chek} ni topish mumkin.

Ish jarayonida shponkalarining va shponka ariqchalarining o'lchamlari anchagina (0,8 - 1,0 mm va bundan ortiq) o'zgaradi. Shponka ariqchalarining eni boshlang'ich o'lchamga nisbatan 5 % gacha o'zgarganida detalga valning va vtulkaning haqiqiy o'lchamlariga mos keluvchi yangi shponka o'rnatib, undan foydalanish mumkin.

Shlitsalarning eni bo'yicha ruxsat etilgan yeyilish kattaligi $\Delta b = (0,05 - 0,08)b$ qiymatdan oshmasligi zarur, bu yerda: b - to'g'ri yonli evolventasimon shlitsa tishining boshlang'ich aylana S diametri bo'yicha eni, mm. Agar shlitsalar ana shu qiymatdan ortiq yeyilgan bo'lsa, ular chekli darajada yeyilgan hisoblanadi.

3.6. Statistik sinovlar usuli bilan puxtalik ko'rsatkichlarining tarqoqligini hisoblash

Mashinaning ish qobiliyatini yo'qotishi asosida doimo tabiiy qonuniyatlar yotadi, ammo ta'sir ko'rsatuvchi omillarning ko'pligi va qiymatlarining o'zgaruvchanligi oqibatida bu bog'liqlik tasodifiy ta'rifga ega bo'ladi. Bog'lanishlarda o'zgaruvchi omillarning o'rtacha qiymatlaridan foydalanish asosida natijaning matematik kutilmasi to'g'risida tasavvur hosil qilinadi, biroq tasodifiy jarayonning taqsimlanishi, ya'ni taqsimot chegaralarini topish mumkin emas.

Ta'sir qiluvchi omillarning qiymatlari tasodifiyligi tufayli detallarning yeyilish kattaligi ham, binobarin puxtalik ko'rsatkichlari ham tarqoq bo'ladi. Detailarning puxtalik ko'rsatkichlari tarqoqligini baholash uchun statik sinovlar usulidan (Monte-Karlo usulidan) foydalanish mumkin. Ushbu usulning mohiyati shundan

iboratki, asosiy tashqi omillar kattaligi kompyuter yordamida tasodifiy sonlarga moslab tanlab olinadi. Har bir hisoblashda tashqi ta'sir ko'rsatuvchi omillarning kattaligi kompyuterning tasodifiy sonlar generatori dasturi yordamida yangi qiymatlarni oladi. Omilning olingan qiymatlari asosida topilgan natijalar statistik jihatdan qayta ishlanadi va uning taqsimlanish ko'rsatkichlari aniqlanadi.

Muayyan bir mashina turli ish sharoitlariga tushib qolishi va har xil tartibotlarda ishlashi mumkin. Mashinaning mumkin bo'lgan holatlari chegarasini aniqlash uchun u ishlaydigan sharoitning ehtimollik xususiyatlarini bilish zarur. Yuklanish, tezlik, haroratlarning taqsimlanish qonunlari ana shunday xususiyatlar bo'lishi mumkin. Bu qonunlar mashina ishlaydigan sharoitni baholaydi, shuning uchun ular, mashina konstruksiyasidan qat'i nazar, o'xshash shunday mashinalarning ishlashi bo'yicha olinadi.

Tasodifiy qiymatlarini hisoblash dasturini ushbu ko'rinishda bo'ladi:

```
10 REM Omilning tasodifiy qiymatlari
20 DEF FNY(X)=(1/SQR(2*3.14))*EXP(-X^2/2)
30 INPUT «Omilning quyi chegarasi», A
40 INPUT «Omilning yuqori chegarasi», B
50 PRINT A»dan»B «gacha omil qiymatlarining taqsimla-
nishi»
60 INPUT «Hisoblash sikllari soni»,N
70 A1=FNY(0):B1=FNY(1)
80 FOR I=1 TON
90 T=RND
100 F1=FNY(T)
110 X0=B+(A-B)*(F1-B1)/(A1-B1)
120 PRINT «Tasodifiy sonlar»T,»Omilning qiymati»X0
130 NEXT I
140 END
```

EHM dasturi yeyilishning muayyan qiymatini o'zgaruvchan omillarning bitta qiymati bo'yicha hisoblashni ko'zda tutadi. Bunday sinovlar (hisoblashlar) N marta takrorlanadi va ana shu

sinovlar natijalari asosida matematik kutilma $\gamma_{o'r}$, o'rtacha kvadratik chetlashishlar σ_γ , ya'ni yeyilishning taqsimlanishini ifodalovchi ma'lumotlar baholanadi. Olingan statistik ma'lumotlar ishonchli bo'lishi uchun N soni ancha katta, masalan $N \geq 50$ bo'lishi kerak. Hisoblashning blok-sxemasi 3.3- rasmda ko'rsatilgan.

Toshkent davlat texnika universitetida o'tkazilgan tadqiqotlar detallarining yeyilish jarayoni normal taqsimot qonuniga bo'ysunishini ko'rsatdi. Bu holda detalning ishlamay qolish hollari quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_\gamma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\gamma - \gamma_{o'r})^2}{2\sigma_\gamma^2}},$$

bu yerda: $f(t)$ - ehtimolliklar zichligi; σ_γ - tirqish yeyilish tezligining o'rtacha kvadratik chetlanishi; $\gamma_{o'r}$ - tirqishning o'rtacha kengayish tezligi.

Ishqalanish juftligining ishlay boshlanganidan ishlamay qolish sodir bo'lgunga qadar o'rtacha resursi quyidagi ifodadan topiladi:

$$T = S_{cheg} / \gamma.$$

Ehtimolliklar nazariyasida tasodifiy o'zgaruvchining funksiyasi uchun quyidagi ifoda ishlatiladi:

$$f_{(t=T)} = f[\psi(T)] \psi'(T).$$

bu yerda: $\psi(T) = S_{cheg} / \gamma$ ga teskari funksiya, ya'ni $\psi(T) = S_{cheg} / T$; $\psi'(T)$ - shu funksiyaning hosilasi, $\psi'(T) = S_{cheg} / T^2$.

Bu formuladan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$f(T) = T_{o'r} \exp[-(T_{o'r} - T)^2 / 2v^2 T^2] / v T^2 (2\pi)^{0,5}$$

bu yerda: $v = \sigma_\gamma / \gamma_{o'r}$ - variatsiya koeffitsiyenti.

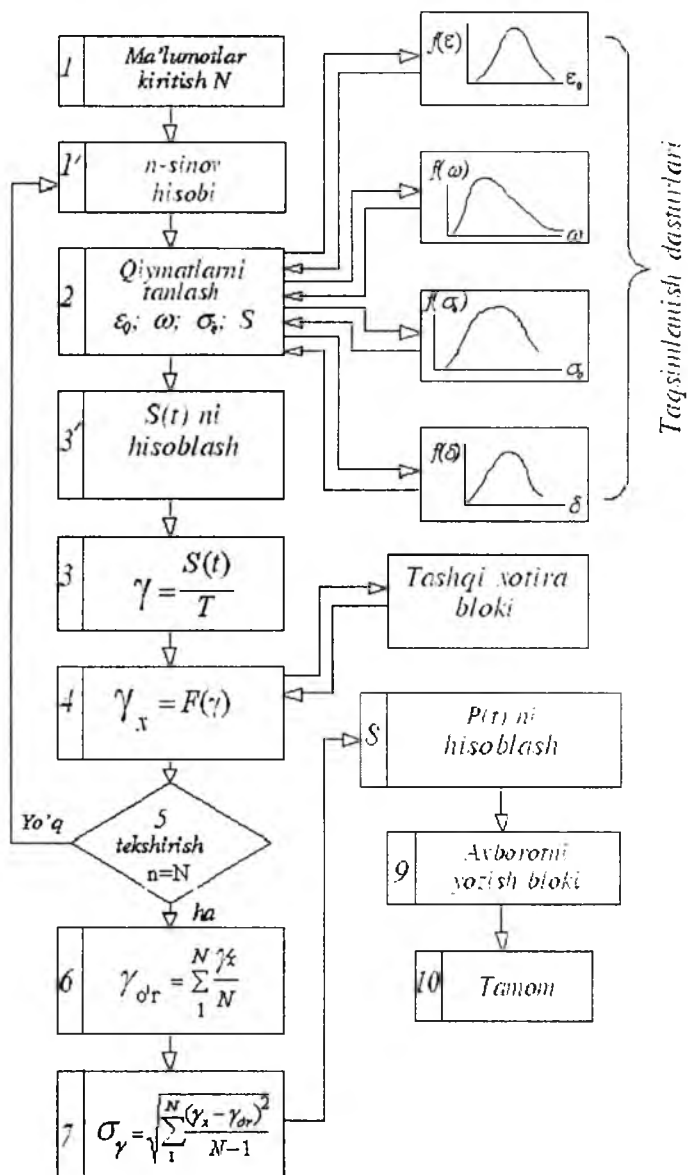
$\tau = T / T_{o'r}$ va $f(\tau) = T_{o'r} f(T)$ belgilashni kiritdik:

$$f(\tau) = \exp[-(1-\tau)^2 / 2v^2 \tau^2] / v \tau^2 (2\pi)^{0,5}.$$

$z = (1-\tau) / v\tau$ o'zgaruvchi kiritib va $P(T) = 1 - Q(T)$ ekanligini hisobga olib quyidagi ifoda hosil qilingan:

$$P(T) = 0,5 + F[(1-\tau) / v\tau]$$

bu yerda: $F(z)$ - Laplasning me'yorlangan funksiyasi.



3.3-rasm. Monte-Karlo usuli bilan puxtalikni hisoblash blok sxemasi

τ va ν qiymatlarini o'z o'rniga qo'yib ushbu ifodaga ega bo'lamiz:

$$P(T) = 0,5 + F[(S_{\text{cheg}} - \gamma_{o,r}T)/T\sigma_y]$$

Yeyilish natijasida o'zgargan tirqishning qiymati va o'rtacha kvadratik chetlanishi:

$$S = S_0 + \gamma_{o,r}T; \sigma_s = (\sigma_0^2 + \sigma_y^2 T^2)^{0,5},$$

bu yerda: S_0 va σ_0 - tirqishning dastlabki o'lchamini matematik kutilmasi va o'rtacha kvadratik chetlanishi.

Shunday qilib, ishqalanish juftligining buzilmasdan ishlash ehtimolligi ushbu ifoda orqali hisoblab topilishi mumkin:

$$P(T) = 0,5 + \Phi \left[\frac{S_{\text{chek}} - S_0 - \gamma_{o,r}T}{\sqrt{\sigma_0^2 + T^2 \sigma_y^2}} \right].$$

3.7. Markovning tasodifiy jarayonlaridan puxtalikni hisoblash uchun foydalanish

Agar S tizimning holati vaqt bo'yicha oldindan aytib bo'lmaydigan tarzda tasodifan o'zgarsa, u holda tizimda tasodifiy jarayon sodir bo'lyapti, deyiladi. Agar S tizimning tasodifiy jarayoni quyidagi xossaga ega bo'lsa, u Markovning oqibatsiz jarayoni deyiladi, ya'ni: t_0 vaqtning har bir oni uchun tizim ahvolining ehtimolligi bundan keyin ($t > t_0$ bo'lganda) faqat hozirgi ahvoliga bog'liq bo'ladi va tizim bu ahvolga qachon va qay tarzda tushib qolganiga bog'liq bo'lmaydi.

Agar tasodifiy jarayonning mumkin bo'lgan holatlarini sanab o'tish mumkin bo'lsa va bir holatdan boshqasiga o'tish jarayoni sakrash tarzida amalga oshsa, u diskret holatli jarayon deb ataladi. Yeyilish jarayoni uzluksiz holatlarga ega bo'lgan Markov jarayoni hisoblanadi, ammo parametrlar o'zgarishining butun doirasini bir qancha guruhlariga (kvantlarga) bo'lish yo'li bilan bu jarayonni shartli ravishda diskret holatlarga ega bo'lgan jarayonga keltirish mumkin (3.4- rasm). Diskret holatlarga ega bo'lgan tasodifiy jarayonlarni tahlil qilishda holatlar grafi deb ataluvchi geometrik sxemadan foydalanish qulaydir.

Tizimning bir holatdan boshqasiga o'tishi vaqtning oldindan nazarda tutib bo'lmaydigan tasodifiy paytlarida ro'y beradigan vaziyatlar ko'p uchraydi. Masalan, traktor ishlashga layoqatli holatda yoki ishlay olmaydigan holatda deylik. Uning bir holatdan boshqasiga o'tish vaqti tasodifiydir.

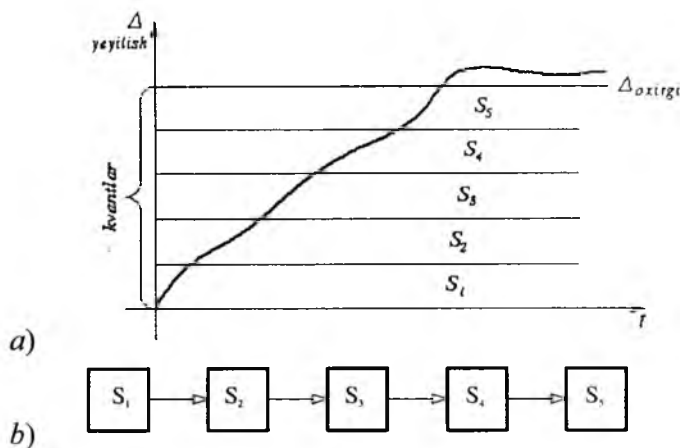
Diskret holatlarga va uzluksiz vaqtga ega bo'lgan Markovning tasodifiy jarayoni **Markovning uzluksiz zanjiri** deb ataladi.

Uzluksiz vaqtga ega bo'lgan tizimlar uchun bir holatdan boshqasiga o'tish ehtimolining zichligi λ_{ij} tushunchasi kiritiladi. Bu zichlik hodisalar oqimining jadalligini ko'rsatadi:

$$\lambda_{ij} = \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t},$$

bu yerda: $P_{ij}(\Delta t)$ – t vaqt paytida S_i holatda bo'lgan tizimning $t + \Delta t$ vaqt paytida S_j holatga o'tishi ehtimolligi.

Agar o'tish ehtimolining zichligi vaqtga bog'liq bo'lmasa, u holda bunday Markov jarayoni bir turdagi jarayon deb yuritiladi.



3.4-rasm. Obyektning holatlarini kvantlarga bo'lish (a) va holatlar grafi (b)

Agar tizimning barcha mumkin bo'lgan holatlari uchun o'tish ehtimollari λ_{ij} ma'lum bo'lsa, u holda:

1. Holatlarning belgilangan graflarini qurish;
2. A.N. Kolmogorovning differentsial tenglamalarini tuzish;

3. Ana shu tenglamalarni yechib, istalgan vaqt uchun holatlar ehtimoli $P_i(t)$ ni aniqlash mumkin.

Misol ko'rib chiqamiz. Xo'jalikda N ta traktor bor. Har bir traktor ushbu holatlarda bo'lishi mumkin:

S_1 - soz va ishga tayyor holatda;

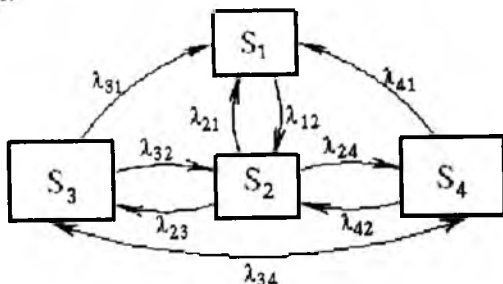
S_2 - dalada ishlayotgan holatda;

S_3 - navbatdagi texnikaviy xizmat ko'rsatilayotgan holatda;

S_4 - buzilgan va tuzatilayotgan holatda.

Traktorning holatlari grafisini yasaymiz (3.5- rasm).

$P_1(t)$ - traktor soz S_1 - holatda. S_1 - holatga traktor S_2 - holatdan o'tishi mumkin, ya'ni u ishdan so'ng daladan qaytayapti; S_3 - texnik xizmat ko'rsatilgandan keyingi holati; S_4 - tuzatilgandan keyingi holati.



3.5-rasm. Traktorning holatlar grafi

Ushbu $n_i(t) = N \cdot P_i(t)$ belgilashni qabul qilamiz. Kolmogorovning differentsial tenglamalarini yozamiz:

$$\frac{dn_1(t)}{dt} = -\lambda_{12}n_1 + \lambda_{21}n_2 + \lambda_{31}n_3 + \lambda_{41}n_4,$$

$$\frac{dn_2(t)}{dt} = -\lambda_{21}n_2 - \lambda_{23}n_2 - \lambda_{24}n_2 + \lambda_{12}n_1 + \lambda_{32}n_3 + \lambda_{42}n_4,$$

$$\frac{dn_3(t)}{dt} = -\lambda_{31}n_3 - \lambda_{32}n_3 + \lambda_{23}n_2 - \lambda_{34}n_3,$$

$$\frac{dn_4(t)}{dt} = -\lambda_{41}n_4 - \lambda_{42}n_4 + \lambda_{24}n_2 + \lambda_{34}n_3.$$

Holatlar ehtimolligi tenglamalari o'zgaras yoki o'zgaruvchan koeffitsiyentlarga ega bo'lgan chiziqli differentsial tenglamalardir. Differentsial tenglamalarni yechish uchun avvalambor boshlang'ich shartlarni bilishi zarur:

$$1. P_0(t) = 1; t = 0; P_i(t) = 0$$

$$2. P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t) = 0.$$

S_i holatdan S_{i+1} holatga o'tish ehtimoli zichligi yeyilish tezligiga bog'liq bo'lganidan $\gamma_i = \lambda_i$ deb olamiz, bu yerda γ - yeyilish tezligi.

Agar yeyilishning tasodifiy qiymati Schek kvantini kesib o'tsa, u holda tizim ishlaymay qoladi, qolgan barcha boshqa holatlarda tizim ishlay oladi. Misol uchun sirpanish podshipnigini olamiz. Yeyilish jarayoni qaytmas jarayon bo'lgani uchun tizim S_i holatdan S_{i-1} holatga o'ta olmaydi.

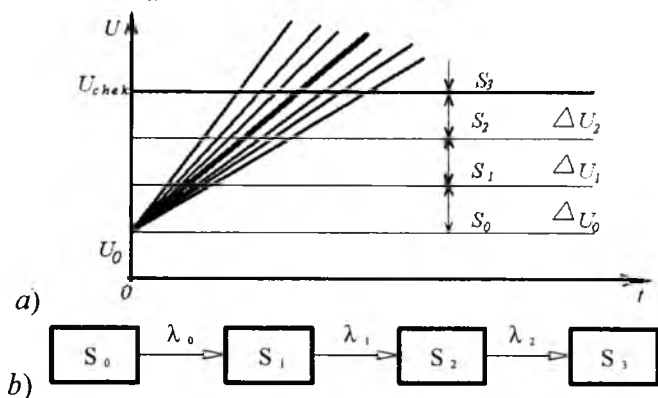
O'rganilayotgan podshipnikning yeyilishini tavsiflovchi A.N. Kolmogorovning tenglamalari tizimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi (3.6- rasm):

$$\frac{dP_0}{dt} = -\gamma_0 P_0; \frac{dP_1}{dt} = \gamma_1 P_1 + \gamma_0 P_0;$$

$$\frac{dP_2}{dt} = -\gamma_2 P_2 + \gamma_1 P_1; \frac{dP_3}{dt} = \gamma_2 P_2.$$

Mazkur tenglamalarni umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{dP_i}{dt} = -\gamma_i P_i(t) + \gamma_{i-1} P_{i-1}(t).$$



3.6-rasm. Sirpanish podshipnigining yeyilishi (a) va holatlar grafigi (b)

$\sum_{i=0}^3 P_i(t) = 1$ shartni hisobga olgan holda tenglamalar tizimini yechib ushbuga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} P_0(t) &= P_0 e^{-\gamma_0 t}; \\ P_1(t) &= \frac{P_0 \gamma_0}{\gamma_1 - \gamma_0} e^{-\gamma_0 t} + \left(P_1 - \frac{P_0 \gamma_0}{\gamma_1 - \gamma_0} \right) e^{-\gamma_1 t}; \\ P_2(t) &= \frac{P_0 \gamma_0 \gamma_1}{(\gamma_1 - \gamma_0)(\gamma_2 - \gamma_0)} e^{-\gamma_0 t} + \left[\frac{P_1 \gamma_1}{\gamma_2 - \gamma_1} + \frac{P_0 \gamma_0 \gamma_1}{(\gamma_0 - \gamma_1)(\gamma_2 - \gamma_1)} \right] e^{-\gamma_1 t} + \\ &+ \left[P_2 + \frac{P_1 \gamma_1}{\gamma_1 - \gamma_2} + \frac{P_0 \gamma_0 \gamma_1}{(\gamma_0 - \gamma_2)(\gamma_1 - \gamma_2)} \right] e^{-\gamma_2 t}; \\ P_3(t) &= 1 - \sum_{i=0}^2 P_i(t). \end{aligned}$$

Odatda, detallar shunday tayyorlanadiki, foydalanishning boshida barcha o'lchamlar eng kichik boshlang'ich tirqish yaqinida turkumlanadi, shu sababli $t=0$ uchun $P_1 = P_2 = P_3 = 0$ deb olish mumkin. Boshlang'ich shartlarni integrallanayotgan tenglamalar tizimiga qo'ysak, uzil-kesil ushbuga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} P_0(t) &= e^{-\gamma_0 t}; \\ P_1(t) &= \frac{\gamma_0}{\gamma_0 - \gamma_1} (e^{-\gamma_0 t} - e^{-\gamma_1 t}); \\ P_2(t) &= \gamma_0 \gamma_1 \left[\frac{e^{-\gamma_0 t}}{(\gamma_1 - \gamma_0)(\gamma_2 - \gamma_0)} + \frac{e^{-\gamma_1 t}}{(\gamma_0 - \gamma_1)(\gamma_2 - \gamma_1)} + \frac{e^{-\gamma_2 t}}{(\gamma_0 - \gamma_2)(\gamma_1 - \gamma_2)} \right]; \\ P_3(t) &= 1 - \sum_{i=0}^2 P_i(t). \end{aligned}$$

Yeyilish tezligi o'zgarmas bo'ladigan va vaqt bo'yicha o'zgar-maydigan Markovning bir turdagi (jinsli) jarayonini ko'rib chiqamiz:

$$\gamma_0 = \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$$

$\gamma_i = \gamma$ ni tizimga bevosita qo'yish 0/0 turdagi noaniqlikka olib keladi. Ushbu noaniqlikni Lopital qoidalariga ko'ra ochish mumkin. Mazkur noaniqlikni ochib quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$P_1(t) = \gamma t e^{-\gamma t};$$

$$P_2(t) = \frac{(\gamma t)^2}{2} e^{-\gamma t}.$$

Umumiy ko‘rinishda

$$P_i(t) = \frac{(\gamma t)^i}{i!} e^{-\gamma t}.$$

Shunday qilib, buzilmasdan ishlash ehtimolini n kvantlar soni uchun ushbu formuladan aniqlash mumkin:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t) = e^{-\gamma t} \left[1 + \gamma t + \frac{(\gamma t)^2}{2!} + \dots + \frac{(\gamma t)^n}{n!} \right].$$

Kvantlar sonini chekli holat bilan chegaralab, taklif etilgan usul yordamida yeyilish, eskirish, zanglash haqidagi har qanday puxtalik masalasini yechish mumkin. Markovning tasodifiy jaryonlari texnologiya tizimlari puxtaligini baholashda ham keng qo‘llaniladi.

3.8. Tuzilish puxtaligini aniqlash

Namunaviy misollar va ularning yechimlari

3.1-misol. Mashina 5 ta ishlatilgan agregatlardan yig‘ildi, ularning har birini ishlamay qolishi mashinani ishlamay qolishiga olib kelishi mumkin. Birinchi agregat 952 soat ish vaqtida 34 marta, ikkinchisi 960 soat ish davomida 24 marta buzilganligi, qolgan agregatlar 210 soat ishlagan mashinadan olingan bo‘lib, mos ravishda 4, 6 va 5 marta buzilganligi ma‘lum. Agregatlarning puxtaligi eksponensial qonunga bo‘ysunishini hisobga olib, yig‘ilgan mashinaning buzilmasdan ishlash vaqtini aniqlash kerak.

Yechish. Quyidagi munosabatlardan foydalanamiz.

$$\lambda_u = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad \text{va} \quad t_{o,r} = \frac{1}{\lambda_u}.$$

1. Har bir agregat uchun ishlamay qolishlar jadalligini aniqlaymiz:

$$\lambda_1 = \frac{34}{952} = 0,0357 \text{ 1/soat}, \quad \lambda_2 = \frac{24}{960} = 0,025 \text{ 1/soat}, \quad \lambda_{3,4,5} = \frac{4+6+5}{210} = 0,0714 \text{ 1/soat}.$$

2. Mashinaning ishlamay qolish jadalligi:

$$\lambda_u = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_{3,4,5} = 0,0367 + 0,025 + 0,0714 = 0,1321 \text{ 1/soat}.$$

3. Yigilgan mashinaning buzilmasdan ishlash vaqti

$$t_{o,r} = \frac{1}{\lambda_w} = \frac{1}{0,1321} = 7,57 \text{ soat.}$$

3.2-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 $\lambda = 2 \cdot 10^{-6}$ ga teng.

$t = 1000$ soat ishlash davomida ularning buzilmasdan ishlash ehtimoli 0,95 dan kam bo'lmasligi, ya'ni $P(1000) > 0,95$ bo'lishi talab qilinadi.

$$\text{Yechish: } P_a(t) = 1; P_t(t) = e^{-\lambda t}.$$

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

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

$$\text{Ish qurilmasining buzilmasdan ishlashi } P = e^{-5(2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000)} = 0,995$$

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

3.3-misol. Mashina 12600 ta detaldan tashkil topgan. Detallarning o'rtacha ishlamay qolishlar jadalligi $\lambda_{o,r} = 0,32 \cdot 10^{-6}$ 1/soat. $t = 50$ soat ichida buzilmasdan ishlash ehtimolini va mashinaning birinchi ishlamay qolishgacha bo'lgan o'rtacha ish vaqtini aniqlash kerak.

Yechish. 3.3-formula bo'yicha mashinaning ishlamay qolishlar jadalligi

$$\lambda_s = \lambda_{o,r} \cdot N = 0,32 \cdot 10^{-6} \cdot 12600 = 4,032 \cdot 10^{-3} \text{ 1/soat.}$$

$$\text{U holda (3.2) asosida } P(50) = e^{-\lambda_s t} = e^{-4,032 \cdot 10^{-3} \cdot 50} \approx 0,82.$$

Mashinaning birinchi ishlamay qolishgacha bo'lgan o'rtacha ish vaqti $T_{o,r}$ (3.2) formula bo'yicha hisoblanadi.

$$\lambda_s \text{ qiymatini qo'ysak } T_{o,r} = \frac{1}{\lambda_s} = \frac{1}{4,032 \cdot 10^{-3}} \approx 250 \text{ soat.}$$

3.4-misol. Mashina 5 ta agregatdan tashkil topgan. Agregatlarning puxtaligi mos ravishda quyidagicha: $p_1(t) = 0,98$; $p_2(t) = 0,99$; $p_3(t) = 0,97$; $p_4(t) = 0,985$; $p_5(t) = 0,975$. Mashinaning buzilmasdan ishlash ehtimolini toping.

Yechish: (3.1) formuladan foydalanamiz.

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t) = 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,985 \cdot 0,975.$$

p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 ehtimolliklar birga yaqin, shuning uchun $P_c(t)$ qiymatini (2.5) yaqinlashtirilgan formuladan foydalanib hisoblash qulay. Bu holda $q_1 = 0,02$; $q_2 = 0,01$; $q_3 = 0,03$; $q_4 = 0,015$; $p_5(t) = 0,025$.

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t) \approx 1 - \sum_{i=1}^5 q_i(t) = 1 - (0,02 + 0,01 + 0,03 + 0,015 + 0,025) = 0,9$$

3.5-misol. Mashina uchta agregatdan tashkil topgan. Agregatlarning birinchi buzilguncha o'rtacha ishlash vaqti $T_1 = 160$ soat, $T_2 = 320$ soat, $T_3 = 600$ soat. Agregatlar uchun puxtalikning eksponensial qonuni to'g'ri bo'ladi. Mashinaning birinchi buzilguncha o'rtacha qancha ishlashini aniqlang.

Yechish: Tizimning birinchi buzilguncha ishlash vaqti uchun (3.2) formuladan foydalanamiz.

$$\lambda_c = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_3} = \frac{1}{160} + \frac{1}{320} + \frac{1}{600} \approx 0,011 \frac{1}{soat}.$$

$$U \text{ holda } T_{or c} = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{0,011} \approx 91 \text{ soat.}$$

3.6-misol. Bitta detalning t vaqt mobaynidagi buzilmasdan ishlash ehtimoli $p(t) = 0,9997$. Shunday detallarning $N = 100$ tasidan iborat mashinaning buzilmasdan ishlash ehtimolligini aniqlang.

Yechish: Mashinaning buzilmasdan ishlash ehtimoli $P_c(t) = p^N(t) = (0,9997)^{100}$. $R_s(t)$ ehtimollik birga yaqin, shuning uchun uni hisoblash uchun (3.5) formuladan foydalanamiz. Ko'rilayotgan misolda $q(t) = 1 - p(t) = 1 - 0,9997 = 0,0003$. U holda $P_c(t) = 1 - N \cdot q(t) \approx 1 - 100 \cdot 0,0003 = 0,97$.

3.7-misol. $N = 120$ ta bir xil puxtalikka ega detaldan iborat mashinaning buzilmasdan ishlash ehtimolligi $P_c(t) = 0,95$ ekanligi ma'lum. Detalning buzilmasdan ishlash ehtimolligini aniqlang.

Yechish: Ko'rinib turibdiki, detalning buzilmasdan ishlash ehtimolligi $p(t) = \sqrt[N]{P_c(t)}$ bo'ladi. $p(t)$ birga yaqin bo'lgani uchun hisoblashlarni (2.5) formuladan foydalanib bajarish qulay.

Ko'rilayotgan misolda $Q_c(t) = 1 - P_c(t) = 1 - 0,95 = 0,05$. U holda

$$p(t) = \sqrt[N]{P_c(t)} = 1 - \frac{Q_c(t)}{N} = 1 - \frac{0,05}{120} \approx 0,9996.$$

3.8-misol. Mashina 5 ta agregatdan tashkil topgan. Agregatlarining $t = 100$ soat mobaynidagi buzilmasdan ishlash ehtimolliklari quyidagicha: $p_1(100) = 0,9996$; $p_2(100) = 0,9998$; $p_3(100) = 0,9996$; $p_4(100) = 0,999$; $p_5(t) = 0,9998$. Agregatlar ishlamay qolishi o'zaro bog'liq emas va ular uchun puxtalikning eksponensial qonuni to'g'ri bo'ladi. Mashinaning $t = 100$ soat bo'lgandagi buzilishlar takroriyligini aniqlang.

Yechish: Mashinaning buzilmasdan ishlash ehtimoli uning agregatlarining buzilmasdan ishlash ehtimolliklari ko'paytmasiga teng bo'ladi. U holda yuqori puxtalikka ega mashinalar uchun (2.5) formula bo'yicha:

$$P_c(100) \approx 1 - \sum_{i=1}^5 Q_i(100) = 1 - (0,0004 + 0,0002 + 0,0004 + 0,001 + 0,0002) = 0,9978.$$

Buzilmasdan ishlash ehtimoli birga yaqin bo'lgani uchun, ishlamay qolishlar jadalligini $P(t)$ uchun $\lambda_c = \frac{1 - P_c(t)}{t}$ ifodadan hisoblash mumkin. Ifodaga $P_c(100)$ qiymatlarini va $t = 100$ soat vaqtni qo'yib ushbuni olamiz:

$$\lambda_c = \frac{1 - 0,9978}{100} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/soat}.$$

Bu holda (2.4) formulaga ko'ra buzilishlar takroriyligi

$$a_c(t) = \lambda_c(1 - \lambda_c t) = 2,2 \cdot 10^{-5} (1 - 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 100) = 2,195 \cdot 10^{-5} \text{ 1/soat}.$$

O'zini-o'zi tekshirish uchun savollar

1. Puxtalik ko'rsatkichlarining qaysi birlari loyihalash vaqtida aniqlanadi?
2. Yangi mashinaning puxtalik ko'rsatkichlari me'yori qanday belgilanadi?
3. Puxtalikni baholash uchun qanday hisoblar amalga oshirilishi lozim?
4. Puxtalikni hisoblashning izchillik tartibini ayting.

IV bob. TEXNOLOGIYA TIZIMLARI PUXTALIGI

4.1. Texnologiya operatsiyalarining puxtaligini baholash

Texnologiya jihozlarining puxtaligi yaroqsiz mahsulot ishlab chiqarish bilan bir qatorda unumdorlikni pasayishi bilan ham bog'liq bo'ladi. Shuning uchun texnologiya tizimlari puxtaligi faqat sifat ko'rsatkichlari bo'yicha emas, balki tayyorlanayotgan mahsulot hajmi bo'yicha ham ko'rib chiqiladi.

Puxtalik nazariyasi usullarini texnologiya tizimlari xossalari-ning tahliliga qo'llash texnikaviy hujjatlar talablariga mos keladigan belgilangan hajmdagi mahsulot tayyorlashni ta'minlaydi.

Texnologiya tizimi – bu texnologiyaviy ta'minot vositalari, ishlab chiqarish obyektlari, texnologiya jarayonlari va operatsiyalarini bajarish uchun zarur va yetarli bo'lgan, yuklatilgan vazifalarni texnik hujjatlar talablariga mos ravishda bajarishga tayyor holatda bo'lgan vositalar va ijrochilar yig'indisidan iborat bo'ladi.

Texnologiya tizimi tushunchasi bitta operatsiyani bajarish yoki alohida operatsiyalardan tashkil topgan qandaydir jarayonni bajarish sifatida ko'rib chiqilishi mumkin. Masalan, avtomatik yo'nish texnologiya tizimiga dastgoh, moslama, asbob, detal (material yoki xomaki mahsulot), sozlovchi, ishchi kiradi. Bitta operatsiyaning texnologiya tizimiga nazorat vositalari va nazorat o'tkazuvchi ishchi ham kirishi mumkin. Texnologiya jarayonining texnologiya tizimi barcha alohida operatsiyalarning elementlarini, shuningdek, zavod (yoki sex) ichki transport vositalarini ham, mexanizatsiya vositalari va yordamchi operatsiyalarni avtomatlashtirish vositalari va boshqalarni ham o'z ichiga oladi.

Texnologiya tizimi va uning elementlarining xossalari va ko'rsatkichlari ishlash jarayonida, ya'ni operatsiyalarni bajarish vaqtida o'zgarib boradi. Shuning uchun texnologiya tizimi ma'lum

paytda ishchan yoki ishlamaydigan holatda bo'lishi mumkin. Agar texnologiya tizimi bir vaqtning o'zida texnikaviy hujjatlarda belgilangan sifat ko'rsatkichlariga mos mahsulot tayyorlashni va vaqt birligi ichida yaroqli mahsulotni belgilangan hajmda tayyorlashni ta'minlay olsa, uni ma'lum paytda ishchan holatda bo'ldi deb aytamiz. Agar tizim bu talablarning birortasini bajarishni ta'minlay olmasa, u ishlamaydigan holatda deb hisoblanadi.

Agar muayyan ishlov berish operatsiyasidan keyin nazorat operatsiyasi ko'zda tutilgan bo'lib, bu nazorat jarayonida nuqsonli mahsulotlar topilsa va ular yaroqsizlarga ajratilsa, bunday hodisalar texnologiya operatsiyasining tayyorlangan mahsulotning sifat ko'rsatkichlari bo'yicha ishlamay qolishi sifatida ko'rilmaligi kerak. Aynan bunday hodisalar unumdorlik ko'rsatkichlari bo'yicha ishlamay qolishga olib kelishi mumkin. Aks holda, ishlab chiqarish nuqsonlari nazorat operatsiyasi jarayonida ma'lum bo'ladigan, 100 % ga yaqin yaroqsiz mahsulot beruvchi texnologiya jarayoni ham yuqori puxtalikka ega deb topilishi mumkin.

Ayrim paytlarda texnologiya tizimi sifat ko'rsatkichlari bo'yicha ishchan bo'lishi va unumdorlik ko'rsatkichlari bo'yicha ishlamaydigan holatda yoki buning aksi ham bo'lishi mumkin. Ikkala holatda ham texnologiya tizimini ishlamaydigan holatda deb hisoblash kerak.

Xuddi mashinalardagi kabi texnologiya tizimlarida ham ishlamay qolishlar to'satdan va asta-sekin sodir bo'lishi mumkin.

Texnologiya tizimi puxtaligini baholash bo'yicha har qanday masalani yechishda quyidagi holatlardan kelib chiqiladi:

1. Texnologiya tizimining puxtaligi tayyorlanayotgan mahsulotning faqat ko'rilyotgan operatsiyaga bog'liq bo'lgan sifat parametrlari va ko'rsatkichlari bo'yicha baholanishi kerak. Masalan, val shlifovka qilinayotganda faqat bitta yuzaga ishlov beriladi, qolganlari o'zgarmaydi. Shuning uchun bunday shlifovka qilish operatsiyasining puxtaligini baholash faqat ishlov berilayotgan yuzaning kerakli o'lchami va g'adir-budurligini ta'minlash sharoitlariga bog'liq bo'ladi.

2. Texnologiya tizimining puxtaligini hisoblashda konstruktor hujjatlarida tayyor mahsulot sifatining nominal qiymatlari va ko'rsatkichlari aniq berilganligidan kelib chiqish kerak. Texnologiyaviy operatsiyalar puxtaligini baholashda esa tayyorlash jarayoni faqat belgilangan talablarni bajarilishini qanchalik ta'minlashini hisobga olish lozim va bunda konstruktorlik hujjatlarida belgilangan ko'rsatkichlar zamonaviy talablarga mos kelishini ko'rish kerak emas. Bundan texnologik jarayon yuqori puxtalikka ega bo'lishi mumkin, ammo uni amalga oshirganda mahsulot sifati ikkinchi toifaga tegishli bo'lishi mumkin degan ma'no kelib chiqadi.

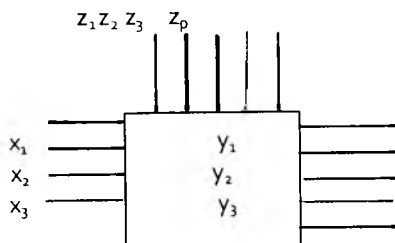
3. Seriyalab ishlab chiqarish sharoitida texnologiya tizimining puxtaligini baholashda texnologiya hujjatlarida berilgan texnologiya yo'nalishlari (marshrutlari), tartiblari va texnologiyaviy ta'minot vositalaridan kelib chiqish kerak.

4. Ishlab chiqarishni tayyorlash bosqichida texnologiya operatsiyalari va jarayonlarining puxtalik ko'rsatkichlarini maromiga yetkazish ishi iqtisodiy mezonlar va tayyorlangan mahsulotning sifat va unumdorlik ko'rsatkichlari 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, seriyali tayyorlashda, shuningdek, tubdan ta'mirlangandan yoki texnologiya tizimlarining muhim elementlari takomillashtirilgandan (modernizatsiya qilingandan) so'ng puxtalik ko'rsatkichlarini hisoblash yo'li bilan o'tkaziladi.

Texnologiya operatsiyalari puxtaligini sifat ko'rsatkichlari bo'yicha baholash. Topshiriqni bajarish ehtimoli xomaki mahsulotga j - ishlov berib olingan detalning i - sifat ko'rsatkichi bo'yicha puxtaligining asosiy ko'rsatkichidir. Ya'ni tayyorlangan mahsulotning miqdori yoki sikllar soni bilan o'lchanadigan, texnologiya operatsiyasi uchun belgilangan ish hajmi mobaynida ko'rilayotgan sifat ko'rsatkichining qiymati texnikaviy hujjatlar talablariga mos kelishining ehtimoli $P_{ij}(t)$.

Bunday texnologiya operatsiyasining modeli 5.1- rasmda ko'rsatilgan.



4.1-rasm. Texnologiya operatsiyasining modeli

Bu modelda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

$x_1, x_2, \dots, x_n$ - tanovor yoki materiallarning sifat ko'rsatkichlari (o'lchamlari, fizika-mexanikaviy xossalari va hokazo);

$y_1, y_2, \dots, y_m$ - tayyorlanayotgan mahsulotning sifat ko'rsatkichlari (o'lchamlari, g'adir-budurlik, fizika-mexanikaviy xossalari va xokazo);

$z_1, z_2, \dots, z_p$ - texnologiya tizimi parametrlari (bikirlik, asbobning bardoshlig'i, o'rnatish xatoligi va boshqalar).

x_i, y_i, z_i uchun muvofiq parametrlarning xatoliklari (nominallardan chetlanishlar) qabul qilinishi mumkin.

Agar o'zgartiruvchi tizim O_i chiziqli ko'rinishda namoyish qilinishi mumkin bo'lsa, 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 parametrlari y_i ni matematik kutilmasi va dispersiyasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$M(Y_1) = a_{10} + a_{11}M(X_1) + a_{12}M(X_2) + \dots + a_{1n}M(X_n) + b_{11}M(Z_1) + b_{12}M(Z_2) + \dots + b_{1p}M(Z_p);$$

$$M(Y_2) = a_{20} + a_{21}M(X_1) + a_{22}M(X_2) + \dots + a_{2n}M(X_n) + b_{21}M(Z_1) + b_{22}M(Z_2) + \dots + b_{2p}M(Z_p);$$

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

bu yerda: $r_{x_j x_k}; r_{z_l z_s}; r_{x_j z_l}$ - x_j va x_k , z_l va z_s , x_j va x_l omillar orasida-
gi korrelyatsiya koeffitsiyenti.

Texnologiya tizimi modeli chiziqli bo'lmasa 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:

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

bu yerda: $\delta_{p,ij}$, $\delta_{yu,ij}$ - j operatsiyadagi i parametr uchun o'lcham qo'yimining pastki va yuqorigi chegarasi;

$y_{ij}(t)$ - i parametrning t paytdagi qiymati, yuqorida keltirilgan tenglamalar yordamida hisoblanadi;

$P_{ij}(t)$ - j -operatsiyadan so'ng i - parametrning qiymati t paytda qo'yim chegarasida bo'lishi ehtimolligi.

Bir vaqtning o'zida m parametrlar (sifatning me'yorlangan ko'rsatkichlari) bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimolligi ushbu tengsizliklarning bir vaqtda birgalikda bajarilish ehtimolligi bilan aniqlanadi:

[illegible]

Nazorat operatsiyasining sifat ko'rsatkichlari bo'yicha puxtaligi iste'molchining tavakkalchiligi deb ataladigan ehtimollik bilan ta'riflanadi va β bilan belgilanadi. Bunda sifat ko'rsatkichi bo'yicha nuqsonli detal nazorat operatsiyasidan so'ng yaroqli deb topilishi ehtimolligi tushuniladi.

$$P_{ij}^{(k)}(t) = 1 - [1 - P_{ij}(t)]\beta_i, \quad$$

bu yerda: $P_{ij}^{(k)}(t)$ - t vaqt mobaynida ishlov berilgan detallar guruhida nazorat operatsiyasidan so'ng i sifat ko'rsatkichi qo'yim maydoni chegarasida bo'lishi ehtimolligi;

β - nazorat operatsiyasidan so'ng nuqsonli detal yaroqlilar toifasiga kiritilgan bo'lishining ehtimolligi.

Alohida operatsiyalarda bir nechta nazorat operatsiyasi ketma-ket amalga oshirilsa, bunday texnologiya tizimi uchun puxtalik

$$P_{ij}^{(k)}(t) = 1 - [1 - P_{ij}(t)]\beta_{i1}\beta_{i2}\cdots\beta_{il} \quad \text{ko'rinishida yoki}$$

$$P_{ij}^{(k)}(t) = 1 - [1 - P_{ij}(t)] \prod_{k=1}^l \beta_{ik} \quad \text{ko'rinishida ifodalalanadi.}$$

Bunday holat masalan, avval ishchining o'zi, so'ngra texnik nazorat bo'limi xodimi tomonidan nazorat amalga oshirilganda yuzaga keladi.

Texnologiya tizimining barcha me'yorlangan sifat ko'rsatkichlari bo'yicha hamda nazorat operatsiyalarining ta'sirini hisobga olgan holda puxtalik ushbu ifodaga teng bo'ladi:

$$P_j^{(k)}(t) = \prod_{i=1}^m \left\{ 1 - [1 - P_{ij}(t)] \prod_{k=1}^l \beta_{ik} \right\}.$$

Agar m parametrlardan ba'zi birlari nazorat qilinmasa, ular uchun $\beta_k = 1$ bo'ladi.

Belgilangan payt uchun ko'rib chiqilayotgan sifat ko'rsatkichining taqsimlanish qonuni ma'lum bo'lsa, parametr qiymatining qo'yim maydoni chegarasida bo'lish ehtimoli:

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

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

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

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

bu yerda: $F(t)$ - Laplas funksiyasi:

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

4.2. Texnologiya jarayonlarining puxtaligini baholash

Texnologiya jarayonlarining puxtaligi belgilangan ish mobaynida barcha operatsiyalarda mahsulotning sifat ko'rsatkichlari yoki me'yorlangan ishlov berish parametrlari belgilangan qo'yim chegarasida bo'lishining ehtimoli bilan baholanadi.

Sifatning bir yoki bir necha ko'rsatkichi bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimoli $O_1, O_2, \dots, O_n$ operatsiyalarda mos ravishda $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$ bo'lsa, unda operatsiyalarning har birida ishlov berish xatoliklariga bog'liq bo'lmagan sharoitda t vaqt mobaynida texnologiya jarayonlarining sifat ko'rsatkichlari bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimolligi:

$$P(t) = \prod_{j=1}^n P_j(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdots P_n(t) \text{ bo'ladi,}$$

bu yerda: $P_j(t)$ - ko'rilayotgan jarayonga kiruvchi j - operatsiyadagi sifat ko'rsatkichlari 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'rsatkichning har bir operatsiyadagi ishlov berish aniqligi parametrlari orqali ifodalanishi mumkin.

O'rganilayotgan ko'rsatkich (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 xatoligining o'rtacha qiymati va o'rtacha kvadratik chetlanishi mos ravishda $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{m-1}; \sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_{m-1}$ ga teng.

So'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 xatoligi juft bog'liq bo'lmagan bo'lsa, unda:

$$\bar{x}_m = \bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_{m-1}; \sigma_m = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_{m-1}^2} \text{ bo'ladi.}$$

Agar ishlov berish xatoligi oxirgi operatsiyadan so'ng me'yoridagi qonunga bo'ysunsa, ko'rilayotgan t vaqtga kelib o'lchamlar qo'yim chegarasidan chiqmasligi ehtimoli

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

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

bu yerda: $F(t)$ - Laplas jadvallangan funksiyasi.

Ishlov berish xatoliklari qo'shni operatsiyalarda juft bog'liq bo'lgan umumiy holni ko'rib chiqamiz. O_2 operatsiyadagi ishlov berish xatoligi O_1 operatsiyadagi ishlov berish xatoligiga bog'liq, O_3 operatsiyada esa - O_2 operatsiyadagi ishlov berish xatoligiga bog'liq (ammo O_1 operatsiyaning xatoliklariga bog'liq emas) va hokazo.

Korrelyatsiya koeffitsiyentlari mos ravishda $r_{12}, r_{23}, \dots, r_{m-1,m}$ ga teng. Bu holda O_m operatsiyadagi ishlov berish xatoliklarining o'rtacha qiymati $\bar{x}_m$ va ko'rilayotgan sifat ko'rsatkichi bo'yicha topshiriqni bajarish ehtimolligi $P(t)$ bog'liq bo'lmagan holdagi kabi hisoblanadi. O'rtacha kvadratik chetlanish σ_m ni aniqlashda esa korrelyatsiya koeffitsiyentlari ham hisobga 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_i operatsiyadagi ishlov berish xatoligi avvalgi O_{i-1} operatsiyadagi ishlov berish xatoligi 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 xususiy ishlov berish xatoliklari.

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 xatoliklarining matematik kutilmasi va dispersiyasi 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 so'ng ishlov berish xatoliklarining tarqalish kattaligini baholashni o'lchov zanjiri nazariyasi usullari bilan ham o'tkazish juda qulay hisoblanadi. O_{i+1} operatsiyadagi ishlov berish xatoliklari faqat O_i operatsiyadagi ishlov berish xatoligiga bog'liq, undan avvalgi operatsiyalarga bog'liq emas deb qaralsa, texnologiyaviy o'lchov zanjirini Markov zanjiri sifatida ko'rib chi-

qish mumkin bo'ladi. Bu masalalar «Mashinasozlik texnologiyasi» fanida to'liq ko'rib o'tiladi.

O'zini-o'zi tekshirish uchun savollar

1. Texnologiya jarayonlarining puxtalik ko'rsatkichlarini sanab o'ting.
2. Texnologiya tizimlari tasnifini aytib bering.
3. Operatsiyaning unumdorlik va sifat ko'rsatkichlarini tushuntiring.
4. Ishlov berish xatoliklari qanday hisobga olinadi?

V bob. MASHINALAR PUXTALIGINI BOSHQARISH

5.1. Puxtalikni boshqarishning umumiy usullari

Mashinalar eng ma'qul puxtalik ko'rsatkichlariga ega bo'lishi uchun loyihalash bosqichida ularning tuzilishi va materiallarni to'g'ri tanlash, foydalanish sharoitida paydo bo'lishi mumkin bo'lgan barcha ta'sirlarni e'tiborga oladigan hisoblash ishlarini bajarish kerak bo'ladi.

Mashinani tayyorlash bosqichida materiallar va butlovchi mahsulotlarni sinchiklab nazorat qilish, texnologiya jarayonlarini tashkil etish va tekshirishni yuqori saviyaga yetkazish, detallar va agregatlarni oraliq nazorat sinovini, topshirish-qabul qilish tadbirlarini yaxshi o'zlashtirilgan tizimini joriy qilish, chiniqtirish va siyqalanish bosqichida yashirin nuqsonlarini yo'qotish kerak.

Tashxis va reja-profilaktik tadbirlarni o'z ichiga oladigan texnik xizmat ko'rsatish tizimini joriy qilish foydalanish davrida mashinalarning ishlaymay qolish holatlari paydo bo'lishi ehtimolini eng kam miqdorgacha kamaytirishga imkon yaratadi.

Mashinalarning xizmat muddati va resursi ularning ko'pga chidamliligini belgilaydi. Ko'pga chidamlilik ko'rsatkichlariga bo'lgan talablar ishlanmaning ilk bosqichlarida beriladi. Amaliy va hisoblash matematikasi, materialshunoslik va mashinashunoslik fanlari ko'pga chidamlilik ko'rsatkichlarini loyihalash bosqichida oldindan aniqlashga imkon beradi. Bunda matematik va fizik modellash usullarini keng qo'llab, yaratilayotgan mashinaning ish sharoitlariga iloji boricha yaqinlashtirilgan sinash va hisoblash usullaridan foydalaniladi.

Puxtalik nazariyasi o'rtacha resurs va resursni tarqoqligiga turli omillarning ta'sirini baholash imkoniyatini beradi. Resurs muammosining amaliy ahamiyati juda katta, chunki ko'pgina mashinalarning amaliy resursi hali iqtisodiy nuqtayi-nazardan ma'qul qiymatga yetmagan. Mashinalar resursini oshirish

materiallar, energiya va mehnat sarfini sezilarli darajada tejashga olib keladi. Hozirgi vaqtda bu mablag'lar mashinalar parkini yangilash va ularni ta'mirlashga sarf bo'lmoqda.

Yaxshi o'ylab loyihalangan, sifatli tayyorlangan va to'g'ri foydalanilgan mashinada chekli holatga kelib qolgunga qadar ishlamay qolish holati ro'y bermasligi zarur. Mashinaning ishlamay qolishlari mashinani tayyorlash va undan foydalanishning turli bosqichlarida yo'l qo'yilgan xatolar tufayli yuz beradi.

5.1-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, texnikaning turli sohalarida ishlamay qolish holatlarining taqsimoti turlichadir. Xatolarning hamma turlari (konstruktorlik, texnologik va foydalanishdagi xatolar) taxminan teng qimmatlidir va shuning uchun mashinalarning puxtaligi barcha usullar bilan ta'minlanishi kerak.

5.1-jadval

Texnikaning turli sohalarida ishlamay qolish holatlari taqsimoti

Texnika sohasi	Ishlamay qolishlar sabablari			
	Konstruktorlik xatolari	Texnologik xatolar	Foydalanishdagi xatolar	Yeyilish va zanglash
Avtomobillar	15-20	15-20	15-20	40-55
Traktorlar va qishloq xo'jalik mashinalari	15-20	5-10	5-10	40-75
Umumiy mashinasozlik buyumlari	35	20	25	20
Rezbali birikmalar	40	25	25	10

Puxtalikni oshirishning mumkin bo'lgan yo'llarini tahlil qilishda misol tariqasida traktor gidrotizimining shesternyali nasosini ko'rib chiqamiz. Nasoslarning puxtaligini oshirish yo'llarini uch yo'nalishda qarash kerak. Ana shu yo'nalishlardan har biri nasoslarning ishlash qobiliyatini ifodalovchi va belgilovchi ma'lum ko'rsatkichlari bilan ajralib turadi.

Nasosning tuzilishiga ko'ra:

1. Ish xususiyatlarining parametrlari: ish bosimi, ish unumi, og'irligi, tashqi o'lchamlari va tezkorligiga doir cheklashlar; ish

harorati; ulanish sikllari soni; detallarga tushadigan yuklanishni to'g'ri tanlash.

2. Tuzilish sxemasi: bosim bo'shlig'ining so'ruvchi bo'shliqdan ajratilishi; radial va yonboshlardagi tirqishlarning kompensatsiyalanishi; eng ma'qul tirqishlar va o'lchamlar zanjiri; detallar o'lchamlarini va joylashuvini ularning mustahkamligi, chidamliligi hamda yeyilishga chidamliligining tengligidan kelib chiqqan holda asoslash.

3. Detallarning materiali: materiallarning yuklanishlarga mosligi; materiallarning ishqalanish sharoitiga mosligi, termik ishlov berish va mustahkamlovchi texnologiya ishlatishga yaroqliligi.

4. Qabul qilingan ish suyuqligi: qovushqoqlik indeksi, qovushqoqligining haroratga bog'liqligi.

5. Ta'mirlash va tuzatishga yaroqlilik.

Tayyorlash sifatiga ko'ra:

1. Detallarni tayyorlash sifati; tayyorlash aniqligi; yuza sirtining sifati; ko'zga ko'rinmas nuqsonlarining yo'qligi.

2. Yeyilishga chidamlilik va mustahkamlikni oshirishga qaratilgan texnologiya usullardan oqilona tarzda foydalanish darajasi.

3. Yig'ish va chiniqtirish sifati.

Foydalanish sharoitlariga ko'ra:

1. Ish tartiboti: yuklanishning ortib borish va olinish kinetikasi; yuklanish bilan ishlash vaqti; ishga tushirish sikllari soni.

2. Ish suyuqligining sifati: boshlang'ich ifloslanganligi; ifloslanish jadalligi; eskirish jadalligi; keraksiz qo'shilmalardan tozalash darajasi.

3. Atrof-muhit sharoiti: havoning harorati; havoning changlanganligi va changning tarkibi.

4. Xizmat ko'rsatish tartiboti: texnik xizmat ko'rsatish qoidalariga amal qilish darajasi; yuklanish bilan ishlatish oldidan qizdirib olish.

5. Yo'riqnomaga qat'iy amal qilgan holda konservatsiyalash va saqlash.

Nasosning talab etilgan resursini ta'minlash uchun quyidagilarni amalga oshirish lozim: tutashmalarda ishqalanishga sarflandigan quvvatni kamaytirish, birinchi navbatda nasosning turli ish tartibotlarida doimo suyuqlikli ishqalanish bo'lishini ta'minlash va

buning evaziga nasosning f.i.k. ni oshirish; ishqalanuvchi juftliklar materialini mazkur ish sharoiti uchun yeyilishga yanada chidamliroq material bilan almashtirish; o'zaro ta'sirlanuvchi juftliklarga tushadigan solishtirma yuklanishlarni kamaytirish.

Materialini almashtirish yoki tiklangan detallar sirtining mustahkamligini oshirish yo'li bilan ham nasoslarning resursini oshirish mumkin. Shesternyalar uncha ko'p yeyilmasligi sababli almashtiriladigan detallar sifatida vtulkadan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Nasos detallarining yeyilishga chidamliligi ko'p darajada ish vaqtida yuzaga keluvchi yuklanishlarga, shuningdek, ishqalanuvchi detallarni tayyorlash uchun materiallarning to'g'ri tanlanishiga bog'liqdir.

Shesternyali nasoslarning ishlash qobiliyatini oshirishga qaratilgan konstruktiv-texnologik chora-tadbirlarni uch turkumga ajratish mumkin:

1. Yeyilishni nasos ish xususiyatlariga ta'sirini kamaytiruvchi chora-tadbirlar.

2. Nasosdagi detallar materialining yeyilishga chidamliligini oshirishga va ishqalanuvchi qismlarni tayyorlash uchun yeyilishga chidamliroq materiallar ishlatishga doir chora-tadbirlar.

3. Detallar yeyilishining paydo bo'lish va avj olish sharoitini cheklashga qaratilgan chora-tadbirlar.

Nasoslarning ko'pga chidamliligini (umrboqiyligini) oshirishning samarali usullaridan biri ish suyuqligini qattiq mexanik aralashmalardan tozalash sifatini yaxshilashdir. Hozirgi mashinalarning gidravlik tizimlariga o'rnatilgan filtrlar o'lchami 20 mkm gacha bo'lgan aralashma zarralarni o'tkazib yuboradi, bu esa tutashmadagi tirqishlarning o'lchamiga teng yoki undan kattaroqdir. Shuning uchun, mashinalar gidrotizimiga ish suyuqligini qo'shilmalardan sifatli tozalay oladigan jihozlarni o'rnatish zarur. Ammo juda murakkab va qimmatbaho jihozlarni o'rnatish maqsadga muvofiq emas, chunki har qanday filtrlovchi element ma'lum vaqt o'tganidan so'ng abraziv zarralarni ko'p miqdorda o'tkazib yuboradigan bo'lib qoladi. Hozirgi vaqtda filtrlovchi elementlarning, zichlovchi qurilmalarning kam samaraliligini e'tiborga olib, detallar uchun yeyilishga chidamli material ishlatish nasoslar xizmat muddatini uzaytirishning eng oqilona yo'li deb hisoblash mumkin.

Vtulkalar uchun ishlatiladigan qimmatbaho va kamyob materialni (BrOCS 5-5-5 markali yoki 2% nikel qo'shilgan BrOS 5-25 markali bronzani) arzonroq antifriksion material-aluminiy qotishmalari bilan almashtirish maqsadida nasos tayyorlovchi korxonalar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar, bu materiallarning yeyilishga chidamliligining pastligi sababli, kutilgan natijani bermadi. Bu holat ish sharoitining o'ziga xos xususiyatlariga yetarlicha e'tibor berilmaganligini yaqqol ko'rsatib turibdi.

5.2. Puxtalikni boshqarishning konstruktorlik usullari

Puxtalikni boshqarishning konstruktorlik usullari quyidagilardan iborat:

1. Konstruksiyani soddalashtirish va eng maqbul holga keltirish (optimallashtirish). Bunda puxtalik nuqtai nazaridan agregat, qism hamda detallarga tegishli geometrik shakllar, o'lchamlar berish va mos ish sharoiti yaratilgan holda ularni mumkin qadar uzoq muddat ishlaydigan qilib tayyorlash nazarda tutiladi. Detallarga tushadigan yuklanishni va ularning harakat tezligini eng maqbul tarzda tanlash, tutashmalar uchun eng maqbul o'tqazishlarni, ishqalanuvchi sirtlar uchun moylash qurilmalarini tanlash va shu kabilar loyihalalanadigan mashinalarning puxtaligiga katta ta'sir ko'rsatadi.

Loyihalashda konstruksiyaning eng maqbul texnologiyaga bopligini, uni yig'ish, qismlarga ajratish hamda tuzatishning oddiyligi va arzonligini ham hisobga olish lozim. Mashina qismlari va detallarining qulay tarzda joylashtirilishi mashinani ishlatish davrida ularni ko'zdan kechirish, tekshirish, tuzatish va almashtirish uchun hamda puxta holatda saqlab turishning muhim shartidir.

2. Puxta elementlarni tanlash. Yangi konstruksiyada asosan puxta ishlab kelgan elementlar qo'llaniladi. Ishlab chiqarish chog'ida mashinalarni yig'ishda puxtaroq elementlarni tanlab olish qiyin emas. Qolgan detallar ehtiyot qism sifa-tida ishlatiladi.

3. Standartlashtirish va bir xillashtirish (unifikatsiyalash), ya'ni standartlashtirilgan hamda bir xillashtirilgan detal, qism va mexanizmlarni qo'llash.

4. Modul-blokli loyihalashning usulidan foydalanish.

5. Rezervlashni joriy etish. Rezervlash deganda qurilmalarning turli xususiyatlari qiymatlarini ana shu xususiyatlarning eng kichik zarur qiymatlariga nisbatan birmuncha kattaroq qilib olish tushuniladi.

Tuzilish bo'yicha rezervlashda, puxta bo'lmagan elementlardan kerakli puxtalikdagi konstruksiyani yaratish masalasi ko'rib chiqiladi. Masalan, bir xil puxtalikka ega elementlardan tuzilgan mashinaning ishchanlik ehtimoli:

$$P(t) = 1 - q^n(t) = 1 - (1 - p)^n; \quad n = \frac{\lg(1 - P)}{\lg(1 - p)}$$

bu yerda: p - elementlar puxtaligi; P - obyektning puxtalik ko'rsatkichlari.

Mashinalar, odatda, juda ko'p agregatlar, qismlar va detallardan iborat bo'ladi. Ulardan istalgan birining ishlamay qolishi mashinaning umuman ishlamay qolishiga olib kelishi mumkin.

Mashina buzilmasdan ishlashining umumiy ehtimolini undagi agregatlar, qism va detallarning buzilmasdan ishlash ehtimollarining ko'paytmasi deb qarash mumkin:

$$P = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

bu yerda: $P_1(t); P_2(t) \dots P_n(t)$ - elementlarning buzilmasdan ishlash ehtimoli; n - ishlamay qolishi mashinaning buzilishiga sabab bo'ladigan elementlar soni.

Butun konstruksiyaning puxtaligini eng bo'sh element belgilagani uchun, bu elementni aniqlash va uning buzilmasdan ishlash darajasini oshirish, umumiy mashinaning puxtaligini oshirishga imkon beradi. Puxtaligi teng darajada bo'lgan detallardan tashkil topgan agregatning buzilmasdan ishlash ehtimoli undagi istalgan detalning buzilmasdan ishlash ehtimolidan hamisha kam bo'ladi.

$$\text{Masalan, } P(t) = \prod_{i=1}^5 p_i(t) = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,59.$$

Elementlar soni ortishi bilan konstruksiyaning puxtaligi pasayadi, ya'ni, $n \rightarrow \infty$ bo'lganda $P(t) \rightarrow 0$ bo'ladi.

Mashinalarning puxtaligini boshqarish uchun rezervlashdan (ortiqcha agregatlar, qism yoki detallar kiritishdan) keng foydalaniladi. Rezervlanganda mashinaning puxtaligi unga kiruvchi har

qanday element (detal, qism va agregat)ning puxtaligidan yuqori bo'lishi mumkin.

Konstruksiyada rezerv va almashtiriladigan elementlardan foydalanish katta xarajatlar qilmagan holda uning puxtaligini osongina tiklashga imkon beradi. Almashma elementlarga misol qilib lemexlar va ag'dargichlarning keskich elementlarini, tuproq frezalarining qirquvchi elementlari va shu kabilarni ko'rsatish mumkin. Avtomobildagi ketingi ko'prik o'ng va chap yarim o'qlarini o'rin almashib ishlay olishi rezerv elementga misol bo'la oladi. Bunda shlitsali birikma tishlari avval bir tomondan, almashgandan so'ng ikkinchi tomondan ishlaydi.

Ta'mir o'lchamlari tizimida tiklash vaqtida ham yeyilgan detallarga qo'shimcha ishlov berish uchun qoldiriladigan qo'yim hisobiga detallarning yeyilishiga chidamliligini rezervlash ko'zda tutiladi. Bunga ichki yonuv motorlarining tirsakli val bo'yinlari bilan ostqo'yimlar va silindr gilzalari bilan porshen halqalari misol bo'la oladi.

6. Ishlamay qolishlarning tabiiy sabablarini o'rganish va tahlil qilish.

7. Materiallar xossalari to'g'risidagi yangi ma'lumotlarni bilish, ya'ni yangi istiqbolli materiallarni qo'llash.

8. Texnik hujjatlar sifatini oshirish, mashina grafikasidan va avtomatlashtirilgan loyixalash tizimidan keng foydalanish.

9. Puxtalikni ishlamay qolishlarning asosiy turlariga nisbatan hisoblash.

Masalan, abraziv ta'sirida yeyilishga chidamlilikni oshirish uchun ikki yo'ldan foydalaniladi:

a) ishqalanuvchi qismlarga atrof muhitdan abraziv kamroq tushadigan qilinadi, ya'ni gidravlika tizimining zichligi va moyni tozalash darajasi (filtrlash sifati) oshiriladi;

b) abrazivning zararli ta'siri kamaytiriladi, ya'ni yuklama, bosim pasaytiriladi, boshqa yeyilishga chidamliroq material yoki yuzani mustahkamlovchi texnologiya qo'llaniladi.

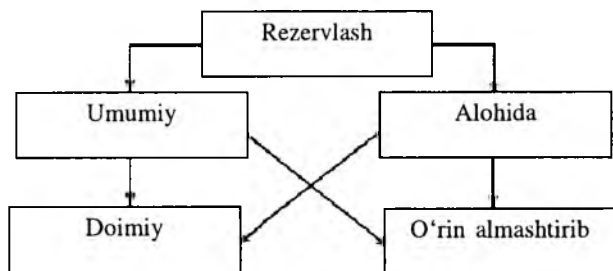
Tuzatishga yaroqlilikni yuqori darajada ta'minlash uchun, tutashmalardagi materiallar birikmasini, dinamik yuklanishlar va titrashlarni hisobga olgan holda, shunday tanlash kerakki, bunda asosan arzon turadigan va tayyorlanishi oson bo'lgan detallar

yeyiladigan, ularni tuzatish chog'ida esa kam xarajatlar qilingan holda almashtirish mumkin bo'lsin.

Mashinalarning puxta ishlashi ko'p jihatdan o'rtacha va chekli yuklanishlarning nisbatiga (yuk ko'tarish qobiliyatiga) bog'liqdir. Binobarin, yangi mashinalarni loyihalashda loyihachi texnik iqtisodiy ma'lumotlarni hisobga olgan holda tegishli mustahkamlik zaxirasini tanlashi kerak. Mashinalar ishlayotgan vaqt-da ularda yuk ko'tarish qobiliyatidan ancha katta yuklanishlar paydo bo'lishi mumkin bo'lgani uchun ana shu yuklanishlardan saqlovchi maxsus qurilmalar ko'zda tutilishi zarur.

Rezerv elementlar kiritilgan mashinalarning puxtalik ko'rsatkichlarini aniqlash.

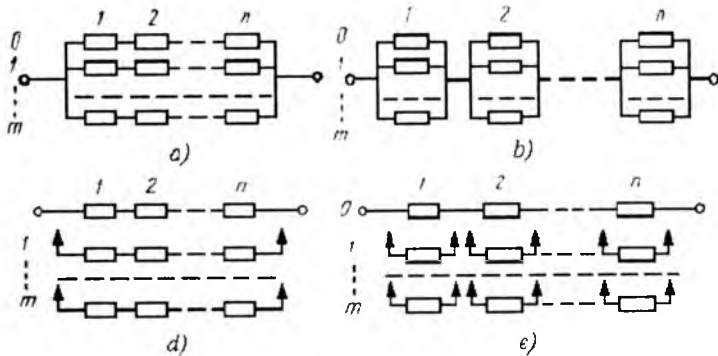
Ishlamay qolish asosiy va rezerv elementlar barchasi buzilganidan keyingina sodir bo'ladigan mashinani rezervlangan deyiladi. Amaliyotda rezervlashning turli usullari qo'llaniladi (5.1-rasm). Turli rezervlash usullarining sxemada belgilanishi 5.2-rasmda ko'rsatilgan.



5.1-rasm. Rezervlash usullari

Mashinani butunlay rezervlash bilan puxtalikni oshirish usulini umumiy rezervlash deyiladi (5.2- rasm, *a,d*). Mashinaning ayrim qismlarini rezervlash bilan puxtalikni oshirish usulini alohida rezervlash deyiladi (5.2-rasm, *b,e*).

Rezervlashning asosiy parametri bo'lib uning karraliligi hisoblanadi. Rezervlash karraliligi m deganda rezerv mashinalar (elementlar) sonini asosiy rezervlanayotgan mashina (element) soniga nisbati tushuniladi.



5.2-rasm. Turli rezervlash usullarining sxemada belgilanishi

Kiritilish usuliga ko'ra rezervlash doimiy (5.2-rasm, *a, b*) va o'rin almashtirib (5.2-rasm, *d, e*) rezervlashga bo'linadi. Doimiy rezervlashda rezerv element asosiy element bilan bir xil tartibda ishlaydi. O'rin almashtirib rezervlashda esa asosiy element (agregat, qism, detal) buzilgandan so'ng rezerv element uning o'rniga ishlaydi.

Har qanday rezervlash ortiqlik qoidasiga asoslangandir, chunki bunda asosiy elementlar bilan bir qatorda rezerv elementlar ham ko'zda tutiladi. Rezerv elementlar funksional zarur bo'lib hisoblanmaydi, balki asosiy elementlar ishlamay qolganida ularni almashtirish (o'rnini bosish) uchun mo'ljallangan bo'ladi.

Yuqorida ko'rsatilgan rezervlash turlari uchun asosiy hisoblash formulalarini keltiramiz.

1. Doimiy kiritilgan umumiy rezervlash (5.2-rasm, *a*).

Doimiy rezervlashda rezerv elementlar butun vaqt mobaynida asosiy elementlar bilan birikkan holda bo'ladi va bir xil ish tartibotida bo'ladi. Masalan, avtomobilning tormoz tizimi (qo'l va oyoq tormozlari), zanjirli o'rma'lovchi traktorlarning ko'p g'altakli yurish tizimlari bunga misol bo'la oladi.

Doimiy rezervlangan, puxtaligi jihatidan teng bo'lmagan agregatlarning buzilmasdan ishlash ehtimoli ushbu formuladan aniqlanadi:

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n+1} [1 - P_i(t)]$$

Doimiy rezervlashning kamchiligi shundaki, rezerv agregat ham o'z resursini asosiy agregat singari sarflaydi.

$$P_i(t) = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^n p_i(t) \right]^{m+1}, \quad 5.1$$

bu yerda: $p_i(t)$ - t vaqt mobaynida i - elementning buzilmasdan ishlash ehtimoli; n - asosiy yoki har bir rezerv zanjirining elementlari soni; m - rezerv zanjirlari soni (rezervlash karraliligi).

Agar buzilmasdan ishlash vaqtining taqsimlanish funksiyasi eksponensial qonunga bo'ysunsa, u holda $p_i(t) = e^{-\lambda_i t}$ bo'lganda, $\lambda = \frac{1}{T_{o.r.}}$ - ishlamay qolishlar jadalligi; $T_{o.r.}$ - agregat buzilmasdan ishlashining o'rtacha vaqti.

$$P_s(t) = 1 - \left[1 - e^{-\lambda_0 t} \right]^{m+1}, \quad T_{o.r.s} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1} = T_{o.r.0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1}, \quad 5.2$$

bu yerda: $\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ - rezerv kiritilmagan tizimning yoki m rezerv tizimlaridan har birining ishlamay qolish jadalligi; $T_{o.r.0}$ - rezerv kiritilmagan tizimning yoki m rezerv tizimlaridan har birining o'rtacha buzilmasdan ishlash vaqti. Puxtaligi teng bo'lmagan mahsulotlari rezervlaganda

$$P_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^m q_i(t) = 1 - \prod_{i=0}^m [1 - p_i(t)], \quad 5.3$$

bu yerda: $q_i(t)$, $p_i(t)$ - ishlamay qolish ehtimoli va buzilmasdan ishlash ehtimoli.

2. Doimiy kiritilgan alohida rezervlash (5.2- rasm, b).

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - p_i(t)]^{m_i+1} \right\}, \quad 5.4$$

bu yerda: $p_i(t)$ - i elementning buzilmasdan ishlash ehtimoli; m_i - i elementning rezervlash karraliligi; n - asosiy tizimning elementlari soni.

Puxtalikning eksponensial qonunida $p_i(t) = e^{-\lambda_i t}$ bo'lganda,

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - e^{-\lambda_i t}]^{m_i+1} \right\}. \quad 5.5$$

Elementlar puxtaligi teng va rezervlash karraliligi bir xil bo'lganda

$$P_c(t) = \left\{ 1 - [1 - e^{-\lambda t}]^{m+1} \right\}^n, \quad 5.6$$

$$T_{o'r\ c} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt = \frac{(n-1)!}{\lambda(m+1)} \sum_{i=0}^m \frac{1}{\nu_i(\nu_i+1) \cdots (\nu_i+n-1)}, \quad 5.7$$

bu yerda $\nu_i = (i+1)/(m+1)$.

Bir vaqtda ishlaydigan ikkita agregati bo'lgan tizimning buzilmasdan ishlash ehtimoli ushbu formuladan aniqlanadi:

$$P(t) = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}$$

Tizimning buzilmasdan ishlash vaqti quyidagini tashkil etadi:

$$T_{o'r} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} (2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}) dt = \frac{3}{2\lambda}.$$

3. O'rin almashtirib umumiy rezervlash (5.2- rasm, d):

Mazkur usulda rezerv agregat asosiy agregat ishdan chiqqanidan keyin ishga tushadi. Agar tizimga rezervlash uchun n ta agregat kiritilgan bo'lsa, u holda tizimda asosiy agregat bilan birga $n+1$ ta agregat bo'ladi. Binobarin, tizimning ishlamay qolishi $n+1$ agregat ishlamay qolganda yuz beradi.

$$P_{m+1}(t) = P_m(t) + \int_0^t P(t-\tau) a_m(\tau) d\tau, \quad 5.8$$

bu yerda: $P_{m+1}(t)$, $P_m(t)$ - mos ravishda $m+1$ va m karrali rezervlangan tizimning buzilmasdan ishlash ehtimoli; $P(t-\tau)$ - asosiy tizimning $(t-\tau)$ vaqt ichida buzilmasdan ishlash ehtimoli; $a_m(\tau)$ - m karra rezervlangan tizimning τ vaqtga kelib ishlamay qolish takroriyliqi.

(5.8) rekurrent formula har qanday karrali rezervlangan qurilmalarning hisoblash ifodalarini olishga imkon beradi. Bunday formulalarni olish uchun $P(t-\tau)$ va $a_m(\tau)$ o'rniga tanlangan taqsimot qonuniga mos ravishda ularning qiymatlarini qo'yib, tenglamaning o'ng tarafini integrallash kerak.

Puxtalikning eksponensial qonunida

$$P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}, \quad (5.9)$$

$$T_{o'r\ c} = T_{o'r\ 0} (m+1), \quad (5.10)$$

bu yerda $\lambda_0, T_{\text{er}0}$ – asosiy elementning ishlamay qolishlar jadalligi va birinchi buzilguncha oʻrtacha ishlash vaqti.

Tizimning buzilmasdan ishlash ehtimoli quyidagicha boʻladi:

$$P(t) = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t + \frac{\lambda^2 t^2}{2!} + \dots + \frac{\lambda^n t^n}{n!});$$

$$T_{\text{oer}} = \frac{n}{\lambda}. \quad 5.11$$

Agar bitta agregat rezervlangan boʻlsa, u holda ushbuga ega boʻlamiz:

$$P(t) = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t). \quad 5.12$$

Tizimning ishlamay qolgunga qadar oʻrtacha ishlash muddatini quyidagi ifodadan topamiz:

$$T_{\text{oer}} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt + \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} (\lambda t) dt = \frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda^2} = \frac{2}{\lambda}. \quad 5.13$$

Shunday qilib, oʻrin almashtirish yoʻli bilan rezervlaganda buzilmasdan ishlashning oʻrtacha vaqti ($T_{\text{oer}}=2/\lambda$) doimiy rezervlashdagidan ($T_{\text{oer}}=3/2\lambda$) yuqori boʻladi. Rezervlanmagan elementlar buzilmasdan ishlashining oʻrtacha vaqti $T_{\text{oer}}=1/\lambda$ boʻladi.

5.3. Tayyorlash vaqtida mashinalar puxtaligini taʼminlashning texnologiya yoʻllari

Mashinalar puxtaligini taʼminlash uchun texnologik usullarni qoʻllash mashinasozlik tarmogʻining oʻziga xos xususiyatlari bilan bogʻlangandir. Ishlab chiqarishda keng qoʻllaniladigan texnologik usullar quyidagilardan iborat:

1. Ishlatilayotgan materiallarni, yarim mahsulotlarni, butlovchi buyumlarning sifatini nazorat qilish.

2. Texnologik jarayonni takomillashtirish. Agar loyihalash jarayonida mashinaning puxtalik xususiyatlariga zamin yaratilsa, tayyorlash chogʻida texnologik jarayon ana shu puxtalik darajasini taʼminlamogʻi kerak. Texnologiyadan xar qanday chetlashish puxtalik koʻrsatkichlariga salbiy taʼsir qilishi mumkin. Afsuski, mavjud traktor va qishloq xoʻjalik mashinalarining ishlamay

qolishiga ko'pincha texnologik jarayon past saviyada tashkil qilinganligi sabab bo'ladi. Shu bois texnologik jarayonni takomillashtirishda mashinalar puxtaligini oshirishning nihoyatda keng imkoniyatlari yashirinib yotibdi.

3. Texnologik jarayonni va texnologik uskunalarni nazorat qilish (shu jumladan, sifatni statistik nazorat qilish).

4. Tayyorlashdan keyin to'liq nazorat qilish va chiniqtirish;

5. Mahsulotlarni o'rash, joylash va tashishning zamonaviy usullarini qo'llash.

6. Detallar sirtini mustahkamlash. Titratib ezish, zichlash va sirtni mustahkamlash usullari zararli zo'riqishlar ta'sirini kamaytiradi. Termik, termomexanik va kimyoviy-termik ishlovlar qo'llanilsa, uglerodli po'latlarning mustahkamligi ikki baravar, legirlangan po'latlarniki esa uch martagacha ortadi.

7. Sirt yuzalarga kimyoviy, elektrolitik, polimer qoplamalar qoplash hamda detallarning ishqalanuvchi sirtlariga yeyilishga chidamli materiallar qoplash usuli keng qo'llaniladi. Bu qoplamalar suyuqlantirib qoplash, changitish, xromlash, nikellash, po'latlash va boshqa yo'llar bilan hosil qilinadi. Mashinalarining detallari atrof-muhit detallar sirtiga katta ta'sir ko'rsatadigan sharoitda ishlaydi. Bunday sharoitda detallar zanglashning har xil turlariga duchor bo'ladi. Zanglashning oldini olish uchun ularning sirtiga galvanik, lak-bo'yoq, plastmassa, sirlash va boshqa qoplamalar qoplanadi.

Quyidagi tushunchalar bir-biridan farq qiladi:

1) texnologik uskunaning puxtaligi;

2) texnologik jarayonning puxtaligi;

3) tayyorlanayotgan mahsulotning puxtaligi. Bu yerda faqat mashina, qism, detallarining texnologik jarayon mahsuloti sifatidagi puxtaligi ko'rib chiqilgan.

Mashina detallarining yeyilishi ko'p darajada detallar materialining va termik ishlovning sifatiga bog'liq bo'ladi.

Mashinasozlikda konstruksion va antifriksion material sifatida cho'yan keng qo'llaniladi. Cho'yanning yeyilishga chidamliligi uning strukturasiga bog'liq. Uning strukturalari esa, o'z navbatida, undagi uglerod, marganes, kremniy, xrom, nikel va boshqa moddalar miqdoriga, shuningdek, quymaning sovutilishi hamda

termik ishlov berish sharoitiga bog'liq bo'ladi. Cho'yanning yeyilishga chidamliligini oshirishda grafit qo'shilmalarining mavjudligi katta ahamiyatga ega, chunki ular surkov moyi vazifasini bajarib, ishqalanish kuchini kamaytiradi.

Po'latlar cho'yanlarga qaraganda yeyilishga chidamliroq bo'ladi. Po'latlarni nikel, kremniy, vanadiy, marganes, molibden bilan legirlash, odatda, ularning yeyilishga chidamliligini ancha oshiradi. Po'latlarning yeyilishga chidamliligini oshirish uchun legirlash va termik ishlov berishdan tashqari, sirtini parchinlash, zoldirchalar bilan kalibrlash, sirtlarni chiniqtirish usullari ham qo'llaniladi. Po'latlarning yeyilishga chidamliligini oshirish uchun termokimyoviy ishlov berish (sementitlash, azotlash, sianlash), shuningdek, galvanik qoplamalar qoplash (yeyilishga chidamli qilib xromlash, nikellash, po'latlash) usullaridan ham foydalaniladi.

Rangli metallar (bronzalar, babbittlar)ning antifriksion xossalari yaxshi bo'ladi va ular boshqa detallar bilan juft tarzda ishlaydi. Rangli metallarning yeyilishga chidamliligi yuqori bo'lmaydi, ammo ularning abraziv zarralar bilan sharjlanish (botgan zarrani tutib qolish) xususiyati va a'lo darajadagi antifriksion xossalari bronza-po'latdan va babbitt-po'latdan iborat tutashmalarining yeyilishga chidamliligini ziyodlashtiradi.

Plastmassalar keyingi yillarda ishqalanuvchi qismlarda keng qo'llanilmoqda. Plastmassa-po'latdan iborat ishqalanuvchi juftlikdagi plastmassa detal, odatda, po'lat detalga qaraganda kamroq yeyiladi. Bunga sabab shuki, abraziv zarralar plastmassa detalni sharjlaydi, shuningdek, abraziv zarra plastmassaning sirtiga botib kirgandan so'ng uning abraziv ta'siri pasayadi.

Pishirilgan serg'ovak materiallar kukun metallurgiyasi usullari bilan hosil qilinadi. Bunday materiallarning afzalligi shundaki, ularning g'ovaklarida moy bo'ladi va materiallar ana shu moy hisobiga o'z-o'zidan moylanadi. Kukunlardan buyum tayyorlash texnologik jarayoni quyidagi ishlardan iborat: kukunlar aralash-tiriladi, ularni presslab briketlar hosil qilinadi va ular himoya muhitida pishiriladi hamda kerakli o'lchamga keltirish uchun uzil-kesil ishlov beriladi. Bunda kukunlar muayyan detallarning o'lchamlariga juda yaqin bo'lgan press-qoliplarda siqiladi, natijada

ishlov berishdagi isroflar juda kam bo'ladi. Shu sababli kukun metallurgiyasi chiqindisiz texnologiyalar toifasiga kiradi.

Detallarning yeyilishga chidamliligi ko'p darajada sirtining g'adir-budurligiga bog'liq. Sirtidagi mikro notekisliklar tutashma ishining boshlang'ich davrida, ya'ni siyqalanish chog'ida jadal yeyiladi. Tutashma siyqalanib bo'lgandan so'ng tutash sirtlarning eng maqbul g'adir-budurligi hosil bo'lib, u mexanik ishlovdan so'ng yuzaga kelgan sirtlarning boshlang'ich g'adir-budurligiga bog'liq bo'lmaydi. Eng maqbul (optimal) g'adir-budurlikka ega bo'lgan tutashmalar eng kam yeyiladi, shuningdek, ularni chiniqtirish davrida siyqalanish vaqti ham eng qisqa bo'ladi.

Texnologlarning eng muhim vazifasi mexanik ishlov berish chog'ida mikro notekisliklarning balandligi bo'yicha ham, ishlov berish izlarining yo'nalishi bo'yicha ham eng maqbul sirtga yuqori darajada yaqin bo'lgan sirt hosil qilishdan iborat.

Yig'ish paytida mashinalarni statik va dinamik muvozanatlash ularning puxtaligini oshiradi. Aylanuvchi detallarning og'irlik markazi aylanish o'qi bilan mos kelmasligi tufayli kelib chiqadigan nomuvozanatligi statik muvozanatlash orqali bartaraf etiladi. Dinamik muvozanatlash muvozanatlovchi yuklar yordamida qo'shimcha juft kuchlar yaratishdan iborat. Detalning nomuvozanatligi kamaytirilsa, uning yeyilishga chidamliligi ortadi, shuningdek, titrashi kamayadi.

Ta'mirlangan mashinalarning puxtaligini ko'rishda tubdan ta'mirlashni aslida ikkinchi marta ishlab chiqarish (tayyorlash) deb qarash mumkin. Shu sababli mashinani tayyorlashda qo'llaniladigan puxtalikni ta'minlash usullari uni ta'mirlash paytida ham o'z ahamiyatini yo'qotmaydi.

5.4. Foydalanish davrida puxtalikni saqlash chora-tadbirlari

Mashinalardan foydalanish davrida ularning puxtaligini ta'minlashning asosiy usullari sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin.

1. Sinovlar va chiniqtirish jarayonini to'g'ri tashkil qilish.

2. Agregat va mexanizmlarning o'ta yuklanishiga barham beruvchi eng maqbul ish tartibotlarini tanlash. Ish sharoitini barqarorlashtirish.

3. Tashxis qo'yish texnologiyasidan foydalanish. Ishlamay qolishlarni oldindan aniqlash.

4. Texnikaviy xizmat ko'rsatish hajmini va davriyligini aniq belgilash.

5. Ehtiyot qismlar tarkibini va miqdorini aniqlash.

6. Ta'mirlashning ilg'or tizimidan foydalanish.

7. Malakali xodimlar, haydovchilar tayyorlash. Xodimlarning huquqlarini aniq belgilash va vazifalarini to'g'ri taqsimlash.

8. Ishlamay qolishlar haqidagi ma'lumotlarni muntazam to'plash va ularni tahlil qilish.

Moy sifatining yeyilishga ta'siri. Tutashmalarning yeyilishiga moydagi mexanik aralashmalar katta ta'sir ko'rsatadi. Yeyilish kattaligi aralashmalarning (abraziv zarralarning) miqdori, o'lchami, qattiqligiga, shuningdek, zarralarning shakliga bog'liq.

Moyda erkin kislotalar (asosan, mineral kislotalar) miqdori ko'payishi bilan tutash sirtlarning zanglash hisobiga yeyilishi ortadi.

Har qaysi tutashma uchun moyning qovushqoqligi eng maqbul darajada bo'lishi zarur. Moyning qovushqoqligi pasayishi bilan ishqalanuvchi sirtlarda himoyalovchi moy pardasi hosil bo'lishi yomonlashadi va ularning yeyilishi ortadi. Moyning harorati ko'tarilganda uning qovushqoqligi pasayadi, ishqalanish koeffitsiyenti kattalashadi va yeyilish ortadi.

Mavsumiy ishlatiladigan texnologik mashinalar, masalan traktor va qishloq xo'jalik mashinalarining puxta ishlashini ta'minlash uchun ularni saqlashning to'g'ri tashkil etilishi katta ahamiyatga ega. Bundan tashqari, moylash materiallarini saqlash va tarqatishni ham yaxshi tashkil qilish kerak.

Texnik tashxisning (diagnostikaning) mohiyati va usullari.

Nuqsonlar (ishlamay qolishlar) ni o'rganuvchi va ularning aloqatlarini aniqlovchi texnik tashxis mashinalarning puxtaligi hamda ishlash qobiliyatini baholashga yordam beradi. Tashxis mashinalarning nuqsonlarini va texnik ahvolini aniqlaydigan tadqiqotlar majmui va mantiqiy tahlilni o'z ichiga oladi. Texnik tashxis

mashinalar agregatlarini qismlarga ajratmasdan ularning puxtaligi va texnik jihatdan tayyorligini, xususiyatlari va parametrlarining talab etilgan qiymatlarga mosligini vaqti-vaqtida tekshirish, puxtaligini oldindan aniqlash usullaridan hamda texnik xizmat ko'rsatish va joriy tuzatish vaqtida bajariladigan ishlar ro'yxatini va hajmini aniqlash usullaridan iborat.

Mashinalarga texnik xizmat ko'rsatish va ularni tuzatish tizimi majburiy tashxisga, ya'ni ma'lum vaqt o'tgandan so'ng rostdash va boshqa zarur ishlarni bajarishga asoslanmog'i lozim. Ana shundagina texnik tashxis ijobiy natijalar va yuqori iqtisodiy samara beradi. Ta'mirlashning agregat usuli uchun mashinalarning texnik tashxisi mashina-traktor parkiga texnik xizmat ko'rsatish bilan bog'liq ishlar sifatini ancha oshirish va mehnat sarfini kamaytirish imkonini beradi.

Texnik xizmat ko'rsatishga bo'lgan ehtiyojni faqat birgina agregatning resursi bilan aniqlab bo'lmaydi. Vaqtning har bir davri uchun bittagina emas, balki ko'plab har xil holatlar to'g'ri keladi. Tashxisning vazifasi ana shu noaniqlikni bartaraf etish va ko'plab holatlar ichidan agregatning shu paytdagi holatini aniqlashdan iborat. Tashxis qo'yishni amalga oshirish jarayoni, ma'lum vaqt bo'lagi ichida ishlayotgan agregatlardan tashqi alomatlar tarzida kelayotgan va mashinaning ahvolini bavoysita yoki bevoysita ifodalaydigan, mavjud qandaydir axborotni mantiqiy qayta ishlashdan iborat. Bunda mashinaning ahvolini to'la-to'kis ifodalaydigan va o'lchash mumkin bo'lgan alomatlarni tanlab olish juda muhimdir.

Mashinalar agregatlari va qismlarini bo'laklarga ajratmasdan ularning texnik ahvoliga tashxis qo'yish uchun vibrometrik va akustik tashxis amaliy ahamiyatga egadir.

Titirashning asosiy xususiyatlariga uning amplitudasi va chastotasi (takrorlanish davri) kiradi. Ko'pgina tutash detallarning tebranishi (titirashi) muayyan tovush maydonini hosil qiladi. Vibroakustik tashxisda tovush tebranishlarining impuls-lari mashina ishlayotgan yoki katta tirqishlar yuzaga kelgan paytda paydo bo'ladi (motor silindridagi chaqnashlar, klapanlarning o'z uyalariga o'tirayotganidagi urilishlari, shesternyalar tishlarining bir-biriga tutashayotgandagi urilishlari va hokazo).

Vibroakustik tashxisning asosiy usuli etalon (oldindan qayd qilingan) qiymatlarni o'lchangan asbob ko'rsatayotgan qiymatlar bilan taqqoslashdan iborat. Tebranishlar amplitudasi va chastotasining chetlashish kattaligiga, shuningdek, titrashning etalon titrashga nisbatan tezlanishiga qarab qism, agregat va butun mashinaning texnik ahvoli va yeyilish darajasi baholanadi.

Agregatlarning va butun mashinaning texnik ahvolini, ulardan bundan keyin foydalanishning maqsadga muvofiqligini, ularni qismlarga ajratmasdan aniqlashga mo'ljallangan ko'chmas texnik tashxis postlarida qator asboblari, moslama va uskunalar bo'ladi. Bunday postlarda mashinaning 60 dan ortiq parametrini tekshirish va uning texnik ahvoliga miqdoriy baho berish mumkin. Parametrlarning haqiqiy qiymatlarini nazorat qiymatlari bilan qiyoslash asosida mashinadan uni tuzatmasdan bundan keyin foydalanishning maqsadga muvofiqligi va uni ishlatish muddatlari haqida fikr bildiriladi yoki mashinani tuzatish kerakligi, tuzatish ishlarining turi hamda hajmi ko'rsatiladi.

Texnik xizmat ko'rsatish davriyligini belgilash

Mashinaga texnik xizmat ko'rsatish va joriy ta'mirlash tartiblari deganda buzilishlarning oldini olish yoki ta'mirlash ishlarining davriyligi tushuniladi. Eng maqbul davriylik bilan olib boriladigan texnik xizmat ko'rsatish va joriy ta'mirlash ishlari buzilishlar sonini kamaytiradi. Xizmat ko'rsatish davriyligini aniqlashda puxtalik ko'rsatkichlaridan foydalaniladi.

Texnik xizmat ko'rsatishning maqbul davriyligi va bajariladigan ishlar mehnat hajmi mahkamlash, diagnostikalash, sozlash, moylash va boshqa ishlar bo'yicha ehtiyojni o'rganish asosida belgilanadi. Texnik xizmat ko'rsatishga bo'lgan ehtiyoj va uning davriyligini aniqlash yoki to'satdan sodir bo'ladigan buzilishlar oldini oluvchi tadbirlarni o'z vaqtida bajarilishini ta'minlash uchun mashina ish qobiliyatini belgilovchi ko'rsatkichlarning o'zgarish qonuniyatlari hamda texnik holat parametrining yo'l qo'yiladigan miqdorini bilish lozim.

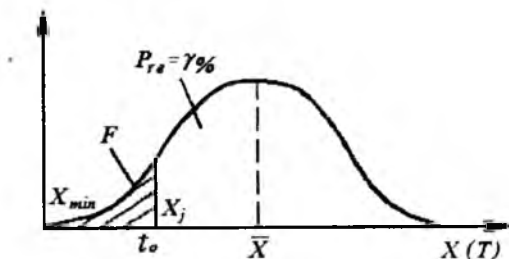
Texnik xizmat ko'rsatish davriyligi – bu transport vositasiga bir xildagi profilaktik ta'sirlarning ketma-ket bajarilishlari orasidagi me'yoriy ishlash davriyligidir.

Texnik xizmat ko'rsatish davriyligini aniqlash usullarining eng soddasida transport vositasiga TXK davriyligi uning o'ziga o'xshash transport vositalarining davriyligi kabi qabul qilinadi.

Transport vositalari texnik ekspluatatsiyasi jarayonlari, kuzatuv natijalari va texnik holat o'zgarishi qonunlariga asoslangan davriylikni hisoblab topish analitik usul deb ataladi.

Imitatsion modellashtirish usuli real va tasodifiy texnik xizmat ko'rsatish jarayonlarini o'ziga o'xshatib tashkil qilishga asoslangan.

1) Texnik xizmat ko'rsatish davriyligini yo'l qo'yilgan buzilmaslik darajasi bo'yicha aniqlash usuli. Bu usul elementning buzilish ehtimolligi F avval berilgan miqdordan (qaltis holatdan) oshmagan vaqtga to'g'ri keladigan maqbul davriylikni tanlashga asoslangan (5.3- rasm).



5.3-rasm. Texnik xizmat ko'rsatish davriyligini ruxsat etilgan buzilmaslik darajasi bo'yicha aniqlash

Buzilmasdan ishlash ehtimolligi:

$$P_{re}(x_i \geq t_0) \geq P_{re} = \gamma \text{ ya'ni } t_0 = x_{\gamma\%}, \quad 5.15$$

bu yerda: P_{re} - ruxsat etilgan buzilishsiz ishlash ehtimolligi; x_i - i -nchi buzilishgacha to'g'ri keladigan ishlash muddati; t_0 - texnik xizmat ko'rsatish davriyligi; $x_{\gamma\%}$ - gamma-foizli resurs.

$$F = (1 - P_{re}), \quad 5.16$$

bu yerda: F - qaltis holat.

Harakat xavfsizligini ta'minlovchi agregat va mexanizmlar uchun $P_{re} = 0,9 \dots 0,98$ (90%...98%), qolgan agregatlar uchun $P_{re} = 0,85 \dots 0,90$.

Bu tarzda topilgan davriylik bir buzilishga to'g'ri keladigan o'rtacha yo'ldan (x) ancha kam:

$$t_0 = \beta \cdot \bar{T} \quad 5.17$$

bu yerda: β – maqbul TXK davriylik koeffitsiyenti.

Bu koeffitsiyent buzilishgacha ishlash davomiyligi va uning variatsiya koeffitsiyenti qiymatini hamda ruxsat etilgan buzilmasdan ishlash ehtimolligi P_{re} ni hisobga oladi. β koeffitsiyenti aniqlangan TXK davriyligining buyum o'rtacha resursiga nisbatini ko'rsatadi.

Misol. Texnik xizmat ko'rsatish jarayonida uchta birikmaga profilaktik ta'sir o'tkazilgan, birikmalarning o'rtacha ishlash davomiyligi 15 ming km ga teng, lekin ularning taqsimlanishi har xil qonunlarga bo'ysunadi: birinchisi normal qonun bo'yicha ($\bar{L}=15$ ming km; $\sigma=4,5$ ming km); ikkinchisi eksponensial qonun bo'yicha ($\bar{L}=15$ ming km; $V=1$); uchinchisi Veybull-Gnedenko qonuni bo'yicha ($\bar{L}=15$ ming km; $\sigma = 9,6$ ming km) taqsimlanadi. Agar ruxsat etilgan buzilmasdan ishlash ehtimolligi $P_{re}=0,90$ bo'lsa, u holda bajarilgan profilaktik ishlar bo'yicha texnik xizmat ko'rsatish davriyligi qanday aniqlanadi?

Bu misolni yechish uchun gamma-foizli resursni aniqlash formulalaridan foydalanamiz.

1. Normal taqsimlanish qonuni uchun ushbu formulani qo'llaymiz, ya'ni

$$\bar{L}_{\gamma\%} = \bar{L} - U_{\gamma}\sigma.$$

$\bar{L}_{\gamma\%}$ masofaga to'g'ri keluvchi $R(\bar{L}_{\gamma\%}) = \gamma\%/100$ esa gamma-foiz bo'yicha buzilmasdan ishlash ehtimolligini ko'rsatadi. Shuning uchun

$$P_{re} = R(L_{\gamma\%}).$$

Ruxsat etilgan buzilmasdan ishlash ehtimolligiga to'g'ri keluvchi ishlash muddati eng maqbul texnik xizmat ko'rsatish davriyligiga teng bo'ladi, ya'ni $l_0 = L_{\gamma\%}$ demak, $l_0 = \bar{L} - U_{\gamma}\sigma$.

Normal taqsimlanish qonunining kvantili U_{γ} maxsus jadvaldan [13] P_{re} qiymatiga asoslanib aniqlanadi. $P_{re} = 0,90$ bo'lganida $U_{\gamma} = 1,282$. Maqbul texnik xizmat ko'rsatish davriyligi:

$$l_0 = 15 - 1,282 \times 4,5 = 9,231 \text{ ming km.}$$

Bu ifodada U_r qiymatining oldiga (-) ishorasi qo'yildi, chunki:

$$P = P_{re} > 0,5$$

Maqbul TXK davriyligi koeffitsiyenti quyidagicha topiladi:

$$\beta = \frac{l_0}{L} = \frac{9,231}{15} = 0,6154$$

Ushbu misolni $P_{re}=0,85$ bo'lgan holat uchun ko'rib chiqamiz: $P_{re}=0,85$ bo'lganida $U_r=1,036$. U holda eng maqbul TXK davriyligi:

$$l_0 = 15 - 1,036 \times 4,5 = 10,34 \text{ ming km.}$$

Maqbul TXK davriyligi koeffitsiyenti esa $\beta = 10,34/15 = 0,6892$.

2. Ekspontensial taqsimlanish qonuni uchun ushbu formulani qo'llaymiz, ya'ni

$$\bar{L}_{\gamma\%} = \bar{L}(-\ln \gamma\%/100)$$

Ushbu formulani quyidagicha yozamiz:

$$l_0 = \bar{L} \cdot (-\ln R_{re})$$

$P_{re}=0,90$ bo'lganda eng maqbul TXK davriyligi:

$$l_0 = \bar{L} \cdot (-\ln 0,9) = 15 \times 0,105 = 1,58 \text{ ming km.}$$

Maqbul TXK davriyligi koeffitsiyenti:

$$\beta = \frac{l_0}{L} = \frac{1,58}{15} = 0,105$$

$P_{re}=0,85$ bo'lganda eng maqbul TXK davriyligi:

$$l_0 = \bar{L} \cdot (-\ln 0,85) = 15 \times 0,1625 = 2,44 \text{ ming km.}$$

Maqbul TXK davriyligi koeffitsiyenti qiymati esa:

$$\beta = \frac{l_0}{L} = \frac{2,44}{15} = 0,162$$

3. Veybull-Gnedenko taqsimlanish qonuni uchun ushbu formuladan foydalanamiz, ya'ni

$$\bar{L}_{\gamma\%} = a \times \left(-\ln \left(\frac{\gamma\%}{100} \right) \right)^{\frac{1}{b}}$$

$L_{\gamma\%} = l_0$ teng bo'lganligi uchun ushbu ifodani quyidagicha yozamiz:

$$l_0 = a \times [-\ln(P_{re})]^{\frac{1}{b}}$$

Veybull-Gnedenko taqsimlanish qonunining «shakl ko'rsatkichi» (b) va yordamchi koeffitsiyent» (K_B) qiymatlari maxsus jadvaldan [13] variatsiya koeffitsiyenti (V) ga asoslanib aniqlanadi.

Variatsiya koeffitsiyenti quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{L}} = \frac{9,6}{15} = 0,64$$

$V=0,64$ ga teng bo'lganda $b=1,6$ va $K_B=0,897$.

$$a = \frac{\bar{L}}{K_B} = \frac{15}{0,897} = 16,72 \text{ ming km.}$$

$P_{re}=0,90$ bo'lganda eng maqbul TXK davriyligi:

$$l_0 = 16,72 \times \left[-\ln(0,9) \right]^{\frac{1}{1,6}} = 16,72 \times 0,245 = 4,1 \text{ ming km.}$$

Maqbul TXK davriylik koeffitsiyenti qiymati esa

$$\beta = \frac{l_0}{\bar{L}} = \frac{4,1}{15} = 0,273$$

$P_{re}=0,85$ bo'lganda, $\left[-\ln(0,85) \right]^{\frac{1}{1,6}} = 0,321$. U holda eng maqbul TXK davriyligi $l_0=16,72 \cdot 0,321=5,37$ ming km.

Maqbul TXK davriyligi koeffitsiyenti qiymati:

$$\beta = \frac{l_0}{\bar{L}} = \frac{5,37}{15} = 0,358.$$

Yuqorida keltirilgan misollarning natijalari 5.2-jadvalda keltirilgan.

5.2-jadval

Har xil ruxsat etilgan buzilmasdan ishlash ehtimolligi (P_{re}), resursning variatsiya koeffitsiyenti (V) bo'yicha maqbul TXK davriyligi va koeffitsiyenti qiymatining o'zgarishi

Resursning variatsiya koeffitsiyenti V	Ruxsat etilgan buzilmasdan ishlash ehtimolligi P_{re}			
	$P_{re}=0,90$		$P_{re}=0,85$	
	Davriylik l_0	Koeffitsiyent β	Davriylik l_0	Koeffitsiyent β
0,3	9,231	0,6154	10,34	0,6892
0,64	4,1	0,273	5,37	0,358
1,0	1,58	0,105	2,44	0,162

5.2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, resurs variatsiya koeffitsiyentining qiymati oshib borishi bilan TXK davriyligi va koeffitsiyenti

qiymatlari ortib boradi. Buning sababi tasodifiy kattaliklar qiymatining masofa bo'yicha keng tarqalishidir. Ruksat etilgan buzilmasdan ishlash ehtimolligi (P_{re}) ning qiymati oshib borishi bilan eng maqbul TXK davriyligi va koeffitsiyenti kichrayadi. Buning sababi buzilish ehtimolligining avval berilgan ($Q=1-P_{re}$) miqdoridan (qaltis holatdan) oshmasligidir. Shunday qilib, TXK davriyligini aniqlashda obyektning ishlash sharoiti, tartiboti hamda resurslar taqsimlanish qonunlarini e'tiborga olish zarur.

2) Texnik-iqtisodiy usul. Bu usul texnik xizmat ko'rsatish (S_{txk}) va joriy ta'mirlash (S_{jt})ga ketadigan umumiy solishtirma xarajatlarni aniqlashga va ularni kamaytirishga yo'naltirilgan [11]. Eng kam sarf-xarajatlarga texnik xizmat ko'rsatishning eng maqbul davriyligi (l_0) to'g'ri kelishi kerak.

Texnik xizmat ko'rsatish bo'yicha solishtirma xarajatlar quyidagicha topiladi: $S_{txk} = \frac{d}{l}$, 5.18

bu yerda: d - texnik xizmat ko'rsatish operatsiyasini bajarish qiymati, so'm; l - texnik xizmat ko'rsatish davriyligi, ming km.

Davriylikning uzayishi agregat yoki detalning resursini kamaytiradi va ta'mirlashga ketadigan sarf-xarajatlarni oshiradi.

Joriy ta'mirlash bo'yicha solishtirma xarajatlar quyidagicha topiladi:

$$S_{jt} = \frac{S}{L_{jt}} \quad 5.19$$

bu yerda: S - ma'lum masofa (resurs - L_{jt}) davomida joriy ta'mirlashga ketadigan xarajatlar, so'm; L_{jt} - joriy ta'mirlashgacha bo'lgan resurs, ming km.

Umumiy solishtirma xarajatlarning masofa (l) bo'yicha o'zgarishi quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{sol} = S_{txk} + S_{jt} = \frac{d}{l} + \frac{S}{L_{jt}} \quad 5.20$$

bu yerda: S_{sol} - umumiy solishtirma xarajatlar, so'm/ming km.

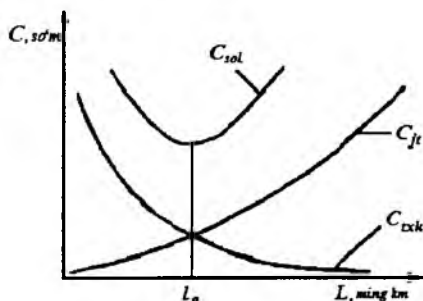
Bu ifoda maqsadli funksiya bo'lib, uning ekstremal qiymati eng maqbul yechim hisoblanadi. Agar (85) ifodaning l bo'yicha hosilasini olsak,

$$-\frac{d}{l^2} + \frac{S}{L_{jt}} = 0. \quad 5.21$$

$$\text{u holda } l_0 = \sqrt{L_{jt} \cdot d / S} \quad 5.22$$

bu yerda: l_0 – eng maqbul davriylik.

Bunday yechim solishtirma xarajatlarning minimumiga mos keladi. Bu minimumga to'g'ri kelgan eng maqbul l_0 davriylik (5.22) formulasi bo'yicha hisoblanadi va quyidagi shakldan topiladi (5.4-rasm):



5.4-rasm. Texnik xizmat ko'rsatish davriyligini texnik-iqtisodiy usul bilan aniqlash shakli

Misol. Agar texnik xizmat ko'rsatish operatsiyalarini bir marta bajarish uchun ketadigan sarf-xarajatlar $d=15$ ming so'mni, $L=4,5$ ming km masofa davomida joriy ta'mirlash uchun ketadigan sarf-xarajatlar esa $S=9000$ so'mni tashkil etsa, u holda eng maqbul texnik xizmat ko'rsatish davriyligi nechaga teng bo'ladi?

Hisob natijalari 5.3-jadvalda keltirilgan.

5.3-jadval

Eng maqbul texnik xizmat ko'rsatish davriyligini aniqlash

Sarflar, so'm/ming km	Texnik xizmat ko'rsatish davriyligi l , ming km							
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4	4,5
S_{txk}	15000	10000	7500	6000	5000	4286	3750	3333
S_{jt}	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
S_{sol}	17000	13000	11500	11000	11000	11286	11750	12333

Ushbu jadvaldan ko'rinib turibdiki, eng maqbul davriylik (u 2,5 va 3 ming km oralig'ida yotadi, chunki bu oraliqda umumiy solishtirma xarajatlar (S) minimal qiymatga ega. Uning qiymati (5.22) ifoda bo'yicha topiladi:

$$l_0 = \sqrt{4,5 \cdot 15000 / 9000} = \sqrt{7,5} = 2,74 \text{ ming km.}$$

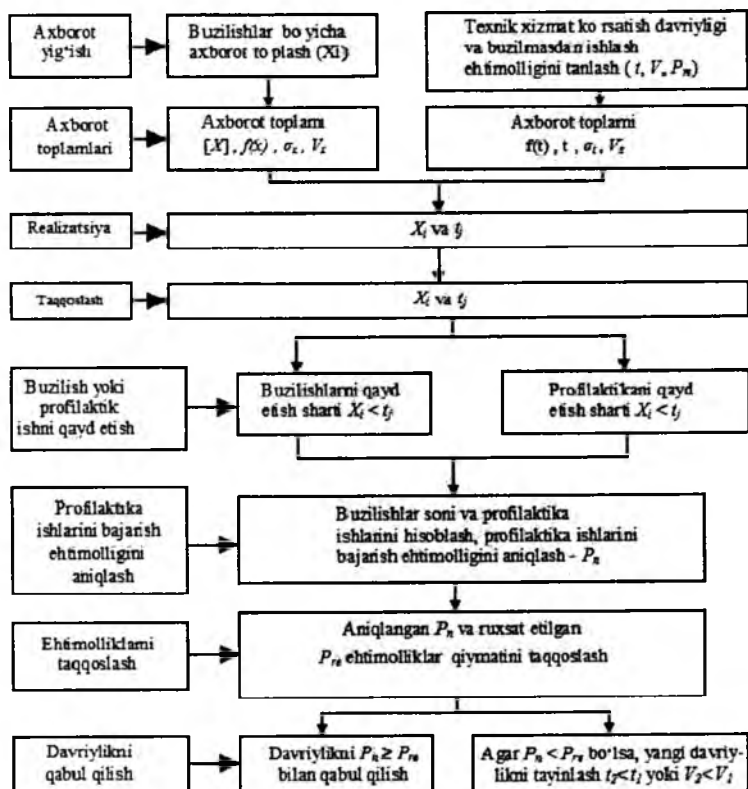
Imitatsion modellashtirish (Monte-Karlo) usuli. Bu usulning qo'llanishi sinashlarni tezlashtiradi, ularga ketadigan sarf-xarajatlarni kamaytiradi, sinashlarni qayta-qayta o'tkazib, eng maqbul variantni tanlab olish imkonini beradi hamda salbiy omillarning ta'sirini yo'qqa chiqaradi [11].

Modellashtirish kompyuterda yoki qo'lda bajarilishi mumkin. Dastlabki ma'lumotlar sifatida kuzatuvlarda olingan amaliy miqdorlar yoki tasodifiy sonlarning taqsimlanish qonunlari xizmat qiladi. Eng maqbul texnik xizmat ko'rsatish davriyligi quyidagicha aniqlanadi: avvalo, kuzatuvlar natijalari yoki tajriba asosida texnik xizmat ko'rsatish davriyligi ($l_1, l_2, \dots, l_n$) va variatsiya koeffitsiyenti - V tayinlanadi.

Kuzatuvlar natijalari yoki hisob-kitob ma'lumotlaridan ikkita axborot to'plami yaratiladi: birinchi to'plam - bir buzilishga to'g'ri keladigan yo'l - $[X]$ va ikkinchi to'plam - texnik xizmat ko'rsatish davriyliklari - $[l]$ Birinchi axborot to'plamidan tasodifiy ravishda X_i ning aniq miqdori, ikkinchi axborot to'plamidan esa l_i ning aniq miqdori olinadi. X va l juft soni realizatsiya deyiladi. Agar $X_i < l_i$ bo'lsa, buzilish qayd etiladi, agar $X_i \geq l_i$ bo'lsa, texnik xizmat ko'rsatish operatsiyasining bajarilishi qayd etiladi (5.5-rasm).

Tajriba ko'p marta qaytarilib, buzilish ehtimolligining qiymati hamda operatsiyaning profilaktik bajarilish ehtimolligi qiymati olinadi. Agar tajribalarda buzilmasdan ishlash ehtimolligi ruxsat etilgan ehtimollikdan kam chiqsa, unda texnik xizmat ko'rsatish davriyligining kamaytirilgan qiymati qabul qilinib, tajriba davom ettiriladi.

Misol. Imitatsion (taqlidiy) modellashtirish usuli bilan texnik xizmat ko'rsatishning eng maqbul davriyligini aniqlang. Kerakli ma'lumotlar 5.4-jadvalda keltirilgan.



5.5-rasm. Texnik xizmat ko'rsatishning maqbul davriyligini imitatsion modellashtirish yordamida aniqlash shakli

5.4-jadval

Davriyligni imitatsion modellashtirish usuli bilan aniqlash

Ko'rsatkichlar	Ko'rsatkichlarning umumiy soni	Ko'rsatkichlarning tasodifiy qiymatlari
Bir buzilishga to'g'ri keladigan yo'l (X), ming km	10	7; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12
Texnik xizmat ko'rsatish davriyligi (t), ming km	10	5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14
Ruxsat etilgan buzilmasdan ishlash ehtimolligi qiymati, (P _{re})	1	0,90

Tasodifiy ravishda texnik xizmat ko'rsatish davriyligini 9 ming km ga teng deb olamiz va davriylikni buzilishgacha ishlash masofalari (X) bilan solishtiramiz. Bunda $7 < 9$, ya'ni buzilish qayd etiladi (texnik xizmat ko'rsatish bajarilish vaqtiga yetmasdan buzilish namoyon bo'ladi). $9,0 = 9$; $9,5 > 9$, bunda profilaktika qayd etiladi, chunki hali buzilish namoyon bo'lmagan. Hammasi bo'lib 3 X_i marta buzilish ($X \geq 7$; 8; 8,5 ming km) va 7 marta profilaktika qayd etildi, demak, profilaktik ishlarning bajarilish ehtimolligi $P_n = (10-3)/10 = 0,7$ ga teng, bu ruxsat etilgan buzilishsiz ishlash ehtimolligi qiymatidan ($P_{re} = 0,90$) kichik. Shu sababli yangi texnik xizmat ko'rsatish davriyligini tayinlaymiz. $l = 8$ ming km ga teng deb olamiz. Bu holat uchun buzilishlar soni 1 marta, ($X_i = 7 < 8$) profilaktik ishlar 9 marta qayd etiladi. Profilaktik ishlarning ehtimolligi $P_n = (10-1)/10 = 0,90$ ga, ya'ni ruxsat etilgan buzilishsiz ishlash ehtimolligi ($P_{re} = 0,9$) ga teng. Shuning uchun texnik xizmat ko'rsatish davriyligini 8 ming km ga teng deb tayinlaymiz.

Mashinaning buzilmasdan ishlash ehtimolini eng kam xarajatlar qilgan holda ma'lum darajada tutib turish uchun unga xizmat ko'rsatish va uni tuzatishning eng maqbul davrlarini aniqlash zarur. Agar buzilmasdan ishlash ehtimolining quyi darajasi kishilar hayotiga xavf tug'diruvchi jiddiy falokatlar yoki ishlamay qolishlar shartlariga ko'ra qat'iy belgilangan bo'lsa, u holda $P(t) = \alpha$ berilganda buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti $T_{o'r}$ quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$T_{o'r} = \int_0^{\infty} P(t) dt, \quad 5.23$$

bu yerda: $P(t)$ - buzilmasdan ishlash ehtimoli.

Mashinaning ishlamay qolishi faqat moddiy zarar keltiradigan hollarda esa texnik xizmat ko'rsatish ishlarining davriyligi mashinaning ishlash qobiliyatini tiklashga mumkin qadar kam xarajatlar sarflanadigan qilib tanlanadi.

Ehtiyot qismlar sarfini aniqlash. Mashinani ishlashga layoqatli holda saqlab turishga mo'ljallangan ehtiyot qismlar (detallar, asboblari, uskunalar) bilan ta'minlashda puxtalik ikki masalani ko'rib chiqadi:

1. Ehtiyot qismlar ishlab chiqarish miqdorini hisoblash.

2. Ishlab turgan tashkilotlarni ehtiyot qismlar bilan ta'minlashni tashkil qilish.

Ehtiyot qismlar miqdori ishlamay qolishlar jadalligiga, kerakli ehtiyot qismlar bilan to'ldirish vaqtiga va foydalanuvchining o'z kuchlari bilan detallarni tiklash imkoniyatiga bog'liq bo'ladi.

Ishlamay qolishlarning Puasson oqimi uchun

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t},$$

bu yerda: λ - ishlamay qolishlar oqimining jadalligi (tajriba yo'li bilan aniqlanadi); n - ishlamay qolishlar soni.

Qandaydir t vaqt ichidagi ishlamay qolishlar soni m dan katta bo'lmashligi ehtimoli $P_{n < m}$ ushbu formuladan foydalanib keltirib chiqarilganda quyidagiga teng bo'lishi kerak:

$$P_{n < m} = \sum_0^m \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}.$$

Yuqoridagi formuladan t vaqt mobaynidagi ishlamay qolishlar soni m dan katta bo'lishi ehtimolini ham aniqlaymiz:

$$P_{n > m} = 1 - P_{n < m} = f(\lambda, t, m).$$

Ishlamay qolishlar zichligi statistika ma'lumotlariga ko'ra quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$f(t) = n(t)/N_0 \Delta t,$$

bu yerda: $n(t)$ - t vaqt ichida ishlamay qolgan buyumlar soni; N_0 - sinalayotgan buyumlarning boshlang'ich soni; Δt - vaqt oralig'i.

Bundan ehtiyot qismlarning kerakli miqdorini aniqlaymiz:

$$n(t) = f(t) N_0 \Delta t.$$

5.5. Detallarning qoldiq resursini oldindan aniqlash

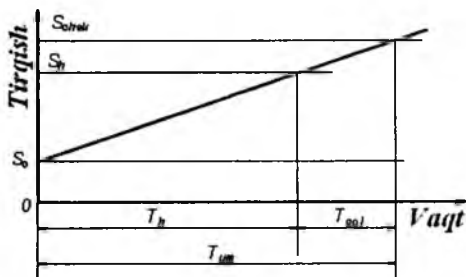
Mashina agregatlarining chidamlilik ko'rsatkichlarini hisoblash uchun tirqish kattaligining va uning kattalashish tezligining o'rtacha qiymatlaridan foydalanish mumkin.

Agar yeyilish natijasida tirqishning kattalashuvini mashinaning ishlash muddatiga mutanosib deb hisoblasak (5.6-rasm), u holda ushbuga ega bo'lamiz:

$$S_t = S_0 + (\gamma_1 + \gamma_2)T,$$

bu yerda: S_t - tirqishning hozirgi qiymati; S_0 - tirqishning boshlang'ich qiymati; γ_1, γ_2 - mos ravishda tutash sirtlarning yeyilish tezliklari.

Tutashmaning haqiqiy ishlatib bo'lgan resursi: $T_h = (S_t - S_0)/(\gamma_1 + \gamma_2)$.



5.6-rasm. Birikmaning resursini hisoblashga doir sxema

To'liq resurs uchun formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$T_{um} = \frac{S_{chek} - S_0}{\gamma_1 + \gamma_2},$$

bu yerda: S_{chek} - tirqishning chekli qiymati.

5.6-rasmga ko'ra tutashmaning qoldiq resursi quyidagini tashkil etadi:

$$T_{qol} = T_{um} - T_h.$$

Yeyilishlarning yoki tirqishning chekli qiymati, odatda, texnik shartlarda ko'rsatiladi. Yeyilish tezliklari tajriba yoki nazariy hisoblash yo'li bilan aniqlanadi:

$$\gamma = K_t U / t,$$

bu yerda: U - material namunasini sinashda uning yeyilish miqdori; t - sinash vaqti; K_t - sinovlarni tezlashtirish koeffitsiyenti.

Qoldiq va umumiy resurslar qiymatlarining mumkin bo'lgan tarqoqligini aniqlash uchun resurs ko'rsatkichlarining va ishonchli ehtimollik α taqsimlanishining ko'zda tutiladigan qonunida quyi (T_q) va yuqori (T_{yu}) ishonchli chegaralari topiladi. Beybul-Gnedenkning taqsimlanish qonuni qo'llanilganda va o'zgarish

koeffitsiyenti v dan foydalanilganda qoldiq resurs tarqoqligining ishonchli chegaralarini ushbu formulalardan aniqlash mumkin:

$$T_{qol}^q = \frac{H_k}{\alpha} (\alpha_q) a; \quad T_{qol}^{yu} = \frac{H_k}{\alpha} (\alpha_{yu}) a.$$

bu yerda: H_k / α - Veybul-Gnedenko taqsimlanish qonunining kvantili;

a_q, a_{yu} - qoldiq resursning tarqoqlik chegaralari uchun qabul qilingan ishonchli ehtimollik.

$$\sigma = a C_b \text{ bo'lgani uchun bundan: } \sigma = \sigma / C_b = v T_{qol} / C_b$$

Uzil-kesil quyidagiga ega bo'lamiz:

$$T_{qol}^q = \frac{H_k}{\alpha} (\alpha_q) \frac{v T_{qol}}{C_b}; \quad T_{qol}^{yu} = \frac{H_k}{\alpha} (\alpha_{yu}) \frac{v T_{qol}}{C_b},$$

bu yerda: C_b, K_b - ushbu formulalardan aniqlanadigan koeffitsiyentlar:

$$C_b = \sqrt{\Gamma(1 + \frac{2}{b}) - K_b^2}, \quad K_b = G(1 + \frac{1}{b}),$$

G - gamma-funksiya; b - Veybulning taqsimlanish parametri.

Mashinalar agregatlarining asosiy qismlari texnik ahvoli parametrlarining ruxsat etilgan chetlashishlarini aniqlash usullari davlat standartiga muvofiq belgilanadi. Bunga ko'ra $U(t)$ parametrning o'zgarishi ushbu ko'rinishdagi darajali funksiya bilan approksimasiyalanadi: $U(t) = v_t^\alpha + \Delta II$, bu yerda: v_t - texnik holat parametrining o'zgarish tezligini ifodalovchi koeffitsiyent; α - texnik parametr $U(t)$ ning o'zgarishini taxminan ifodalovchi funksiya darajasining ko'rsatkichi bo'lib, u eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib tajriba ma'lumotlarini statistik ishlash yo'li bilan aniqlanadi; ΔII - siyqalanish davrida texnik holat parametrining o'zgarishi.

Davlat standarti ishlamay qolishlar sabablarini topish hamda ularni bartaraf etish bilan bog'liq texnik xizmat ko'rsatish va tuzatishning iqtisodiy xususiyatlarini hisobga oladi.

5.6. Foydalanish davrida mashinalar puxtalik ko'rsatkichlarini ishlatilishi. (Namunaviy misollar va ularning yechimlari)

5.1-misol. Traktorning gidrotizimiga buzilmasdan ishlash ehtimoli $P(t) = 0,82$ va o'rtacha ishlash vaqti $T_{o'r} = 1000$ soatga teng bo'lgan NSh-32U nasosi o'rnatilgan. Doimiy va o'rin almashtirib rezervlash amalga oshirilganda ularning samaradorliklari aniqlansin.

$$\text{Yechish: } \lambda = \frac{1}{T_{o'r}} = \frac{1}{1000} = 1 \cdot 10^{-3}.$$

Doimiy rezervlashda buzilmasdan ishlash ehtimolligi

$$P(t) = 1 - [1 - p_i(t)]^{n+1} = 1 - (1 - 0,82)^2 = 0,9676.$$

Birgalikda ishlaydigan ikkita nasosning buzilmasdan ishlash vaqti ushbu formuladan aniqlanadi:

$$T_{o'r} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} (2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}) dt = \frac{3}{2\lambda} = \frac{3}{2 \cdot 10^{-3}} = 1500 \text{ soat}$$

O'rin almashtirish yo'li bilan rezervlashda rezerv agregat asosiy agregat ishdan chiqqanidan keyin ishga tushadi. Shuning uchun buzilmasdan ishlash ehtimoli o'zgarmaydi $P(t) = 0,82$.

Buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti

$$T_{o'r} = \frac{n}{\lambda} = \frac{2}{1 \cdot 10^{-3}} = 2000 \text{ motosoat.}$$

5.2-misol. Buzilmasdan ishlash ehtimoli $p = 0,6$ bo'lgan detallardan tuzilgan mexanizmning $P = 0,98$ bo'lishi uchun zaxiralash karraligini aniqlang.

$$\text{Yechish: } n = \frac{\lg(1-P)}{\lg(1-p)} = \frac{\lg(1-0,98)}{\lg(1-0,6)} = \frac{\lg(0,02)}{\lg(0,4)} \approx 4$$

5.3-misol. Detalning xizmat muddati 40000 soat qilib belgilangan va u eksponensial qonunga bo'ysunadi. Ushbu detaldan $t = 500, 1000$ va 2000 soat foydalanish davridagi puxtalik ko'rsatkichlarini aniqlang.

Yechish:

2. Ishlamay qolishlar jadalligi

$$\lambda = \frac{1}{T_{o'r}} = \frac{1}{40000} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/soat}$$

2. Buzilmasdan ishlash ehtimoli

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-2,5 \cdot 10^{-5} t}$$

$$P(500) = e^{-2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 500} = 0,9875,$$

$$P(1000) = e^{-2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1000} = 0,9753,$$

$$P(2000) = e^{-2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 2000} = 0,9512$$

3. Buzilishlar takroriyiligini hisoblaymiz $a(t) = \lambda(t)P(t)$

$$a(500) = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,9875 = 2,469 \cdot 10^{-5}, \text{ 1/soat}$$

$$a(1000) = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,9753 = 2,439 \cdot 10^{-5}, \text{ 1/soat}$$

$$a(2000) = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,9512 = 2,378 \cdot 10^{-5}, \text{ 1/soat.}$$

5.4-misol. G'ildirak formulasi 4X4 bo'lgan transport vositasining yurish qismi buzilguncha ishlash vaqtini aniqlang. Yetakchi g'ildirakning ishlamay qolish jadalligi $\lambda = 1,35 \cdot 10^{-3}$.

Yechish. Transport vositasining g'ildiraklarini doimiy kiritilgan alohida rezervlash sifatida ko'rishimiz mumkin. Birinchi buzilishgacha o'rtacha ishlashni hisoblash uchun (3.7) formuladan foydalanish maqsadga muvofiq.

$$T_{o'r} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt = \frac{(n-1)!}{\lambda(m+1)} \sum_{i=0}^m \frac{1}{v_i(v_i+1) \cdots (v_i+n-1)} =$$

$$\frac{1}{\lambda \cdot 2} \sum_{i=0}^1 \frac{1}{v_i(v_i+1)} = \frac{1}{2\lambda} \left[\frac{1}{v_0(v_0+1)} + \frac{1}{v_1(v_1+1)} \right]$$

$$v_i = \frac{i+1}{m+1} = \frac{i+1}{2} \quad \text{bo'lgani uchun } v_0 = \frac{1}{2}, \quad v_1 = 1.$$

$$\text{U holda } T_{o'r} = \frac{1}{2\lambda} \left[\frac{1}{1/2 \cdot 3/2} + \frac{1}{2} \right] = \frac{11}{12\lambda} = \frac{11}{12 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3}} \approx 680 \text{ soat.}$$

Ehtiyot qismlar me'yorini aniqlash

5.5-misol. Xo'jalikda 25 traktor bor bo'lib, ulardagi generatorlarning ishlamay qolishlari jadalligi $8 \cdot 10^{-5}$ ni tashkil etadi. Agar xo'jalik ehtiyot qismlarni yilning har choragida sotib olsa, xo'jalik omborda nechta generator zaxirada turishi kerak?

Bir chorak uchun vaqt $24 \cdot 3 \cdot 16$ soat (bu yerda: 24 – bir oydagi ish kunlari, 3 – oylar miqdori; 16 – bir sutkadagi ish soatlari):

$$m = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 25 \cdot 24 \cdot 3 \cdot 16 = 2,39 \approx 3 \text{ dona.}$$

5.6-misol. Tumandagi 400 ta TTZ-100 traktorlariga texnik xizmat ko'rsatadigan shahobcha uchun bir oyda nechta ventilyator tasmalari kerak bo'ladi?

Yechish. Agar traktorlar kuniga o'rtacha 8 soatdan ishlasa bir oyda 240 soat ishlaydi. Ventilyator tasmasining xizmat muddati 3000 soat ekanligi ma'lum bo'lsa, $\lambda(3000) = 3,33 \cdot 10^{-4}$ 1/soat.

$$N = 3,33 \cdot 10^{-4} \cdot 400 \cdot 240 = 31,96 \approx 32 \text{ dona.}$$

5.7-misol. Bir xil rusumdagi 5 ta g'ildirakli traktori bo'lgan xo'jalik necha dona shina yetakchi g'ildirak kamerasini ehtiyot qism sifatida saqlashi kerak?

G'ildiraklar soni $N=10$ dona, agar shina kamerasining teshilmasdan ishlash muddati 500 soat va ta'mirlash yoki yangi kamera olib kelish vaqti $\Delta t = 24$ soat bo'lsa, u holda $f(t) = 2 \cdot 10^{-3}$;

$$m = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 48 = 0,96.$$

Javob. Ya'ni barcha traktorlar kafolatli ishlashi uchun 1 dona ehtiyot qism yetarli bo'ladi.

5.8-misol. Xonani yil davomida muntazam yoritish uchun elektr lampalarning ehtiyot sonini aniqlash lozim. Lampalar soni 25 dona. $\lambda = 10^{-3}$ 1/soat. To'ldirish davri $\Delta t = 100$ soat.

Yechish:

Ishlamay qolishlarning jami jadalligi $\lambda \Sigma = 0,025 \cdot 100 = 2,5$.

Javob. Kamida 3 dona elektr lampasi kerak.

5.9-misol. Futbol stadionining elektron tablosini 4096 ta katak uyachadan iborat. Ehtiyot qism sifatida 4 ta uyacha qolgan. Agar uyachaning ishlamay qolish jadalligi $\lambda = 0,12 \cdot 10^{-6}$ 1/soat bo'lsa, 10000 soat ichida yana qancha ehtiyot qism kerak bo'ladi.

Yechish; Puxtalikning eksponensial qonuni amal qiladi deb olamiz va

$$P_c(t) = e^{-n\lambda t} \left[1 + n\lambda t + \frac{(n\lambda t)^2}{2!} + \dots + \frac{(n\lambda t)^{m_0}}{m_0!} \right] = e^{-\lambda_0 t} \sum_{i=0}^{m_0} \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}; \quad T_{o'r,c} = T_{o'r,0} (m_0 + 1)$$

formulalardan foydalanamiz. Tabloning ishlamay qolish jadalligi $\lambda_0 = m\lambda = 4096 \cdot 0,12 \cdot 10^{-6} \approx 4,92 \cdot 10^{-4}$ 1/soat, rezerv elementlar soni $m_0 = 4$.

Olingan qiymatlarni hisoblash formulasiga qo'ysak:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} \sum_{j=0}^{m_0} \frac{(\lambda_0 t)^j}{j!} = e^{-\lambda_0 t} \left(1 + \lambda_0 t + \frac{\lambda_0^2 t^2}{2} + \frac{\lambda_0^3}{6} \right) = e^{-4,92 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4} (1 + 4,92 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4 + \frac{(4,92 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4)^2}{2} + \frac{(4,92 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4)^3}{6}) \approx 0,987$$

$$T_{o'r,c} = T_{o'r,o} (m_0 + 1) = \frac{1}{\lambda_0} (m_0 + 1) = \frac{1}{4,92 \cdot 10^{-4}} (4 + 1) \approx 10162 \text{ soat.}$$

Javob. Qo'shimcha ehtiyot qismga zaruriyat bo'lmaydi.

Detallarning umumiy va qoldiq resursini aniqlash

5.10-misol (V.I.Preysmandan). T-74-traktori tuzatilgandan keyin 2500 soat ishladi. Uzatmalar qutisidagi shesternaning tishlari o'lchab ko'rilganda $U_{o'Ich} = 8,80$ mm ekanligi aniqlanadi. Ana shu shesternaning qoldiq va to'liq resurslarini hamda $\alpha = 0,80$ va $v = 0,365$ dagi ularning ishonchli chegaralarini aniqlash talab qilinadi.

Texnik shartlarga ko'ra tishning boshlang'ich qalinligi $9,35_{-0,158}^{+0,110}$ mm ga, tishning chekli qalinligi 8,34 mm ga teng.

Yechish: Traktor uzatmalar qutisidagi shesterna tishi yeyilishining o'rta tezligini aniqlaymiz:

$$\gamma = U/T = [(9,35 - 0,158) - 8,80] / 2500 = 156 \cdot 10^{-6} \text{ mm/soat,}$$

bu yerda: $(9,35 - 0,158)$ - tish qalinligining quyi chegarasi.

Shesterna tishlarining qoldiq resursi quyidagiga teng bo'ladi:

$$T_{qol} = (U - U_{chek}) / \gamma = (8,80 - 8,34) / 156 \cdot 10^{-6} = 2949 \text{ soat.}$$

Shesterna qoldiq resursining ishonchli chegaralarini topamiz.

$v = 0,365$ bo'lgani uchun qoldiq parametrlar jadvashtirilgan qiymatlar orqali aniqlanadi (ilovadagi 3-jadval) va $\sigma = 3,0$; $C_b = 0,326$ ni tashkil etadi.

Kvantillar jadvalidan foydalanib quyidagilarni aniqlaymiz:

$$\alpha_q = 0,20; H/\alpha = 0,607; b = 3,0; \alpha_{yu} = 0,80; N_k/\alpha = 1,17; b = 3,0.$$

U holda $T_{qol \text{ quyi}} = 2004$ soat; $T_{qol \text{ yuqori}} = 3863$ soat.

To'liq resurs ushuni tashkil etadi: $T_{um} = (U_q - U_{chek}) / \gamma = 5462$ soat yoki

$$T_{um} = T_h + T_{qol} = 2500 + 2949 = 5449 \text{ soat.}$$

To'liq resursning ishonchli chegaralarini hisoblab topamiz:

$$T_q = 3703 \text{ soat; } T_{yu} = 7138 \text{ soat.}$$

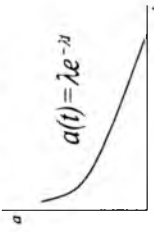
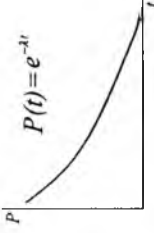
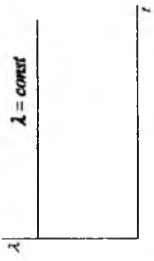
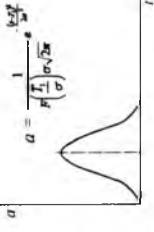
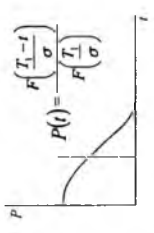
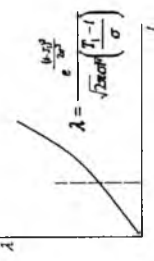
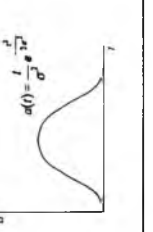
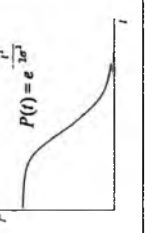
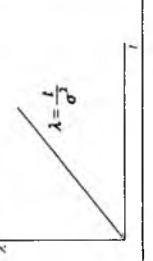
O‘zini-o‘zi tekshirish uchun savollar

1. Yeyilishga chidamlilikni oshirishning qanday yo‘llari bor?
2. Mashinadan foydalanish vaqtida uning puxtaligini oshirish mumkinmi?
3. Servis xizmatini o‘tkazish muddati qanday aniqlanadi?
4. Zarur ehtiyot qismlar miqdori nimalarga bog‘liq?
5. Puxtalikni oshirishda rezervlashning ahamiyatini aytib bering.
6. Doimiy rezervlash hamda o‘rin almashtirib rezervlash qaysi vaqtda va nima maqsadda amalga oshiriladi?
7. Texnologiya usullari bilan mashinaning puxtaligini qanday qilib oshirish mumkin?
8. Detalning qoldiq resursi qanday aniqlanadi?

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Асатов Э.А., Тожибоев А.А. Ишончилилик назарияси ва диагностика асослари: Ўқув қўлланма. Т.: Эзгулик манбаи нашриёти, 2006. 160 б.
2. Йўлдошев Ш.У. Машиналарни таъмирлаш ва ишончилилик асослари. Т.: Ўзбекистон нашриёти, 2003. 422 б.
3. Кравченко И.Н., Зорин В.А., Пучин Е.А., Бондарева Г.Н. Основы надежности машин: Учебное пособие для вузов в 2 книгах. М.: МАДИ, 2007. 484 с.
4. Маҳкамов Қ.Х. Машиналар пухталиги. Ўқув қўлланма. Т.: ТошДТУ, 1999. 96 б.
5. Маҳкамов Қ.Х., Алматаев Т.О. Машиналар пухталиги. Андижон: Ҳаёт, 2002. 124 б.
6. Махкамов К.Х. Расчет износостойкости машин. Т.: ТашГТУ, 2002. 144 с.
7. Половко А.М., Маликов И.М., Жигарев А.Н., Зарудный В.И. Сборник задач по теории надежности. М.: Радио, 1972. 408 с.
8. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978. 592 с.
9. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчёту надежности машин на стадии проектирования. М.: Машиностроение, 1986. 224 с.
10. Техническая эксплуатация автомобилей/Под ред. Е.С.Кузнецова. М.: Транспорт, 2004. 535 с.
11. Шор Я.Б., Кузмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности. М.: Радио, 1968. 288 с.

Buzilguncha ishlash vaqtining turli qonunlarida puxtalik ko'rsatkichlarining miqdoriy qiymatlari uchun asosiy munosabatlar

Taqsimlanish qonininin g nomi	Buzilishlar takroriyligi (taqsimot zichligi) $a(t)$	Buzilmasdan ishlash ehtimolligi $P(t)$	Ishlamay qolishlar jadalligi $\lambda(t)$	Birinchi buzilguncha o'rtacha ishlashi $T_{o'r} =$
Eksponensial	 $a(t) = \lambda e^{-\lambda t}$	 $P(t) = e^{-\lambda t}$	 $\lambda = \text{const}$	$T_{o'r} = 1/\lambda$
Kesilgan normal	 $a = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$	 $P(t) = \frac{F\left(\frac{T_1-t}{\sigma}\right)}{F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)}$	 $\lambda = \frac{t - T_1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$	$T_1 + \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right) e^{-\frac{T_1^2}{2\sigma^2}}$
Reley	 $a(t) = \frac{t}{\sigma^2} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$	 $P(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$	 $\lambda = \frac{t}{\sigma^2}$	$T_{o'r} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma$

Q_{butun} (k butun son bo'lganda)				$\frac{k}{\lambda_0}$
Veybull				$\frac{\Gamma\left(\frac{1}{k} + 1\right)}{\lambda_0^{\frac{1}{k}}}$
Logarifmik normal				$\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}} dt$

Normal taqsimlanish qonuni funksiyasi
 $F_0(t)$ ning qiymatlari

t	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08
0,0	0,500	0,508	0,516	0,524	0,532
0,1	0,540	0,548	0,556	0,564	0,571
0,2	0,579	0,587	0,595	0,603	0,610
0,3	0,618	0,626	0,633	0,641	0,648
0,4	0,650	0,663	0,670	0,677	0,684
0,5	0,691	0,699	0,705	0,712	0,719
0,6	0,726	0,732	0,739	0,745	0,752
0,7	0,758	0,764	0,770	0,776	0,782
0,8	0,788	0,794	0,800	0,805	0,811
0,9	0,816	0,821	0,826	0,831	0,837
1,0	0,841	0,846	0,851	0,855	0,860
1,1	0,864	0,869	0,873	0,877	0,881
1,2	0,885	0,889	0,893	0,896	0,900
1,3	0,903	0,907	0,910	0,913	0,916
1,4	0,919	0,922	0,925	0,928	0,931
1,5	0,933	0,936	0,939	0,941	0,943
1,6	0,945	0,947	0,950	0,952	0,954
1,7	0,955	0,957	0,959	0,961	0,962
1,8	0,964	0,966	0,967	0,969	0,970
1,9	0,971	0,973	0,974	0,975	0,976
2,0	0,977	0,978	0,979	0,980	0,981
2,1	0,982	0,983	0,984	0,985	0,985
2,2	0,986	0,987	0,987	0,988	0,989
2,3	0,989	0,990	0,990	0,991	0,991
2,4	0,992	0,992	0,993	0,993	0,993
2,5	0,994	0,994	0,994	0,995	0,995
2,6	0,995	0,995	0,996	0,996	0,996
2,8	0,997	0,998	0,998	0,998	0,998
3,0	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999

$e^{-\lambda t}$ ning qiymatlari

t	$e^{-\lambda t}$	t	$e^{-\lambda t}$	t	$e^{-\lambda t}$	t	$e^{-\lambda t}$
0,01	0,990	0,37	0,691	0,73	0,482	1,09	0,336
0,02	0,980	0,38	0,684	0,74	0,477	1,10	0,333
0,03	0,970	0,39	0,677	0,75	0,472	1,11	0,330
0,04	0,961	0,40	0,670	0,76	0,468	1,12	0,326
0,05	0,951	0,41	0,664	0,77	0,463	1,13	0,323
0,06	0,942	0,42	0,657	0,78	0,458	1,14	0,320
0,07	0,932	0,43	0,651	0,79	0,454	1,15	0,317
0,08	0,923	0,44	0,644	0,80	0,449	1,16	0,313
0,09	0,914	0,45	0,638	0,81	0,445	1,17	0,310
0,10	0,905	0,46	0,631	0,82	0,440	1,18	0,307
0,11	0,896	0,47	0,625	0,83	0,436	1,19	0,304
0,12	0,887	0,48	0,619	0,84	0,432	1,21	0,301
0,13	0,878	0,49	0,613	0,85	0,427	1,22	0,295
0,14	0,869	0,50	0,607	0,86	0,423	1,23	0,292
0,15	0,861	0,51	0,600	0,87	0,419	1,24	0,289
0,16	0,852	0,52	0,595	0,88	0,415	1,25	0,286
0,17	0,844	0,53	0,589	0,89	0,411	1,25	0,286
0,18	0,835	0,54	0,583	0,90	0,407	1,26	0,284
0,19	0,827	0,55	0,577	0,91	0,403	1,27	0,281
0,20	0,819	0,56	0,571	0,92	0,399	1,28	0,278
0,21	0,811	0,57	0,566	0,93	0,395	1,29	0,275
0,22	0,803	0,58	0,560	0,94	0,391	1,30	0,273
0,23	0,795	0,59	0,554	0,95	0,387	1,35	0,269
0,24	0,787	0,60	0,549	0,96	0,383	1,40	0,247
0,25	0,779	0,61	0,543	0,97	0,379	1,45	0,237
0,26	0,771	0,62	0,538	0,98	0,375	1,50	0,223
0,27	0,763	0,63	0,533	0,99	0,372	1,55	0,212
0,28	0,756	0,64	0,527	1,00	0,368	1,60	0,202
0,29	0,748	0,65	0,522	1,01	0,364	1,65	0,192
0,30	0,741	0,66	0,517	1,02	0,361	1,70	0,183
0,31	0,733	0,67	0,512	1,03	0,357	1,75	0,174
0,32	0,726	0,68	0,507	1,04	0,353	1,80	0,175
0,33	0,719	0,69	0,502	1,05	0,350	1,85	0,157
0,34	0,712	0,70	0,497	1,06	0,346	1,90	0,150
0,35	0,705	0,71	0,492	1,07	0,343	1,95	0,142
0,36	0,698	0,72	0,487	1,08	0,340	2,00	0,135

Veybulning taqsimlanish qonuni parametrlari va koeffitsiyentlari

b	K_b	S_b	v
0,8	1,133	1,428	1,261
0,9	1,052	1,171	1,113
1,0	1,000	1,000	1,000
1,1	0,965	0,879	0,910
1,2	0,941	0,787	0,837
1,3	0,934	0,720	0,776
1,4	0,911	0,660	0,724
1,5	0,903	0,613	0,679
1,6	0,897	0,574	0,640
1,7	0,892	0,540	0,605
1,8	0,889	0,511	0,575
1,9	0,887	0,486	0,547
2,0	0,886	0,463	0,523
2,1	0,886	0,443	0,500
2,2	0,886	0,425	0,480
2,3	0,886	0,408	0,461
2,4	0,886	0,393	0,444
2,5	0,887	0,380	0,428
2,6	0,888	0,367	0,413
2,7	0,889	0,355	0,399
2,8	0,890	0,344	0,387
2,9	0,892	0,334	0,375
3,0	0,893	0,325	0,363
3,1	0,894	0,316	0,353
3,2	0,896	0,307	0,343
3,3	0,897	0,299	0,334
3,4	0,898	0,292	0,325
3,5	0,900	0,285	0,316
3,6	0,901	0,278	0,308
3,7	0,902	0,272	0,301
3,8	0,904	0,266	0,294
3,9	0,905	0,260	0,287
4,0	0,906	0,254	0,280
4,1	0,908	0,246	0,274
4,2	0,909	0,244	0,268

Pirsonning χ^2 mezonlari uchun P ehtimolliklar

χ^2	Erkinlik darajasi K							
	2	4	6	8	10	15	20	25
1	0,607	0,91	0,986	0,998	0,999	1,0	1,0	1,0
2	0,368	0,736	0,92	0,981	0,996	1,0	1,0	1,0
3	0,223	0,558	0,809	0,934	0,931	0,999	1,0	1,0
4	0,135	0,406	0,677	0,857	0,947	0,998	1,0	1,0
5	0,082	0,287	0,544	0,758	0,891	0,992	0,999	1,0
6	0,05	0,199	0,423	0,647	0,815	0,98	0,998	1,0
7	0,03	0,136	0,321	0,537	0,725	0,958	0,997	1,0
8	0,018	0,092	0,232	0,433	0,629	0,924	0,992	0,999
9	0,011	0,061	0,174	0,342	0,532	0,877	0,983	0,998
10	0,007	0,040	0,125	0,265	0,440	0,820	0,968	0,997
11	0,004	0,027	0,088	0,202	0,357	0,753	0,946	0,993
12	0,003	0,017	0,062	0,151	0,285	0,679	0,916	0,987
13	0,002	0,011	0,043	0,112	0,224	0,602	0,877	0,976
14	0,001	0,007	0,030	0,082	0,173	0,525	0,830	0,962
15	0,001	0,005	0,020	0,059	0,132	0,451	0,776	0,941
16	0,0	0,003	0,014	0,042	0,099	0,382	0,717	0,915
17	0,0	0,002	0,009	0,03	0,074	0,319	0,653	0,882
18	0,0	0,001	0,006	0,021	0,055	0,263	0,587	0,842
19	0,0	0,001	0,004	0,015	0,04	0,214	0,522	0,797
20	0,0	0,001	0,003	0,010	0,029	0,172	0,458	0,747
21	0,0	0,0	0,002	0,007	0,021	0,137	0,397	0,693
22	0,0	0,0	0,001	0,005	0,015	0,108	0,340	0,636
23	0,0	0,0	0,001	0,003	0,011	0,084	0,289	0,578
24	0,0	0,0	0,001	0,002	0,008	0,065	0,242	0,519
25	0,0	0,0	0,0	0,002	0,005	0,050	0,201	0,462
26	0,0	0,0	0,0	0,001	0,004	0,038	0,166	0,408
27	0,0	0,0	0,0	0,001	0,003	0,029	0,135	0,356
28	0,0	0,0	0,0	0,001	0,002	0,022	0,109	0,308
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,016	0,088	0,264
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,012	0,070	0,224

Kolmogorov mezonni $P(\lambda)$ qiymatlari jadvali

λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$
0,30	1,000	1,10	0,1777
0,35	0,9997	1,20	0,1122
0,40	0,9972	1,30	0,0681
0,45	0,9874	1,40	0,0397
0,50	0,9639	1,50	0,0222
0,55	0,9228	1,60	0,0120
0,60	0,8643	1,70	0,0062
0,65	0,7920	1,80	0,0032
0,70	0,7112	1,90	0,0015
0,75	0,6272	2,00	0,0007
0,80	0,5441	2,10	0,0003
0,85	0,4653	2,20	0,0001
0,90	0,3927	2,30	0,0001
0,95	0,3275	2,40	0,0000
1,00	0,2700		

Styudent taqsimotining kvantillari

k	α			
	0,80	0,90	0,95	0,99
3	1,98	2,92	4,30	2,92
4	1,64	2,35	3,18	5,84
5	1,53	2,13	2,78	4,60
6	1,48	2,02	1,57	4,03
7	1,44	1,94	2,45	3,71
8	1,42	1,90	2,36	3,50
9	1,40	1,86	2,31	3,36
10	1,38	1,83	2,26	3,25
11	1,37	1,81	2,23	3,17
12	1,36	1,80	2,20	3,11
13	1,36	1,78	2,18	3,06
14	1,35	1,77	2,16	3,01
15	1,34	1,76	2,15	2,98
20	1,33	1,73	2,09	2,85
25	1,32	1,71	2,06	2,80
30	1,31	1,70	2,04	2,75
40	1,30	1,68	2,02	2,71
50	1,30	1,68	2,01	2,68
60	1,30	1,67	2,00	2,66
80	1,29	1,66	1,99	2,64
100	1,29	1,66	1,98	2,63

Normal taqsimot funksiyasi

Z	F(z)	z	F(z)
0,0	0,0000	2,0	0,4772
0,1	0,0398	2,1	0,4821
0,2	0,0793	2,2	0,4860
0,3	0,1179	2,3	0,4892
0,4	0,1554	2,4	0,4918
0,5	0,1915	2,5	0,4937
0,6	0,2257	2,6	0,4953
0,7	0,2588	2,7	0,4965
0,8	0,2881	2,8	0,4974
0,9	0,3159	2,9	0,4981
1,0	0,3413	3,0	0,4986
1,1	0,3643	3,1	0,4990
1,2	0,3849	3,2	0,4993
1,3	0,4032	3,3	0,4995
1,4	0,4192	3,4	0,4996
1,5	0,4332	3,5	0,4997
1,6	0,4452	3,6	0,4998
1,7	0,4554	3,7	0,4998
1,8	0,4641	3,8	0,4999
1,9	0,4713	3,9	0,4999
		>4,0	≈0,4999...

Gamma-funksiya qiymatlari

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1,00	1,00000	1,25	0,90640	1,50	0,88623	1,75	0,91906
1,01	0,99433	1,26	0,90440	1,51	0,88659	1,76	0,92137
1,02	0,98884	1,27	0,90250	1,52	0,88704	1,77	0,92376
1,03	0,98355	1,28	0,90072	1,53	0,88757	1,78	0,92623
1,04	0,97844	1,29	0,89904	1,54	0,88818	1,79	0,92877
1,05	0,97350	1,30	0,89747	1,55	0,88887	1,80	0,93138
1,06	0,96874	1,31	0,89600	1,56	0,88964	1,81	0,93408
1,07	0,96415	1,32	0,89464	1,57	0,89049	1,82	0,93685
1,08	0,95973	1,33	0,89338	1,58	0,89142	1,83	0,93369
1,09	0,95546	1,34	0,89222	1,59	0,89243	1,84	0,94261
1,10	0,95135	1,35	0,89115	1,60	0,89352	1,85	0,94561
1,11	0,94740	1,36	0,89018	1,61	0,89468	1,86	0,94869
1,12	0,94359	1,37	0,88931	1,62	0,89592	1,87	0,95184
1,13	0,93993	1,38	0,88854	1,63	0,89724	1,88	0,95507
1,14	0,93642	1,39	0,88785	1,64	0,89864	1,89	0,95838
1,15	0,93304	1,40	0,88726	1,65	0,90012	1,90	0,96177
1,16	0,92980	1,41	0,88676	1,66	0,90167	1,91	0,96523
1,17	0,92670	1,42	0,88636	1,67	0,90330	1,92	0,96877
1,18	0,92373	1,43	0,88604	1,68	0,90500	1,93	0,97240
1,19	0,92089	1,44	0,88581	1,69	0,90678	1,94	0,97610
1,20	0,91817	1,45	0,88506	1,70	0,90864	1,95	0,97988
1,21	0,91558	1,46	0,88560	1,71	0,91057	1,96	0,98374
1,22	0,91311	1,47	0,88563	1,72	0,91258	1,97	0,98768
1,23	0,91075	1,48	0,88575	1,73	0,91467	1,98	0,99171
1,24	0,90852	1,49	0,88595	1,74	0,91683	1,99	0,99581
						2,00	1,00000

χ^2 (xi-kvadrat) taqsimlanish kvantillari

Erkinlik darajalari soni k	Ehtimollik P							
	0,001	0,005	0,010	0,025	0,05	0,100	0,200	0,300
1	$0,16 \cdot 10^{-3}$	$0,39 \cdot 10^{-4}$	$0,16 \cdot 10^{-3}$	$0,93 \cdot 10^{-3}$	$0,39 \cdot 10^{-2}$	0,016	0,064	0,148
2	$0,20 \cdot 10^{-2}$	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	0,446	0,713
3	0,024	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	1,00	1,42
4	0,091	0,207	0,297	0,484	0,711	1,06	1,65	2,19
5	0,210	0,412	0,554	0,831	1,15	1,61	2,34	3,00
6	0,381	0,670	0,872	1,24	1,64	2,20	3,07	3,83
7	0,598	0,989	1,24	1,69	2,17	2,83	3,82	4,67
8	0,857	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	4,59	5,53
9	1,15	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	5,38	6,39
10	1,48	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	6,18	7,27
11	1,83	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	6,99	8,15
12	2,21	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	7,81	9,03
13	2,62	3,57	4,11	5,01	5,89	7,04	8,63	9,93
14	3,04	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	9,47	10,8
15	3,48	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	10,3	11,7
16	3,94	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	11,2	12,6
18	4,90	6,26	7,01	8,23	9,39	10,9	12,0	14,4
20	5,92	7,43	8,26	9,59	10,9	12,4	14,6	16,3
22	6,98	8,64	9,54	11,0	12,3	14,0	16,3	18,1
24	8,08	9,89	10,9	12,4	13,8	15,7	18,1	9,9
26	9,22	11,2	12,2	13,8	15,4	17,3	19,8	21,8
28	10,4	12,5	13,6	15,3	16,9	18,9	21,6	23,6
30	11, G	13,8	15,0	16,8	18,5	20,6	23,4	25,5
35	14,7	17,2	18,5	20,6	22,5	24,8	27,8	30,2
40	17,9	20,7	22,2	24,4	26,5	29,1	32,3	34,9
45	21,3	24,3	25,9	28,4	30,6	33,4	36,9	39,6
50	24,7	28,0	29,7	32,4	34,8	37,7	41,4	44,3
55	28,2	31,7	33,6	36,4	39,0	42,1	46,0	49,1
60	31,7	35,5	37,5	40,5	43,2	46,5	50,6	53,8
65	35,4	39,4	41,4	44,6	47,4	50,9	55,3	58,6
70	39,0	43,3	45,4	48,8	51,7	55,3	59,9	63,3
75	42,8	47,2	49,5	52,9	56,1	59,8	64,5	68,1
80	46,5	51,2	53,5	57,2	60,4	64,3	69,2	72,9
85	50,3	55,2	57,6	61,4	64,7	68,8	73,9	77,7
90	54,2	59,2	61,8	65,6	69,1	73,3	78,6	82,5
95	58,0	63,2	65,9	69,9	73,5	77,8	83,2	87,3
100	61,9	67,3	70,1	74,2	77,9	82,4	87,9	92,1

Erkinlik darslari	Ehtimollik P							
	0,700	0,800	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995	0,999
1	1,07	1,64	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88	10,8
2	2,41	3,22	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6	13,8
3	3,67	4,64	6,25	7,81	9,35	11,3	12,8	16,3
4	4,88	5,99	7,78	9,49	11,1	13,3	14,9	18,5
5	6,06	7,29	9,24	11,1	12,8	15,1	16,7	20,5
6	7,23	8,56	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5	22,5
7	8,38	9,80	12,0	14,1	16,0	18,5	20,3	24,3
8	9,52	11,0	13,4	15,5	17,5	20,1	22,0	26,1
9	10,7	12,2	14,7	16,9	19,0	21,7	23,6	27,9
10	11,8	13,4	16,0	18,3	20,5	23,2	25,2	29,6
11	12,9	14,6	17,3	19,7	21,9	24,7	26,8	31,6
12	14,0	15,8	18,5	21,0	23,3	26,2	28,3	32,9
13	15,1	17,0	19,8	22,4	24,7	27,7	29,8	34,5
14	16,2	18,2	21,1	23,7	26,1	29,1	31,3	36,1
15	17,3	19,3	22,3	25,0	27,5	30,6	32,8	37,7
16	18,4	20,5	23,5	26,3	28,8	32,0	34,3	39,3
18	20,6	22,8	26,0	28,9	31,5	34,8	37,2	42,3
20	22,8	25,0	28,4	31,4	34,2	37,6	40,0	45,3
22	24,9	27,3	30,8	33,9	36,8	40,3	42,8	48,3
24	27,1	29,6	33,2	36,4	39,4	43,0	45,6	51,2
26	29,2	31,8	35,6	38,9	41,9	45,6	48,3	54,1
28	31,4	34,0	37,9	41,3	44,5	48,3	51,0	56,9
30	33,5	36,3	40,3	43,8	47,0	50,9	53,7	59,7
35	38,9	41,8	46,1	49,9	53,2	57,3	60,3	66,6
40	44,2	47,3	51,8	55,8	59,3	63,7	66,8	73,4
45	49,5	52,7	57,5	61,7	65,4	70,0	73,2	80,1
50	54,7	58,2	63,2	67,5	71,4	76,2	79,5	86,7
55	60,0	63,6	68,8	73,3	77,4	82,3	85,7	93,2
60	65,2	69,0	74,4	79,1	83,3	88,4	92,0	99,6
65	70,5	74,4	80,0	84,8	89,2	94,4	98,1	106,0
70	75,7	79,7	85,5	90,5	95,0	100,4	104,2	112,3
75	80,9	85,1	91,1	96,2	100,8	106,4	110,3	118,6
80	86,1	90,4	96,6	101,9	106,6	112,3	116,3	124,8
85	91,3	95,7	102,1	107,5	112,4	118,2	123,3	131,0
90	96,5	101,1	107,6	113,1	118,1	124,1	128,3	137,2
95	101,7	106,4	113,0	118,8	123,9	130,0	134,2	143,3
100	106,9	111,7	118,5	124,3	129,6	135,8	140,2	

MUNDARIJA

KIRISH	3
I bob. PUXTALIK NAZARIYASINING ASOSLARI.....	6
1.1. PUXTALIK NIMA?	6
1.2. MASHINALARNING ISHLASH SHAROITI VA DETALLARNING CHIDAMLILIGI	9
1.3. MATERIALLARNING YEYILISHI, TOLIQISHI VA ESKIRISHI	13
1.4. ASOSIY ATAMALAR, TA'RIFLAR VA PUXTALIK KO'RSATKICHLARI	20
1.5. PUXTALIK KO'RSATKICHLARINING MIQDORIY TAVSIFLARI	31
1.6. PUXTALIK KO'RSATKICHLARINI TAQSIMLANISH QONUNLARI	33
1.7. PUXTALIK MIQDORIY KO'RSATKICHLARINING QIYMATLARINI ANIQLASH	41
O'ZINI-O'ZI TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR	42
II bob. MASHINALARNI PUXTALIKKA SINASH	43
2.1. PUXTALIKKA SINASHNI TASHKIL QILISH	43
2.2. SINOVLAR HAJMINI VA DAVOM ETISH VAQTINI ANIQLASH	46
2.3. PUXTALIK TO'G'RSIDA AXBOROT TO'PLASH	49
2.4. SINOV MA'LUMOTLARINING ISHLASH USULLARI	53
2.5. MASHINALAR PUXTALIGINI SINOV NATIJALARI BO'YICHA ANIQLASH	60
2.6. SINOV NATIJALARI ASOSIDA PUXTALIK KO'RSATKICHLARINING MIQDORIY QIYMATLARINI ANIQLASH	71
O'ZINI-O'ZI TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR	84
III bob. MASHINALAR PUXTALIGINI HISOBLASHNING AMALIY USULLARI	85
3.1. PUXTALIKNI HISOBLASH TARTIBI	85
3.2. PUXTALIK KO'RSATKICHLARI QIYMATLARINING ME'YORINI ASOSLASH	90
3.3. YANGI MASHINANING TUZILISH PUXTALIGINI ANIQLASH	92
3.4. DETALLARNI MUSTAHKAMLIKKA HISOBLASH	95

3.5. MASHINA DETALLARINING ISHLASH QOBILIYATINI VA CHEKLI HOLATINI HISOBLASH.....	100
3.6. STATISTIK SINOVLAR USULI BILAN PUXTALIK KO'RSATKICHLARINING TARQOQLIGINI HISOBLASH.....	102
3.7. MARKOVNING TASODIFIY JARAYONLARIDAN PUXTALIKNI HISOBLASH UCHUN FOYDALANISH.....	106
3.8. TUZILISH PUXTALIGINI ANIQLASH	111
O'ZINI-O'ZI TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR	114

IV bob. TEXNOLOGIYA TIZIMLARI PUXTALIGI.....115

4.1. TEXNOLOGIYA OPERATSIYALARINING PUXTALIGINI BAHOLASH.....	115
4.2. TEXNOLOGIYA JARAYONLARINING PUXTALIGINI BAHOLASH	121
O'ZINI-O'ZI TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR	124

V bob. MASHINALAR PUXTALIGINI BOSHQARISH.....125

5.1. PUXTALIKNI BOSHQARISHNING UMUMIY USULLARI.....	125
5.2. PUXTALIKNI BOSHQARISHNING KONSTRUKTORLIK USULLARI...	129
5.3. TAYYORLASH VAQTIDA MASHINALAR PUXTALIGINI TA'MINLASHNING TEXNOLOGIYA YO'LLARI.....	136
5.4. FOYDALANISH DAVRIDA PUXTALIKNI SAQLASH CHORA- TADBIRLARI	139
5.5. DETALLARNING QOLDIQ RESURSINI OLDINDAN ANIQLASH.....	152
5.6. FOYDALANISH DAVRIDA MASHINALAR PUXTALIK KO'RSATKICHLARINI ISHLATILISHI.	155
O'ZINI-O'ZI TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR	159

ADABIYOTLAR RO'YXATI.....162

ILOVALAR.....163

Введение

Глава I. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

1.1. Что такое надежность?

1.2. Условия работы машин и долговечность деталей

1.3. Изнашивание, усталость и старение материалов

1.4. Основные термины, определения и показатели надежности

1.5. Количественные характеристики показателей надежности

1.6. Законы распределения показателей надежности

1.7. Определение значений показателей надежности

Глава II. ИСПЫТАНИЕ МАШИН НА НАДЕЖНОСТЬ

2.1. Организация испытаний на надежность

2.2. Определение объема и продолжительности испытаний

2.3. Сбор информации о надежности машин

2.4. Методы обработки результатов испытаний

2.5. Оценка надежности машин по результатам испытаний

2.6. Определение количественных значений показателей надежности на основе результатов испытаний

Глава III. ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ МАШИН

3.1. Порядок расчета надежности

3.2. Обоснование значений норм для показателей надежности

3.3. Определение структурной надежности новой машины

3.4. Расчет деталей на прочность

- 3.5. Расчет работоспособности и предельного состояния деталей машин
- 3.6. Расчет рассеивания показателей надежности методом статистических испытаний
- 3.7. Использование Марковских случайных процессов для расчета надежности
- 3.8. Практическое определение структурной надежности

Глава IV. НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- 5.1. Оценка надежности технологических операций
- 5.2. Расчет надежности технологических процессов

Глава V. УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН

- 5.1. Общие методы управления надежностью
- 5.2. Конструкторские методы управления надежностью
- 5.3. Технологические пути обеспечения надежности машин во время изготовления
- 5.4. Мероприятия сохранения надежности в период эксплуатации
- 5.5. Предварительное определение остаточного ресурса деталей
- 5.6. Определение показателей надежности машин в период эксплуатации

Литература
Приложение

CONTENTS

Introduction

I chapter. BASES TO THEORIES TO RELIABILITY

- 1.1. What is a reliability
- 1.2. The Conditions of the functioning(working) the machines and longevity of the details
- 1.3. Iznashivanie, weariness and aging material
- 1.4. The Main terms, determinations and factors to reliability
- 1.5. The Quantitative features of the factors to reliability
- 1.6. The Laws of the sharing the factors to reliability
- 1.7. The Determination of importances of the factors to reliability

II chapter. TEST THE MACHINES ON RELIABILITY

- 2.1. The Organization of the test on reliability
- 2.2. The Determination of the volume and length of the test
- 2.3. The Collection to information on reliability of the machines
- 2.4. The Methods of the processing result test
- 2.5. The Estimation to reliability of the machines on result of the test
- 2.6. The Determination of quantitative importances of the factors to reliability on base result test

III chapter. PRACTICAL METHODS OF THE CALCULATION TO RELIABILITY OF THE MACHINES

- 3.1. The Order of the calculation to reliability
- 3.2. The Motivation of importances of the rates for factors of reliability .
- 3.3. The Determination to structured reliability of the new machine
- 3.4. The Calculation of the details on toughness

- 3.5. The Calculation to capacity to work and limiting condition of the details of the machines
- 3.6. The Calculation of the diffusing of the factors to reliability by method of the statistical test
- 3.7. Use Markov casual processes for calculation of reliability
- 3.8. The Practical determination to structured reliability

IV chapter. RELIABILITY OF THE TECHNOLOGICAL SYSTEMS

- 4.1. The Estimation to reliability technological operation
- 4.2. The Calculation to reliability of the technological processes

V chapter. MANAGEMENT OF RELIABILITY OF THE MACHINES

- 5.1. The General methods of management of reliability
- 5.2. The Design methods of management of reliability
- 5.3. The Technological ways of the provision to reliability of the machines during fabrication
- 5.4. The Actions of the conservation to reliability at period of the usages
- 5.5. The Preliminary determination of the remaining resource of the details
- 5.6. The Determination of the factors to reliability of the machines at period of the usages

Lists of the literature

Exhibits

211194-68

Mahkamov Qobul Hamdamovich

MASHINALAR PUXTALIGI ASOSLARI

Darslik

Muharrir **N. Rustamova**

Badiiy muharrir **M. Odilov**

Kompyuterda sahifalovchi **U. Raxmatov**

Nashr. lits. AI №174. Bosishga ruxsat 27.11.2015-y.da berildi.
Bichimi 60x84 $\frac{1}{16}$. Ofset qog'ozi №2. «Times» garniturası. Shartli b.t.
10,75. Nashr hisob t. 11,25. Adadi 60 dona. 64-buyurtma.

«IQTISOD-MOLIYA» nashriyotida tayyorlandi.
100084, Toshkent, Kichik halqa yo'li, 7-uy.

«HUMOYUNBEK-ISTIQLOL MO'JIZASI»
bosmaxonasida chop etildi.
100000. Toshkent, Amir Temur 60^{«A»}-uy.