

TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI

DENMUXAMMADIYEV A.M., DJALILOV A.U.

INJENERLIK EKSPERIMENTLARI VA EKSPERIMENTAL STATISTIKA

O‘QUV QO‘LLANMA

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$



$$y(\Delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}}$$

Toshkent – 2021

**“Injenerlik eksperimentlari va eksperimental statistika”
mavzusidagi o‘quv qo‘llanma Toshkent irrigatsiya va qishloq
xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Ilmiy
kengashi tomonidan ko‘rib chiqildi va chop etishga ruxsat
berildi**

(bayonnoma No 1 “24”sentyabr 2021 yil)

UO‘K:631.53.02:621.38(07)

Ushbu o‘quv qo‘llanma 70810502(5A430502) – Suv xo‘jaligida Smart (Intellektual) o‘lchash tizimlari va asboblari magistratura mutaxassisligida “Injenerlik eksperimentlari va eksperimental statistika”, 60722900(5313200) – Texnika va texnologiyalarning texnik ekspertizasi va marketingi (turlar bo‘yicha) ta’lim yo‘nalishida “Texnik ekspertizida injenerlik eksperimentlari va eksperimental statistika” fanlaridan ta’lim berish uchun mo‘ljallangan.

Turli injenerlik eksperimentlari haqida asosiy tushunchalar, ilmiy tadqiqotlarni olib borish metodologiyasi, eksperimentlarni bajarish, olingan natijalarini zamonaviy kompyuterlarda ishlab chiqish va tahlil etish metodlari, ularni rasmiylashtirish va amaliyotga tatbiq etish usullari bilan tanishtirish, o‘rganilayotgan kattaliklarning aloqasini, o‘zaro bog‘lanishi va nisbatini, yoki korrelyatsiyasini o‘rnatish uchun statistik usullarni o‘rganish haqida tushunchalar berilgan.

Zamonaviy EHMlar elektron jadvalidan tajriba natijalariga ishlov berish va eksperiment natijalarini statistik ishlov berishning zamonaviy usullari kabi bo‘limlardan tashkil topgan.

Ushbu o‘quv qo‘llanma TIQXMMI Ilmiy Kengashining “24” 09 2021 y. 1-sonli bayonnomasi bilan chop etishga tavsiya etilgan.

Bosh muharrir: Denmuxammadiyev A.M.

Tuzuvchilar: Denmuxammadiyev A.M., TIQXMMI, “EvaM” kafedrasida dotsenti
Djalilov A.U., TIQXMMI, “EvaM” kafedrasida dotsent v.v.b.

Taqrizchilar: S.F. Amirov, TDTrU professori

R.T. Gaziyeva, TIQXMMI professori

Denmuxammadiyev A.M., Djalilov A.U.

/INJENERLIK EKSPERIMENTLARI VA EKSPERIMENTAL STATISTIKA/

O‘quv qo‘llanma.-T.: TIQXMMI,2021.215b.

© Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari
instituti(TIQXMMI), 2021

Annotatsiya

Ushbu o'quv qo'llanma 70810502(5A430502) – Suv xo'jaligida Smart (Intellektual) o'lchash tizimlari va asboblari magistratura mutaxassisligida "Injenerlik eksperimentlari va eksperimental statistika", 60722900(5313200) – Texnika va texnologiyalarning texnik ekspertizasi va marketingi (turlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishida "Texnik ekspertizida injenerlik eksperimentlari va eksperimental statistika" fanlaridan ta'lim berish uchun mo'ljallangan.

Turli injenerlik eksperimentlari haqida asosiy tushunchalar, ilmiy tadqiqotlarni olib borish metodologiyasi, eksperimentlarni bajarish, olingan natijalarini zamonaviy kompyuterlarda ishlab chiqish va tahlil etish metodlari, ularni rasmiylashtirish va amaliyotga tatbiq etish usullari bilan tanishtirish, o'rganilayotgan kattaliklarning aloqasini, o'zaro bog'lanishi va nisbatini, yoki korrelyatsiyasini o'rnatish uchun statistik usullarni o'rganish haqida tushunchalar berilgan.

Аннотации

Настоящее учебное пособие предназначено для обучения предметов «Инженерные эксперименты и экспериментальная статистика» по специальности магистратуры 70810502(5A430502) - Smart (интеллектуальные) измерительные системы и инструменты в водном хозяйстве и «Инженерные эксперименты и экспериментальная статистика в технической экспертизе» по образовательному направлению 60722900(5313200) - Техническая экспертиза и маркетинг техники и технологий (по видам).

Даны понятия по различным инженерным экспериментам, методологией исследований, экспериментов, методам разработки и анализам результатов на современных компьютерах, методам их проектирования и применения на практике, о взаимосвязях исследуемых величин, о взаимосвязях и концепциях по изучению статистических методов для установления отношения или корреляции.

Abstract

This study guide is intended for teaching the subjects "Engineering experiments and experimental statistics" in the specialty of magistracy 70810502(5A430502) - Smart (intelligent) measuring systems and instruments in water management and "Engineering experiments and experimental statistics in technical expertise" in the educational direction 60722900(5313200) - Technical expertise and marketing techniques and technologies (by type).

There are given concepts for the study of statistical methods to establish a relationship or correlation on various engineering experiments, research methodology, experiments, methods of development and analysis of results on modern computers, methods of their design and application in practice, on the interrelationships of the quantities under study, on interconnections and concepts for the study of statistical methods to establish a relationship or correlation.

So‘z boshi

Ushbu o‘quv qo‘llanma 70810502(5A430502) – Suv xo‘jaligida Smart (Intellektual) o‘lchash tizimlari va asboblari magistratura mutaxassisligida “Injenerlik eksperimentlari va eksperimental statistika”, 60722900(5313200) – Texnika va texnologiyalarning texnik ekspertizasi va marketingi (turlar bo‘yicha) ta‘lim yo‘nalishida “Texnik ekspertizida injenerlik eksperimentlari va eksperimental statistika” fanlaridan ta‘lim berish uchun mo‘ljallangan.

Biologiya va qishloq xo‘jaligida statistik usullarni qo‘llashning dastlabki sharti (asosi) bo‘lib amalda barcha tadqiq etilayotgan ob‘ektlardagi - o‘simliklar, hayvonlar, tuproqlar va boshqalar tabiiy o‘zgaruvchanligi(variatsiyasi) xizmat qiladi. Bu esa eksperimental ma‘lumotlarni miqdoriy baholashni qiyinlashtiradi va maxsus matematik usullarni qo‘llashni talab qiladi. Ya‘ni, mazkur usullar u yoki bu kattalikning o‘zgarishi ma‘lum bir qonuniyatga zid emasligini va tasoddiy o‘zgarishlardan (muhim bo‘lmagan o‘zgarishlardan) farq qilishini asoslaydi.

Ma‘lumki, matematik statistika eksperimental ma‘lumotlarning aniq ekanligini baholash hamda shunday joiz chegaralarni, chiqarilgan xulosalar aniq va etarlicha ishonchli bo‘ladigan chegaralarni, belgilash imkoniyatini beradi.

O‘rganilayotgan kattaliklarning aloqasini, o‘zaro bog‘lanishini, o‘zaro nisbatini yoki korrelyatsiyasini(munosabatdalgini) o‘rnatish uchun statistik usullar muxim o‘rin tutadi. Shuningdek, statistik metodlardan(usullardan) nazariy ma‘lumotlar asosida qurilgan o‘zgarish tavsiflarining amalda olingan natijalar asosida qurilgan tavsifga nisbatan qancha farq qilishini ham aniq baholash imkoni paydo bo‘ladi. Nazariy ma‘lumotlar amaliy olingan natijalardan keskin farq qilgan holatlarda ilmiy gipoteza olib tashlanishi (tashlab yuborilishi) yoki aksincha nazariy va amaliy ma‘lumotlar yaqin kelsa, gipoteza qabul qilinishi mumkin bo‘ladi.

1 -bob Kirish

1.1 Injenerlik eksperimentlari va o'lchashlarining qo'llanilishi

1.2 Maqsad va umumiy nuqtai nazar, miqdor kattaligi(o'lchamlar) va birliklar, metrologiyaning asosiy tushunchalari.

Xulosa

1.1 Injenerlik eksperimentlari va o'lchashlarining qo'llanilishi

Biologiya va qishloq xo'jaligida statistik usullarni qo'llashning dastlabki sharti (asosi) bo'lib amalda barcha tadqiq etilayotgan ob'ektlardagi - o'simliklar, hayvonlar, tuproqlar va boshqalar tabiiy o'zgaruvchanligi(variatsiyasi) xizmat qiladi. Bu esa eksperimental ma'lumotlarni miqdoriy baholashni qiyinlashtiradi va maxsus matematik usullarni qo'llashni talab qiladi. Ya'ni, mazkur usullar u yoki bu kattalikning o'zgarishi ma'lum bir qonuniyatga zid emasligini va tasoddiy o'zgarishlardan (muhim bo'lmagan o'zgarishlardan) farq qilishini asoslaydi.

Ma'lumki, matematik statistika eksperimental ma'lumotlarning aniq ekanligini baholash hamda shunday joiz chegaralarni, chiqarilgan xulosalar aniq va etarlicha ishonchli bo'ladigan chegaralarni, belgilash imkoniyatini beradi.

O'rganilayotgan kattaliklarning aloqasini, o'zora bog'lanishini, o'zora nisbatini yoki korrelyatsiyasini (munosabatdaligini) o'rnatish uchun statistik usullar muxim o'rin tutadi. Shuningdek, statistik metodlardan(usullardan) nazariy ma'lumotlar asosida qurilgan o'zgarish tavsiflarining amalda olingan natijalar asosida qurilgan tavsifga nisbatan qancha farq qilishini ham aniq baholash imkoni paydo bo'ladi. Nazariy ma'lumotlar amaliy olingan natijalardan keskin farq qilgan

holatlarda ilmiy gipoteza olib tashlanishi (tashlab yuborilishi) yoki aksincha nazariy va amaliy ma'lumotlar yaqin kelsa, gipoteza qabul qilinishi mumkin bo'ladi.

Yuqoridagilarni amalga oshirishda statistik usullarni birdan-bir maqsadga aylantirish mumkin emas, balkim qishloq xo'jaligi ob'ektlarining xossalaridan kelib chiqqan holatdan tadqiqiy natijalariga to'g'ri ishlov berish va tahlil qilishda yordamchi vosita bo'lishi talab etiladi. Ya'ni bu usullar tajriba o'tkazuvchining maxoratiga sira ham ta'sir ko'rsata olmaydi. Ular faqat matematik apparat bo'lib EHM bazasida ma'lumotlar usulida arifmetik amallarni bajaradi xolos. Demak, tajriba o'tkazuvchi inson malakasiz bo'lsa, yoki tajriba noto'g'ri o'tkazilsa eng zo'r statistik ishlov berish usullari ham to'g'ri xulosalar chiqarishga o'zlasiz qiladi.

Tajriba o'tkazuvchining asosiy vazifasi bu sifatli va maqsadga yo'naltirilgan tajribalarni o'tkazish, matematik statistika esa agronomik tadqiqotlarni to'g'ri olib borishda tajriba o'tkazish uchun optimal sharoitlarni tanlashda yordam beradi, eksperimental ma'lumotlarga ob'ektiv, sonli baho beradi.

Matematik statistika usullari hodisalarning mohiyatini ochib bermaydi, ammo mazkur hodisalarning miqdoriy tomonini shakillantiradi. Statistik ishlov berishning tadqiqotlar olib borishdagi o'rni shu bilan yuqori baholanadiki, tajribalar o'tkazish amaliyoti shuni tasdiqlab turibdi, eksperimentlarning barcha jarayonlarida: tajriba boshlanishidan to oxirgi yakuniy xulosalar qabul qilinganicha rejali tajribalarni o'tkazish va statistik ishlov berishlar tajriba o'tkazuvchining yo'ldoshi bo'lishi kerak. Ya'ni, statistik tahlil usullaridan uzluksiz va muntazam foydalanib borish zarur.

Variatsiyali qatorlarning asosiy statistik tavsiflari.

Har qanday ommaviy, ko'plikdagi hodisa(voqiylik), masala, maydondagi o'simliklar guruhi yoki fermadagi qoramollar, aslida zotlar, hodisalar, ma'lumotlar, buyumlar to'plamidan iborat bo'lib, ya'ni, qandaydir shartli birliklardan, ularning har bir alohida qat'iy individual va boshqalardan bir qator elementlari bo'yicha farqlanadi: balandligi, og'irligi, maxsulotning miqdori va boshqa. Har bir element turli zotlarda namayon bo'lishicha bo'lib, bu holatni alomat variatsiyalanadi deyiladi.

Shartli birliklarning alomati, dala tajriba uchastkasida olingan hosil, o'simliklarda, hatto bir xildagi to'plamlarda ham, bir-biridan farq qilishiga o'zgaruvchanlik, yoki variatsiyalanish deyiladi. O'zgaruvchanlik barcha tabiat buyumlariga xos; ikkita aynan bir xildagi buyum mavjud emas, qurollanmagan (oddiy) ko'z bilan qaralganda sezilmaydigan, ammo aslida mavjud bo'lgan farq buyumlarni bir-biridan ajratib turadi.

O'simliklarda o'zgaruvchan alomatlarga quyidagilar kiradi: ularning balandligi, boshhoqdagi donlarning soni va miqdori, protienning mavjudligi va boshqalar.

1.2 Miqdor kattaligi(o'lchamlar) va birliklar, metrologiyaning asosiy tushunchalari

Metrologiya to'g'risida(yangi tahriri)gi qonunda quyidagi asosiy tushunchalar qo'llanilgan: **metrologiyaga oid faoliyat** — o'lchashlarning yagona birlikda bo'lishini ta'minlash, o'lchash uslublari va vositalari, shuningdek talab qilinadigan aniqlikka erishish usullari bilan bog'liq bo'lgan faoliyat; **metrologik kuzatiluvchanlik** — o'lchash natijasining hujjatlashtirilgan

uzluksiz kalibrlashlar ketma-ketligi orqali etalonga bog‘lash mumkin bo‘lgan xossasi; **metrologik ekspertiza** — o‘lchashlarning yagona birlikda bo‘lishi bilan bog‘liq metrologik talablar, qoidalar va normalarni qo‘llash to‘g‘riligi hamda to‘liqligini baholash va tahlil qilish bo‘yicha tashkiliy-huquqiy ishlar majmui; **sinov vositasi** — sinovlar o‘tkazish uchun mo‘ljallangan, normalangan texnik tavsiflari bo‘lgan texnik qurilma, modda va (yoki) material; **standart namuna** — metrologik attestatsiya natijasida modda (material)ning xossasi yoki tarkibini tavsiflaydigan bitta yoki undan ortiq qiymatlari aniqlangan shu modda (material) namunasi shaklidagi o‘lchash vositasi; **etalon** — muayyan kattalik birligining o‘lchamini boshqa o‘lchash vositalariga o‘tkazish maqsadida uni qayta hosil qilish va saqlash uchun mo‘ljallangan o‘lchash vositasi; **o‘lchashlar aniqligining ko‘rsatkichi** — o‘lchash uslubiyotining qo‘llanilayotgan normalari va qoidalariga rioya etilganda olingan o‘lchash natijalari aniqligining belgilangan tavsifi; **o‘lchashlarni bajarish uslubiyoti** — o‘lchashlarning bajarilishini va ularning natijalari belgilangan aniqlik ko‘rsatkichlari bilan olinishini ta‘minlaydigan operatsiyalar va qoidalar majmui; **o‘lchash vositasi** — o‘lchashlar uchun foydalaniladigan va normalangan metrologik xususiyatlarga ega bo‘lgan texnika vositasi; **o‘lchash vositalarini kalibrlash** — berilgan sharoitlarda o‘lchash vositasi yordamida olingan kattalik qiymati va etalon bilan qayta tiklanadigan tegishli kattalik qiymati o‘rtasidagi nisbatni aniqlash orqali o‘lchash vositasining metrologik tavsiflarini aniqlash maqsadida bajariladigan operatsiyalar majmui; **o‘lchash vositalarini qiyoslash** — o‘lchash vositalarining belgilab qo‘yilgan metrologik talablarga muvofiqligini aniqlash va tasdiqlash maqsadida bajariladigan operatsiyalar majmui;

o‘lchashlarning yagona birlikda bo‘lishi — o‘lchashlarning natijalari qonuniylashtirilgan birliklarda ifodalangan va o‘lchashlarning aniqlik ko‘rsatkichlari ma’lum ehtimollik bilan belgilangan chegaralarda joylashgan holati.

Tasodifiy xatoliklar o‘lchash tizimining o‘zidan, experimental(tajriba) tizimidan yoki atrof muhitning o‘zidan kelib chiqishi mumkin. Tasodifiy xatoliklar odatda o‘lchash jarayonidagi nazoratsiz o‘zgaruvchilardan kelib chiqadi. Masalan, kuchaytirgichning ishlashi uning haroratiga ozgina sezgir bo‘lishi mumkin. Agar biz haroratni o‘lchamasak yoki nazorat qilmasak, ishlash o‘lchashlari ma’lum bir o‘zgaruvchanlikni yoki sochilishni(tarqalishni) ko‘rsatishi mumkin. Tasodifiy xatoliklarning juda muhim ekologik sabablaridan biri elektr shovqinidir. Tajribalar va o‘lchash tizimlari odatda elektr simlari va mahalliy radiostansiyalar kabi manbalardan kelib chiqadigan elektr va magnit maydonlari dengizida ishlaydi. Ushbu elektr va magnit fon maydonlari o‘lchash tizimlarida kuchlanishni tasodifiy o‘zgartirish va simlarni ulash orqali o‘qishga ta’sir qilishi mumkin.

Tasodifiy xatoliklar ko‘pincha nazoratsiz o‘zgaruvchilarni yo‘q qilish yoki o‘lchash tizimini to‘g‘ri himoya qilish yoki yerga zaminlash a yordamida kamaytirilishi mumkin. Qolgan tasodifiy xatoliklar statistik tahlilga mos kelishi mumkin - masalan, ko‘p sonli o‘qishlarning o‘rtachasi hisoblanishi mumkin. O‘zgaruvchanlik bir xil navlarda, o‘simliklardagi naslning farqi, bundan tashqari, ularning shakllanishi nisbatan turlicha tashqi shart-sharoitlarda kechganligi hisobidan vujudga keladi. Dala va vegetatsiya tajribalarining, vaholanki eng yuqori aniqlikda ishlar bajarilganida ham, parallel uchastkalardagi yoki idishlardagi

hosillar turlicha bo'ladi(farq qiladi). Mazkur tebranishlar, o'garuvchanlik, variyasiyalar tashqi ta'sirlar turlicha bo'lishining natijasi. Har doim ham hisobga olib bo'lmaydigan, demak, tadqiqot ishlarining har qanday tajriba natijalari u yoki bu chegaralarda doimo o'zgaruvchan bo'ladi.

Belgilangan guruh, to'plamdagi o'zgaruvchanlikni, variatsiyalanishni baholash bir qancha qiyinchiliklarga olib keladi. Juda katta sonli to'plamlarda barcha natijaga boshidan oxirigacha statistik ishlov berishning iloji bo'lmaydi. Bu kabi holatlarda katta sonli ma'lumotlar bazasidan bir qism natija ajratib olinadi va aynan mana shu kichik guruhga statistik usullarni qo'llash orqali ishlov beriladi. Ajratib olingan qiymatlar qatorini variatsiyali qator deb aytishadi. Mazkur usulda hosil qilingan qatorni terma usul ham deb aytadi. Ya'ni, ko'p miqdorli(sonli) to'plamda bir guruh qiymat terib olinadi va statistik ishlov beriladi. Demak, o'rganilish talab etilayotgan ob'ektlar guruhini to'plam yoki bosh to'plam, ob'ektlarning tekshirishga, tadqiq qilinishga tushgan qismini esa tanlab olingan(terib olingan) to'plam yoki oddiy terma deb aytiladi. Bosh to'plamdagi ham termadagi ham unsurlar(elementlar) sonini ularning hajmi deb nomlanadi.

Xulosa

Umuman muhandislik sohasida siz tajribadan ko'p bilim olishingiz - ya'ni, biror narsa qilish, va bu jarayonda nima ishlayotganini va nima ishlamasligini aniqlashingiz mumkin. Eksperimental ishlarda bu yanada to'g'ri amalga oshiriladi. Muhandislik eksperimentini o'tkazishning barcha nozikliklarini hujjatlashtirish deyarli mumkin emas. Yaxshi muhandislik tajribasi albatta: ehtiyotkorlik, vaqt va sabr - toqatni talab qiladi.

2 -bob O'lchash tizimlarining umumiy tavsifi

2.1 Umumiy o'lchash tizimlari

2.2 O'lchash ishonchliligi, o'lchash natijalarini kafolatlash

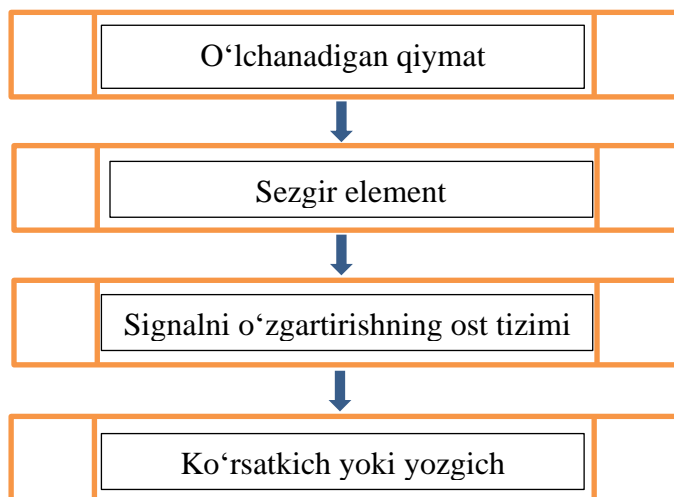
2.3 Dinamik o'lchashlar

Xulosa

Muammolar

2.1 Umumiy o'lchash tizimlari

Har qanday tajribada eksperimentator ba'zi fizik o'zgaruvchilarning sonli qiymatlarini olishga intiladi. Bu noma'lum o'zgaruvchilar o'lchanayotgan kattaliklar deb nomlanadi. O'lchangan kattaliklarga harorat, tezlik va kuchlanishni misollar sifatida keltirish mumkin. O'lchash tizimi o'lchangan qiymatni aniqlaydi va o'lchangan qiymatni tavsiflovchi yagona raqamli qiymatni ishlab chiqaradi. Ko'p hollarda o'lchash tizimini quyidagi uchta ost tizimdan iborat deb qarash mumkin.



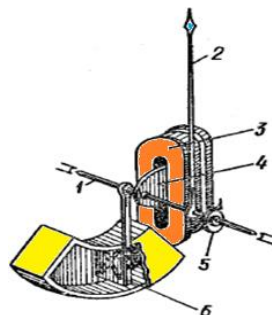
2.1-rasm. Umumiy o'lchash tizimi

Tinchlantirgichlarning turlari:

- havoli(2.2-rasm);
- elektromagnit induktsiyali(2.3-rasm);
- suyuqlikli(2.4-rasm).

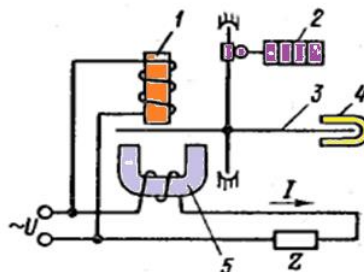
2.2-rasm. Havoli tinchlantirgich:

1-aylanish o'qi; 2-strelka; 3-
Elektr magnet(EM) g'altak;
4-yaproqchali o'zak; 5-
spiral; 6-havoli
tinchlantirgich.



2.3-rasm. Elektromagnit induktsiyali tinchlantirgich:

1-temir o'zak; 2-sanoq
mexanizmi; 3-alyuminiy disk;
4-EM induktsiyali
tinchlantirgich; 5-magnit o'zak;
Z-yuklama.



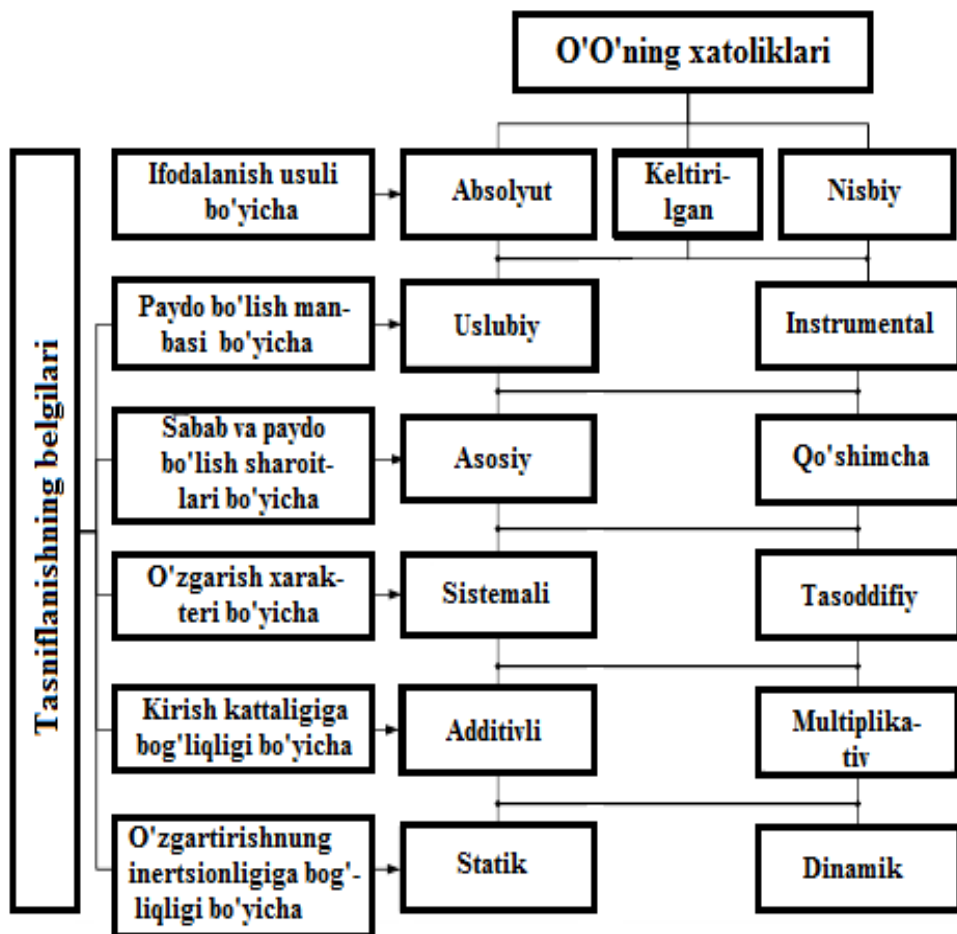
2.4-rasm. Suyuqlikli tinchlantirgich:

1-aylanuvchi qism; 2-suyuqlikli
tinchlantirgich; 3-qo'zg'almas
qism.



O'lchashlarning asosiy bosqichlari

1. *Mazmuni quyidagicha bo'lgan o'lchashga tayyorgarlik:*
o'lchash vazifasini qo'yish(shakllantirish);o'lchash usuli va o'lchash texnik vositalar(O'TS)ni tanlash, ularni joylashtirish; eksperimen(tajriba) o'tkazishning zaruriy sharoitlarini ta'minlash.



2.5-rasm. O'lchash asboblari va o'zgartirgichlar xatoliklarning kengaytirilgan tasnifi

2.2 O'lchash ishonchliligi, o'lchash natijalarini kafolatlash

2.3 Dinamik o'lchashlar

O'lchash sharoiti tartiblariga ko'ra xatoliklar quyidagilarga bo'linadi:

1. **Statik xatoliklar** - vaqt mobaynida kattalikning o'zgarishiga bog'liq bo'lmagan xatoliklar. O'lchash vositalarining statik xatolikligi shu vosita bilan o'zgarmas kattalikni o'lchashda hosil bo'ladi.

2. **Dinamik xatoliklar** - o'lchanayotgan kattalikning vaqt mobaynida o'zgarishiga bog'liq bo'lgan xatoliklar sanaladi. Dinamik xatoliklarning vujudga kelishi o'lchash vositalarining o'lchash zanjiridagi tarkibiy elementlarning inersiyasi tufayli deb izohlanadi. Bunda o'lchash zanjiridagi o'zgarishlar oniy tarzda emas, balki muayyan vaqt davomida amalga oshirilishi asosiy sabab bo'ladi.

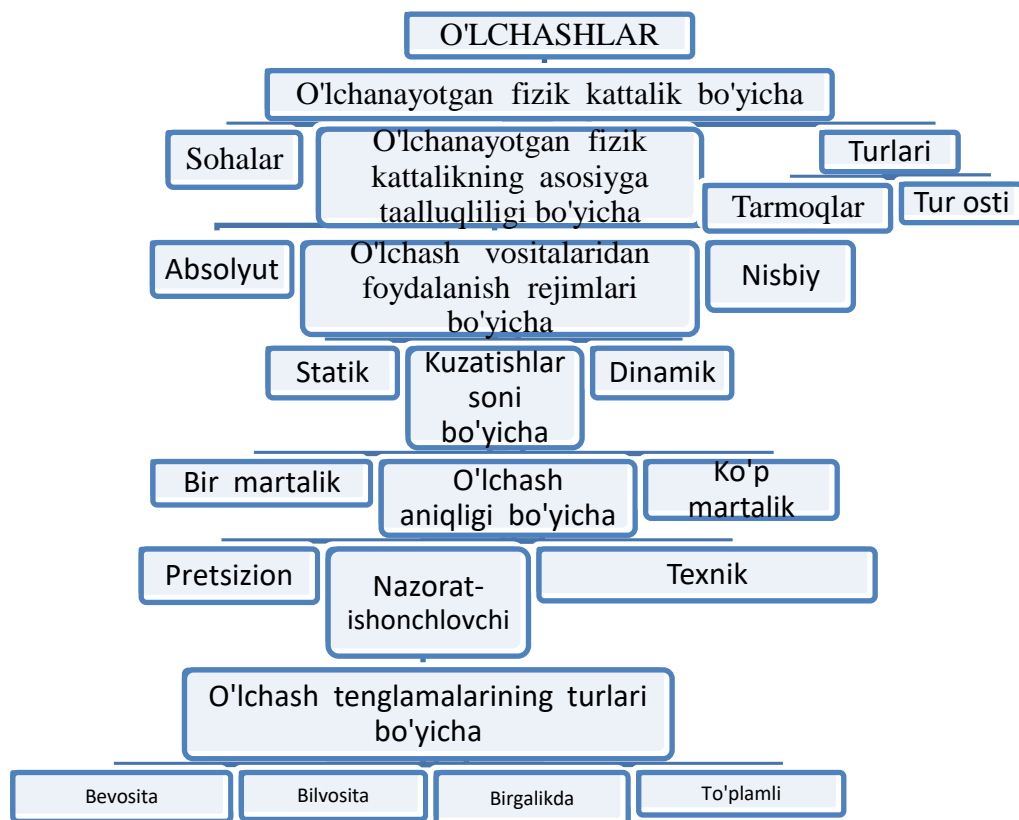
Kelib chiqishi sababi(sharoitiga) qarab:

asosiy; qo'shimcha xatoliklarga bo'linadi.

Normal (graduirovka) sharoitda ishlatiladigan o'lchash mexanizmlarda hosil bo'ladigan xatolik asosiy xatolik deyiladi. Normal sharoit deganda temperatura $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, havo namligi $65\%\pm 15\%$, atmosfera bosimi (750 ± 30) mm.sim.ust., va boshqalar. Agar o'lchash mexanizm shu sharoitdan farqli bo'lgan tashqi sharoitda ishlatilsa, hosil bo'ladigan xatolik qo'shimcha xatolik deyiladi.

Mohiyati, tavsiflari, o'zgarish xarakteriga qarab va bartaraf etish imkoniyatlariga ko'ra:

Muntazam xatoliklar; Tasodifiy xatoliklar; Qo'pol xatoliklar yoki yanglishuv xatoliklarga bo'linadi.



2.6-rasm. O'lchashlarning turlari bo'yicha tasnifiy diagramma

Dinamik o'lchashlar va dinamik xatoliklar Dinamik o'lchashlarning xarakteristikasi

Vaqt o'tishi bilan miqdorning o'zgarishini e'tiborsiz qoldirib bo'lmasa, o'lchash dinamik (dinamik rejimda) deb ataladi. Masalan, o'zgaruvchan tok yoki kuchlanishning oniy qiymatini o'lchash. Boshqa tomondan, o'lchash vositalari(O'V), qoida tariqasida, inertsiyaga ega va kirish signalidagi

o'zgarishlarga darhol javob bera olmaydi. Shuning uchun, vaqt bo'yicha o'zgaruvchan $x(t)$ signalini o'lchashda O'V ning inertial (dinamik) xususiyatlari tufayli har doim xatolik komponenti paydo bo'ladi.

Ushbu xususiyatlar kirish ta'sirining o'zgarishiga O'Vsi javobini so'zsiz(noyob tarzda) o'rnatadigan dinamik xususiyatlar yordamida ifodalanadi. Bunday xarakteristikalar sifatida beshta asosiy xarakteristikalar qo'llaniladi: uzatish funktsiyasi; uzatishning kompleks koeffitsienti - amplituda-chastotali xarakteristikasi (AChX); kompleks sezuvchanlik - faza-chastota xarakteristikasi (FChX); o'tish funktsiyasi - yagona(bitta) sakrashga javob(reaktsiya); impuls (og'irlik) funktsiyasi - yagona(bitta) impulsga javob(reaktsiya).

Bu xususiyatlar o'zaro bog'liq bo'lib, ulardan biri boshqa barcha narsalarni topish uchun ishlatilishi mumkin. Ularni eksperimental aniqlash usullari avtomatik boshqaruvga oid adabiyotlarda ham keng yoritilgan.

Dinamik o'lchashlarga oid masalalarni yechishda quyidagilarni ajratib ko'rsatish kerak: topilgan yoki ko'rsatilgan dinamik xususiyatlarni approksimatsiya qilish uchun analitik ifodalarni tanlash; kirish va chiqish signallari uchun analitik ifodalarni (maxsus funktsiyalar, ko'pburchaklar, qatorlar va boshqalar yordamida) topish; haqiqiy dinamik xatoliklarni aniqlash; kirish signalini (masalan, transport vositasining holatini) belgilangan chiqish orqali topish - signalni qayta tiklash.

Umumiy holatda vaqt funktsiyasi bo'lgan $x(t)$ signalini uzatishdagi dinamik xatolik dinamik rejimdagi haqiqiy chiqish signali $y(t)$ va chiqish signali to'plami o'rtasidagi farq bilan aniqlanadi turg' $= Sx(t)$ ning inertsiyal xossalari bo'lmaganda statik rejimda O'V, ya'ni.

$$\Delta_{din} = y(t) - Sx(t) = y(t) - y_{st}$$

S – O‘V sining sezgirligi.

Dinamik xatolik - bu nafaqat (2.29) formula bo‘yicha hisoblangan xatolik, balki, masalan, vaqt bo‘yicha fazada t ga siljigan to‘lqin shaklining ideal uzatilishidagi xatolik - fazaviy dinamik xatolik:

$$\Delta_{din} = y(t + \tau) - y_{st}$$

Dinamik xatoliklarni faqat hisoblash va tajriba orqali aniqlash mumkin. Dinamik o‘lchashlar sohasida standartlar va namunali O‘V mavjud emas.

O‘V si o‘lchash pallasida boshqa bo‘g‘inlar (datchiklar, kuchaytirgichlar, konvertorlar, transformatorlar va boshqalar) bilan birga kiritilganligini hisobga olsak, ularning har biri o‘ziga xos dinamik xususiyatlarga ega, umuman olganda, o‘lchash sxemasining ba’zi analoglari haqida gapirish kerak. - ma’lum (belgilangan) dinamik xususiyatlarga ega o‘lchash transduseri (MT).

MT ning dinamik xususiyatlarini tavsiflash uchun uning har qanday kirish signali $x(t)$ uchun chiqish $y(t)$ signalini aniqlashga imkon beradigan parametrlarini belgilash kerak, shuningdek, teskari masalani hal qilish (kirishni tiklash). signal, ya’ni avtomobilning texnik holatini baholash) beqarorlashtiruvchi omillarni (shovqinlar, tashqi ta’sirlar, ma’lumotga ega bo‘lmagan parametrlar va boshqalar) hisobga olgan holda. Buning uchun kirish va chiqish signallari o‘rtasidagi aloqa ushbu o‘lchash transduseri (MT) ning B operatori orqali amalga oshiriladi.

$$y(t) = B \cdot x(t)$$

Operator B kirish signaliga MT javobining tabiatini aks ettiradi. Matematik jihatdan, bu operator B chiziqli va chiziqli bo‘lmagan, oddiy va qisman hosilalarda differentsial va integral

tenglamalar, qator va funktsiyalar bilan tavsiflanadi bo'lishi mumkin, differentsial.

Vaqt sohasidagi operatorni aniqlash uchun vaqtinchalik yoki impuls funktsiyasi, chastota sohasida esa uzatish funktsiyasidan foydalaniladi.

Avvalo, dinamik o'lchashlar paytida qanday signallar tahlil qilinishini ko'rib chiqaylik. Umumiy holda, bu yerda deterministik va tasodifiy (stokastik) signal modellari qo'llaniladi, lekin aslida ular aralashtiriladi.

Deterministik modellar davriy va davriy bo'lmagan turlariga bo'linadi. Ular ham, boshqalar ham vaqt o'tishi bilan uzluksiz bo'lishi yoki diskret impulslar ketma-ketligi shaklida taqdim etilishi mumkin. Uzluksiz davriy bo'lmagan signallarning barcha mumkin bo'lgan turlaridan dinamik xususiyatlarni tavsiflash uchun eng ko'p ishlatiladiganlari cheklangan, ya'ni. faqat chekli vaqt oraligi uchun nolga teng va nolga teng bo'lmagan barqaror holat qiymatiga ega modellar. Bu signallar Furiye integrali yoki Laplas tasviri yordamida tasvirlanadi.

Uzluksiz davriy signallarni Furiye qatorlari, Laplas tasvirlari, Chebishev, Legendre va Lagerr polinomialari bilan ifodalash mumkin.

Tasodifiy signallar vaqtning tasodifiy funktsiyasi (tasodifiy jarayon) yoki vaqtning diskret funktsiyasi (tasodifiy ketma-ketliklar) sifatida ifodalanishi mumkin. Ma'lumki, stoxastik jarayonlar statsionar bo'lmagan va statsionar bo'lishi mumkin, ikkinchisi - ergodik va noergodik. Tegishli matematik apparat ham tasodifiy signal turiga qarab tanlanadi. Bunday holda, tasodifiy jarayonni quyidagicha tavsiflash mumkin: amalga oshirish vaqti cheklangan funktsiyalar to'plami; taqsimlash funktsiyalari to'plami; avtokorrelyatsiya funktsiyasi; ortonormal

funktsiyalar tizimi nuqtai nazaridan kengayish.

B operatorining chiziqli modellari uchun Fredgolm, Volterraning integral tenglamalari, differensial tenglamalar, ketma-ket kengayishlar, nochiziqli modellar uchun Uriyson, Hammershteyn, Lixtenshteyn - Lyapunov operatorlari qo'llaniladi.

Xulosa

Ushbu bobda biz keng tarqalgan o'lchash asboblarning umumiy xususiyatlarini tasvirlab berdik. Shuningdek, mazkur bobda andozali statik xatoliklar tasvirlangan va dinamik vositalarning texnik xarakteristikalari bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Muammolar

O'zgarimas tokda

Ampermetr-voltmetr usuli bilan qarshilikni o'lchash

Agar $R = U/I$ bo'lsa, u holda o'lchash xatolik $\Delta R/R = \Delta U/U + \Delta I/I$, ya'ni qarshilikni o'lchashning nisbiy xatolikligi δ_U kuchlanish va δ_I toklarining nisbiy xatoliklarining yig'indisiga teng bo'ladi.

Masala. $U_N = 150$ V va $K_U = 1,5$ kuchlanishli voltmetr $U = 120$ V kuchlanishni ko'rsatdi, $I_N = 5$ A va $K_I = 1$ bo'lgan ampermetr $I = 4$ A ni ko'rsatdi.

O'lchash vositalarining ichki qarshiligini hisobga olmagan holda qarshilikni aniqlaymiz:

$$\delta_V = K_U \cdot U_N/U = 1,5 \cdot 150/120 = 1,875 \%,$$

$$\delta_I = K_I \cdot I_N/I = 1 \cdot 5/4 = 1,25 \%,$$

$$\delta_R = \delta_V + \delta_I = 3,125 \%,$$

$$R = U/I \pm \delta_R = 120/4 \pm 3,125 \% = 30 \pm 3,125 = (30 \pm 0,3) \text{ Om.}$$

$$\text{Javob: } R = (30,0 \pm 0,3) \text{ Om.}$$

O'zgaruvchan tokda

Quvvat koeffitsienti $\cos\varphi$ ni ampermetr, voltmetr va vattmetr yordamida o'lchash. Agar bir fazali o'zgaruvchan tokdagi quvvat koeffitsienti quyidagi $\cos\varphi = P / UI$ ga teng bo'lsa, u holda

$$\delta_{\varphi} = \Delta(\cos \varphi) / \cos \varphi = \Delta P / P + \Delta U / U + \Delta I / I = \delta_P + \delta_V + \delta_I.$$

Masala. $U_N = 100 \text{ V}$ va $K_U = 1.5$ bo'lgan kuchlanish voltmetri $U = 70 \text{ V}$ kuchlanishni va $I_N = 2,5 \text{ A}$ va $K_I = 1$ bo'lgan ampermetr $I = 1,5 \text{ A}$ tokni ko'rsatdi, hamda quvvati $P_N = 100 \text{ Vt}$ va $K_P = 0,5$ ga ega bo'lgan vattmetr $P = 50 \text{ Vt}$ ni ko'rsatdi. O'lchash moslamalarining ichki qarshiligining ta'sirini hisobga olmagan holda quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ni aniqlang.

Yechish:

$$\delta_V = K_V \cdot U_N / U = 1,5 \cdot 100 / 70 = 2,15\%,$$

$$\delta_I = K_I \cdot I_N / I = 1 \cdot 2,5 / 1,5 = 1,67\%,$$

$$\delta_P = K_P \cdot P_N / P = 0,5 \cdot 100 / 50 = 1,00\%,$$

$$\delta_{\varphi} = \delta_V + \delta_I + \delta_P = 2,15 + 1,67 + 1,00 = 4,82\%,$$

$$\cos \varphi = P / UI \pm \delta_{\varphi} = 50 / 105 \cdot 1,5 \pm 4,82\% = 0,48 \pm 4,82 \cdot 0,48 / 100 = 0,48 \pm 0,0231.$$

$$\text{Javob: } \cos \varphi = 0,48 \pm 0,02.$$

Ma'lumotlarning statistik tahlili 6-bobda batafsil ko'rib chiqilgan. 2.1-misolda voltmetrning kalibrlash sinovi uchun sistematik va maksimal tasodifiy xatoliklarni qanday baholash mumkinligi ko'rsatilgan.

2.1- masala

Kalibrlash sinovida raqamli voltmetr yordamida 10 ta o'lchash o'tkazilib, uning haqiqiy kuchlanishi $6,11 \text{ V}$ bo'lganligi ma'lum bo'lgan batareyaning ko'rsatkichlari quyidagicha: $5.98, 6.05, 6.10, 6.06, 5.99, 5.96, 6.02, 6.09, 6.03$ va 5.99 V . Voltmetr sababli hosil bo'lgan sistematik va maksimal tasodifiy xatoliklarni tahlil qiling.

Yechilishi:

Birinchidan, 10 ta o'qishning o'rtacha qiymati aniqlanadi:

$$\text{o'rtacha } V = 6.03 \text{ V.}$$

Keyin sistematik xatolikning bahosi quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{sistematik xatolik} = \text{o'rtacha qiymat} - \text{haqiqiy qiymat} = 6.03 - 6.11 = -0.08 \text{ V}$$

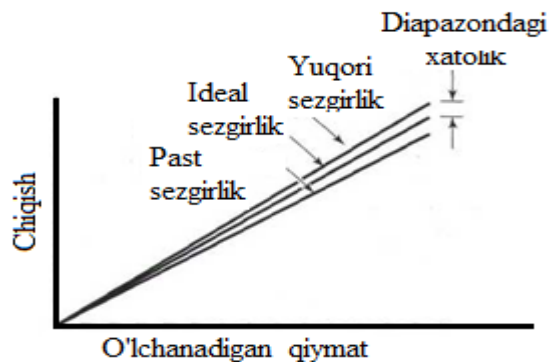
Maksimal tasodifiy xatolikni tahlil qilish uchun o'rtacha ko'rsatkichdan eng ko'p chetga chiqadigan ko'rsatkichni aniqlashimiz kerak. Bu 5.96 V kabi o'qiladi. Maksimal aniqlikdagi xatolik quyidagicha bo'ladi:

$$\text{maksimal tasodifiy xatolik} = 5.96 - 6.03 = -0.07 \text{ V}$$

Izoh: Shuni ta'kidlash kerakki, bu maksimal tasodifiy xatolik haqidagi oddiy bayonot o'lchash tizimidagi tasodifiy xatoliklarni etarli darajada tavsiflamasligi mumkin. Masalan, u bitta qo'pol xatolikga (yomon o'qishga)

asoslangan bo'lishi mumkin. 6 va 7-boblarda tavsiflangan statistik usullar tasodifiy xatoliklarni bartaraf etish bo'yicha protseduralarni taqdim etadi, ular barcha o'qishlarni o'z ichiga oladi va ba'zi bir noto'g'ri ma'lumotlarni yo'q qilishga asos yaratadi.

O'lchash tizimi faqat belgilangan o'lchashlar oralig'ida ishlashga mo'ljallangan. O'lchash tizimining diapazoni(oraliq'i) ushbu o'lchash tizimi to'g'ri javob beradigan o'lchash qiymatlarini tavsiflaydi - o'lchash o'lchashning diapazondan tashqaridagi qiymatlari foydali natijalarga erishishi kutilmaydi. Masalan, voltmetr 0 dan 10 V gacha bo'lishi mumkin va -5 yoki 13 V o'lchashlarga to'g'ri javob bermaydi. O'lchash tizimining farqlovchi oralig'i yuqori.



2.7 – rasm. Uzatishdagi(oraliqdagi) xatolik

2.2- masala

Mexanik o'q uchun burchak tezlikni o'lchaydigan asbob (taxometr) 0 dan 5000 ayl/min oralig'ida valning aylanishini o'lchab turishi mumkin. To'liq o'lchashning $\pm 5\%$ aniqligiga ega. Siz Milning(strelkaning) tezligi nolga teng bo'lganda, qurilma ko'rsatkichi 200 ayl/min. 3500 ayl/min o'q tezligini o'qishda taxmin qilish mumkin bo'lgan maksimal xatolik qancha ekanligini aniqlang ?

Yechilishi:

Aniqlik spetsifikatsiyasi $\pm 0,05 \times 5000 = \pm 250$ ayl/min noaniqlikni ko'rsatadi. Shunday qilib, barcha o'qishlar hech bo'lmaganda ushbu noaniqlikka ega. Biroq, 200 ayl/min bo'lgan nolinch o'qish mavjud. Ushbu xatolik aniqlik noaniqligidan tashqari. Shunday qilib, o'qish balandligi $250 + 200 = 450$ ayl/min balandlikda bo'lishi mumkin. Agar nolga moslashtirilsa

yoki xatoni tuzatilsa (o'qishdan 200 ayl/min chiqarib) xatoliklar tahmini kamaytirilishi mumkin. Agar asbob kalibrlanganidan beri bir muncha vaqt o'tgan bo'lsa, sezgirlikda qo'shimcha xatolik bo'lishi mumkin, ammo buni berilgan ma'lumot bilan aniqlash mumkin emas.

Izoh:

Aniqlik - bu odatda o'lchash moslamasidan foydalanish bilan bog'liq bo'lgan muqarrar tizimli va tasodifiy xatoliklarni birlashtirgan noaniqlik spetsifikatsiyasi. Odatda gisterezis, chiziqlilik va takrorlanuvchanlik xatolik qismlarini o'z ichiga oladi. Odatda u boshqa xatoliklarni o'z ichiga olmaydi, masalan, nol, og'ish va issiqlik barqarorligi. Ushbu turdagi xatoliklar alohida ko'rib chiqilishi kerak.

2.2.2. O'lchash tizimlarini kalibrlash

Biron bir vaqtda, barcha o'lchash tizimlari kalibrlashdan o'tishi kerak, bu jarayonda o'lchashlar to'plami mustaqil ravishda aniqlanishi mumkin bo'lgan o'lchash qiymatlaridan iborat. Keyin ko'rsatkichlarni ma'lum bo'lgan "haqiqiy" qiymatlar va aniqlangan xatoliklar bilan taqqoslash mumkin. Kalibrlash jarayoni uchun zarur bo'lgan har xil o'lchash qiymatlarining soni o'lchash tizimining turiga va qo'llanilishiga bog'liq. Ba'zi kalibrlash jarayonlarida o'lchash qiymati ma'lum, chunki u standart hisoblanadi. Boshqasida; o'lchash qiymatini aniqlash uchun kalibrlash jarayonlari, ma'lum aniqlikdagi boshqa o'lchash tizimidan foydalanish mumkin. Standartlardan foydalanish yanada ishonchli yondashuvdir, ammo oxirgi yondashuv ko'pincha amaliyroq bo'ladi.

Kalibrlash standartlari O'lchash standartlari uchun muhim bo'lgan usul juda uzoq vaqt davomida amalga oshiriladi, chunki xaridor takroriy takrorlanadigan xatoliklardan gisterezis xatoliklarini va gisterezisni tasodifiy xatoligining bir qismi sifatida ko'rib chiqilishi kerakligini bilishi muhimdir. Ushbu cheklash muhim bo'lmasligi mumkin.

ANSI / ISA (1979) ma'lumotlariga asoslangan 2.3-misol, asboblarning aniqligini va boshqa xatoliklarni aniqlash uchun statik kalibrlash jarayonini namoyish qilish uchun ishlatiladi. Ushbu jarayon issiqlik barqarorligi va siljish xususiyatlarini aniqlamaydi. Bundan tashqari, u dastur bilan bog'liq bo'lgan xatoliklarni, masalan, fazoviy xatoliklarni hisobga olmaydi va dinamik (vaqt o'zgaruvchan) ta'sirlarni hisobga olmaydi. Maxsus tajribalar uchun qo'shimcha kalibrlash protseduralari talab qilinishi mumkin. 7-bobda

aytib o‘tilganidek, 2.3-misolda ko‘rsatilgan usul bilan aniqlangan xatoliklar xarakteristikalarini batafsil noaniqlik tahlili uchun ishlatilishi mumkin, ammo ideal bo‘lmagan shaklda.

2.3 - masala Tarozini kalibrlash

Arzon narxdagi, nominal ravishda 0 dan 5 funtgacha bo‘lgan prujinali tarozi [2.8-rasm (a)] o‘z platformasida aniq og‘irliklarni qo‘yish orqali kalibrlangan. Amaldagi og‘irliklarning qiymatlari 0 funtdan 5 funtgacha 0,5 funtgacha ko‘tariladi.

2.1-jadval(a)

Tarozini kalibrlash ma'lumotlari

T/r	Haqiqiy vazn (lbs)	O‘lchash shkalasini o‘qish					
		Davr 1	Davr 2	Davr 3	Davr 4	Davr 5	Davr 6
1.	0.5		0.2	0.08	0.17	0.19	0.11
2.	1		0.7	0.78	0.64	0.61	0.7
3.	1.5		1.18	1.26	1.25	1.24	1.23
4.	2		1.81	1.93	1.81	1.93	1.88
5.	2.5	2.62	2.49	2.46	2.46	2.58	2.53
6.	3	3.15	3.18	3.24	3.28	3.13	
7.	3.5	3.9	3.84	3.86	3.97	3.96	
8.	4	4.59	4.71	4.61	4.6	4.6	
9.	4.5	5.41	5.35	5.49	5.46	5.39	
10.	5	6.24	6.27	6.1	6.24	6.16	
11.	4.5	5.71	5.74	5.78	5.87	5.82	
12.	4	4.96	5.11	5.08	5.03	5.03	
13.	3.5	4.22	4.34	4.21	4.22	4.24	
14.	3	3.57	3.64	3.66	3.55	3.67	
15.	2.5	2.98	2.86	2.98	2.98	2.94	
16.	2	2.22	2.23	2.26	2.29	2.26	
17.	1.5	1.57	1.7	1.69	1.63	1.57	
18.	1	1.07	1.07	1.11	1.16	1.11	
19.	0.5	0.52	0.61	0.61	0.61	0.45	
20.	0	0.02	0.08	0.08	-0.03	0.06	

Og‘irliklar ketma-ketlikda qo‘llaniladi, eng past qiymatdan boshlab, eng katta qiymatga ko‘tariladi (yuqoriga ko‘tarilgan ma’lumotlar) va keyin eng past qiymatga (pastga ma’lumotlar) kamayadi. Bunday beshta sikl o‘tkazildi

va o'lashlar natijalari 2.1-jadval(a)da keltirilgan. ANSI / ISA (1979) da ko'rsatilgandek, ma'lumotlarni yozishni boshlashdan oldin bir necha sikllar yakunlandi. So'ngra ma'lumotlarni yozib olish 1 siklning yuqori qismining o'rtasidan boshlandi va 6 siklning yuqorigi qismida tugadi va beshta to'liq siklni berdi. Ma'lumotlarga to'g'ri chiziqni joylashtiring va aniqlik, gisterez va chiziqli xatoliklarni aniqlang. Shuningdek, maksimal sistematik va tasodifiy xatoliklar haqida taxminlar tuzing.

2.1-jadval(b)

Tarozini kalibrlash ma'lumotlari

T/r	Haqiqiy vazn (lbs)	Og'ish								
		Davr 1	Davr 2	Davr 3	Davr 4	Davr 5	Davr 6	Sikllarning o'rtacha ko'rsatkichi	O'rtacha og'ish	Takrorlanuvchanligi
1.	0								0.41	
2.	0.5		-0.07	-0.19	-0.1	-0.08	-0.16	-0.12	0.085	0.12
3.	1		-0.22	-0.14	-0.28	-0.31	-0.22	-0.23	-0.025	0.17
4.	1.5		-0.38	-0.3	-0.31	-0.32	-0.33	-0.33	-0.13	0.08
5.	2		-0.4	-0.28	-0.4	-0.28	-0.33	-0.34	-0.15	0.12
6.	2.5	-0.23	-0.36	-0.39	-0.39	-0.27	-0.32	-0.35	-0.125	0.16
7.	3	-0.35	-0.32	-0.26	-0.22	-0.37		-0.3	-0.09	0.15
8.	3.5	-0.24	-0.3	-0.28	-0.17	-0.18		-0.23	-0.06	0.13
9.	4	-0.2	-0.08	-0.18	-0.19	-0.19		-0.17	0.04	0.12
10.	4.5	-0.02	-0.08	0.06	0.03	-0.04		-0.01	0.17	0.14
11.	5	0.16	0.19	0.02	0.16	0.08		0.12	0.12	0.17
12.	4.5	0.28	0.31	0.35	0.44	0.39		0.35		0.16
13.	4	0.17	0.32	0.29	0.24	0.24		0.25		0.15
14.	3.5	0.08	0.2	0.07	0.08	0.1		0.11		0.13
15.	3	0.07	0.14	0.16	0.05	0.17		0.12		0.12
16.	2.5	0.13	0.01	0.13	0.13	0.09		0.1		0.12
17.	2	0.01	0.02	0.05	0.08	0.05		0.04		0.07
18.	1.5	0.01	0.14	0.13	0.07	0.01		0.07		0.13
19.	1	0.15	0.15	0.19	0.24	0.19		0.18		0.09
20.	0.5	0.25	0.34	0.34	0.34	0.18		0.29		0.16
21.	0	0.39	0.45	0.45	0.34	0.43		0.41		0.11

Yechilishi:

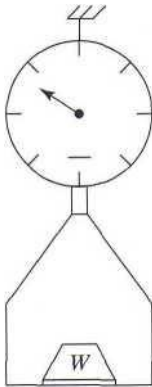
2.8-rasmning (b) shakliga qo'yilgan 2.1-jadval(a)ning ma'lumotlari ikkita qatorga bo'linadi. Ikki qatorga bo'linish tizimdagi gisterez tufayli

yuzaga keladi - pastki o'lchash o'lchash kattalashishi uchun, yuqori o'lchash esa o'lchash pasayish uchun.

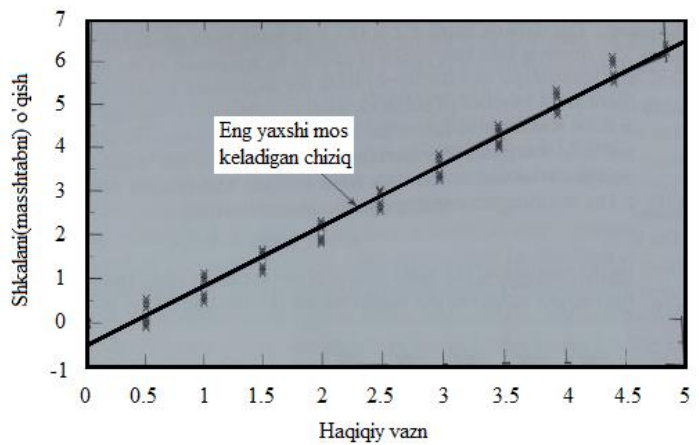
Instrument ma'lumotlari to'plamiga mos keladigan to'g'ri chiziqni aniqlash uchun bir qator usullardan foydalaniladi. Eng kichik kvadratlar usuli (chizikli regressiya) deb nomlangan usul 6-bobda tasvirlangan. Ushbu vaqtda ma'lumotlarning chiziqdan maksimal og'ishlarini minimallashtirish uchun shunchaki ma'lumotlar orqali chiziqni "ko'z bilan ko'rish" qulay. Ushbu jarayon eng kichik kvadratchalarga to'g'ri kelishini taxmin qiladi. Olingan korrelyatsion tenglama shakli quyidagi ko'rinishni oladi

$$R = 1.290W - 0.374$$

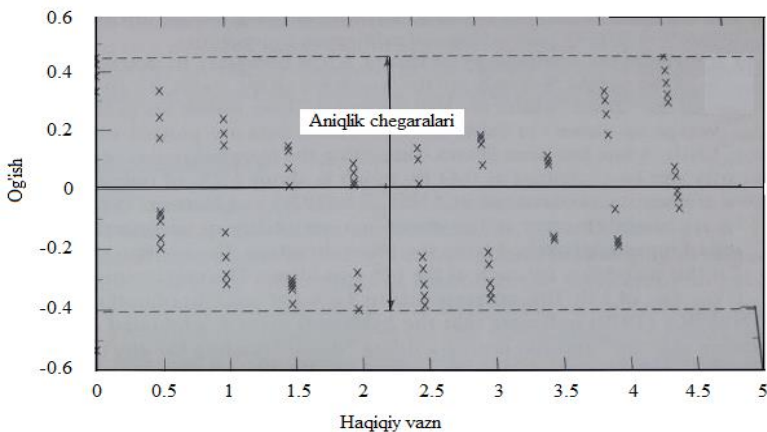
bu yerda R - o'lchashning o'qilishi va W - haqiqiy og'irlik. Shu bilan bir qatorda, biz o'qish bilan solishtirganda og'irlik shaklida quyidagi tenglamani berishimiz mumkin edi ($W = 0.7757R + 0.290$).



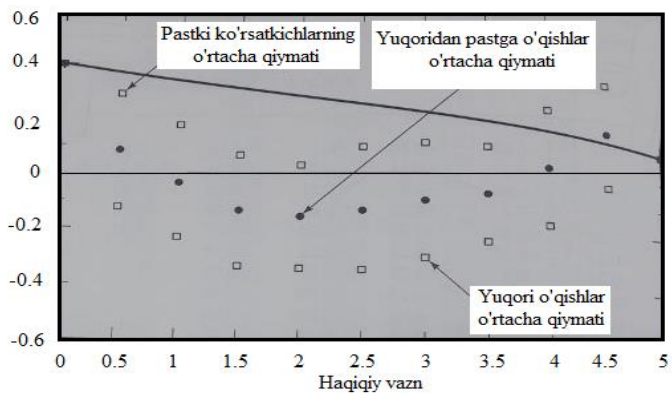
**2.8 – rasm. (a)
Ressor shkalasi.**



2.8 – rasm. (b) Shkala masshtabni o'qish grafigi



2.8 – rasm. (c) Og'ish ma'lumotlarini kalibrlash grafigi

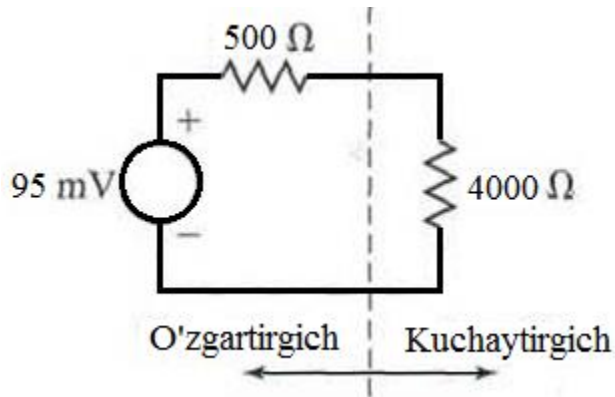


2.8 – rasm. (d) O'lchashni kalibrlashdagi o'rtacha og'ish ma'lumotlari

2.4 - masala Kuchni o'lchaydigan o'zgartirgichning ochiq zanjirli chiqish kuchlanishi 95 mV va chiqish qarshiligi 500 Om. Signal kuchlanishini kuchaytirish uchun u 10 ga teng bo'lgan o'zgartirgichga ulangan. Kuchaytirgich kirish qarshiligiga(empedansiga) ega bo'lsa, kirish yuklanish xatoligini hisoblang.

(a) $4 \kappa Q$ or

(b) IMO



2.9– rasm. 2.4 – masalaning elektr sxemasi.

Yechilishi:

a) O'zgartirgichni 95-mV kuchlanish generatori sifatida 500-Om rezistor bilan ketma-ket modellashtirish mumkin. Bu kuchaytirgichga ulanganda, hosil bo'lgan elektr zanjiri 2.9-rasmda ko'rsatilgandek bo'ladi. Hozirgi tok uchun echim

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0.095}{500 + 4000} = 0.0211 \text{ mA}$$

U holda kuchaytirgichning kirish qarshiligidagi kuchlanish

$$V = RI = 4000 \times 0.0211 \times 10^{-3} = 84.4 \text{ mV}$$

Shunday qilib, yuklashda xatolik 10,6 mV yoki o'zgartirgichning tushirish hajmining 11% ni tashkil qiladi.

4-kOm rezistorni 1-MOm qarshilik bilan almashtirgan tahlilni takrorlash, xatolik 0,047 mV yoki 0,05% ga teng.

3 -bob Elektr signallari bilan o'lchash tizimlari

3.1 Elektr signallarini o'lchash tizimlari, signallarni qayta ishlash

3.2 Signal shakllantirgichlari

3.3 Ko'rsatuvchi va qayd etuvchi qurilmalar

3.4 Komponentlar orasidagi elektr signal uzatish

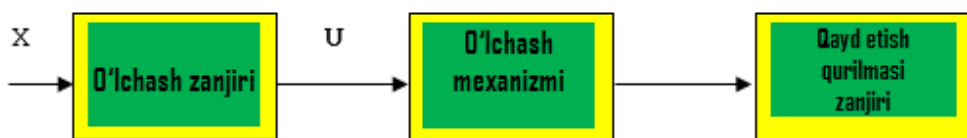
Muammolar

3.1 Elektr signallarini o'lchash tizimlari, signallarni qayta ishlash

3.2 Signal shakllantirgichlari

O'lchash asbobi deb, o'lchash uchun qo'llaniladigan va me'yorlangan metrologik xossalarga ega bo'lgan texnik vositaga aytiladi.

Analogli o'lchash asboblari yoki bevosita ko'rsatuvchi asboblari Elektr o'lchashlar va umuman o'lchash texnikasida keng o'rin olgan asboblardan hisoblanadi. Analogli o'lchash asbobining struktura sxemasi 3.1-rasmda tasvirlangan. Bu turdagi asboblarda ko'rsatuv qaydnomasi uzluksiz (Funksional) ravishda o'lchanayotgan kattalik bilan bog'liqlikda bo'ladi.



3.1-rasm. Analogli o'lchash asbobining struktura sxemasi.

3.1-jadval

Analog o'lchash asboblarning turlari, tizimi.


Olchash asbobining tizimi	Olchash asbobining tizimi
Magnitoelektrik(ME)	Ferrodinamik(FD)
Elektromagnit(EM)	Elektrostatik(ES)
Elektrodinamik(ED)	Induksion(I)


Yuqorida keltirilgan 3.1-jadvalda analog o'lchash asboblarning turlari, tizimi haqida ma'lumotlar jamlangan.

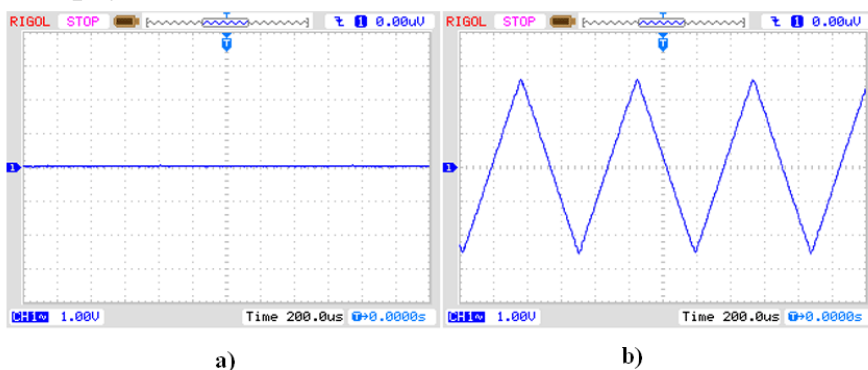
3.3 Ko'rsatuvchi va qayd etuvchi qurilmalar Ossillograf bilan o'lchash

O'lchashlar visual bajariladi va ularning xatoligi ancha yuqori bo'ladi. Bunga qo'shimcha ravishda, yoyish kuchlanishining chiziqliligi past, shuning uchun chastota va fazalar siljishini o'lchashning xatoligi 5% gacha etishi(ko'tarilishi) mumkin. Xatolikni kamaytirish(minimallashtirish) uchun tasvir o'lchami ekran o'lchamining 80 dan 90% gacha bo'lishi kerak. Kuchlanishni va chastotani (vaqt oralig'ini) o'lchaganingizda, kirish signali va yoyish tezligini ravon rostlashning dastagini chekka o'ng tomonda o'rnatish kerak.


Kuchlanishni o'lchash

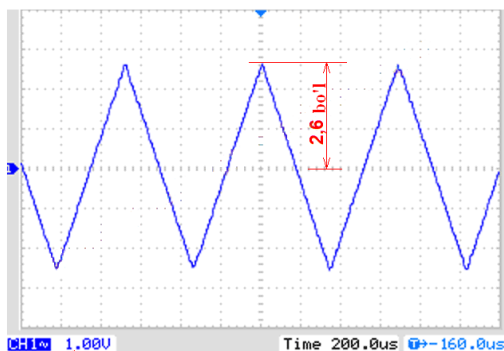
Kuchlanishni o'lchash uchun vertical bo'yicha masshtabning ma'lum bo'lgan qiymati ishlatiladi. O'lchashni boshlashdan oldin ossillografning kirish qismlari(elektrodlari)ni (yoki kirish rejimini ulab-uzgichini  holatga o'rnatish(qo'yish)) qisqa

tutashtirish kerak va  dastagi bilan yoyish liniyasini ekran to'ringing gorizontal chizig'iga(liniyasiga) to'g'irlash kerak(oscillogramning balandligini to'g'ri belgilash mumkinligi uchun). (3.2 - rasm a) tasvir). Shundan so'ng, kirishga tadqiq qilinayotgan signal beriladi(yoki kirish rejimini ulab-uzgichini ish holatlaridan biriga o'rnatiladi). Signal funksiyasining grafigi ekranda paydo bo'ladi. (3.2 - rasm b) tasvir).



3.2 - rasm. Kuchlanishni o'lchash(ossillografning ekranini skrinshotlash): a - tayyorlash; b – o'lchash.

Grafikning balandligini aniqroq o'lchash uchun osillogramma  dastagi qo'l bilan shunday siljiteladiki, amplituda o'lchanayotgan nuqta bo'linmaning ulushlarida darajalarga ega bo'lgan markaziy vertikal yo'nalgan liniyaga tushsin(3.3 - rasm). Quyidagiga ega bo'lamiz: vertikal og'dirish kanalning sezgirligi = 1 V/bo'linva, ossillogrammaning o'lchami 2.6 bo'linma, shuning uchun signal amplitudasi 2.6 volt bo'ladi.

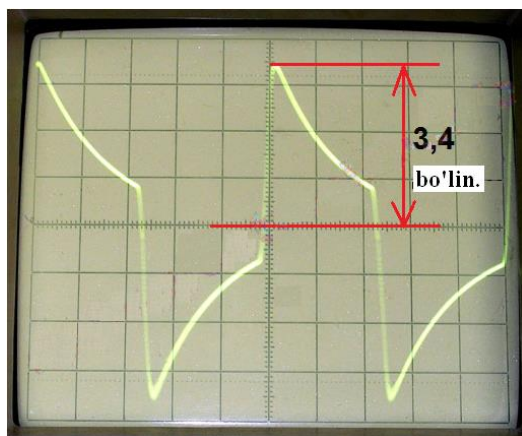


Vertikal bo'yicha masshtab, V/bo'l

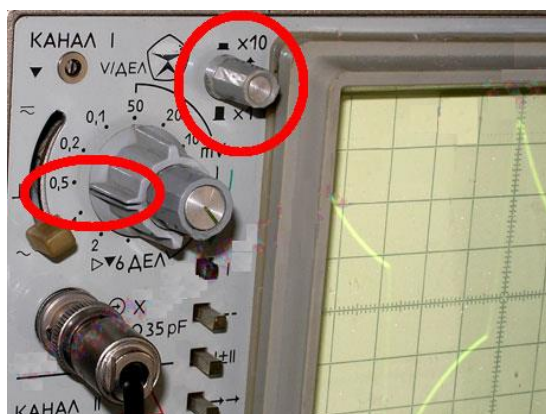
3.3 - rasm. Signaling amplitudasini aniqlash.

Ossillografning o'zida kuchlanishni o'lchashni namoyish qilamiz. Kuchlanishning maksimal qiymati 3.4 bo'linmaga(qismga) teng (3.4-rasm). Vertikal bo'yicha masshtabni aniqlash 3.5-rasmda tasvirlangan. Dastak(tugmacha) chetki o'ng h "ravon" olatida o'rnatiladi. Sezgirlikning ulab-uzgichining darajalangan chiziqlari 0,5 volt/bo'linmani ko'rsatadi. Masshtabning ko'paytmasi x10 holatiga o'rnatiladi (tugmacha ezilgan). Natijada, o'lchanayotgan kuchlanish quyidagicha bo'ladi:

$$U_{\max} = 3,4 \cdot 0,5 \cdot 10 = 17V$$



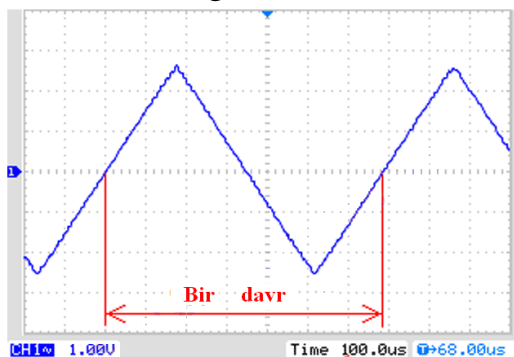
3.4 - rasm. C1-83 ossillografida amplitudani aniqlash.



3.5 - rasm. C1-83 ossillografida vertikal bo'yicha masshtabni aniqlash.


Chastotani o'lchash

Ossillograf signal vaqt oraliqlarini, jumladan signalning davrini ham, o'lchash imkonini beradi. Signal chastotasi uning davriga teskari proporsionaldir. Signalning davrini ossillogrammaning turli qismlarida o'lchash mumkin, lekin vaqt o'qi grafigini kesuvchi nuqtasida uni o'lchash eng qulay va aniqdir. Shuning uchun, o'lchasdan oldin, yoyish chizig'ini ekran to'rining(panjaraning) markaziy gorizontaal chizig'iga o'rnatishi kerak (3.6 - rasmdagi tasvir).



Yoyish tezligi

3.6 - rasm. Signalning davrini o'lchash.

 dastakdan(tugmachadan) foydalanib, davr boshi to'ring vertikal chizig'i bilan muvofiqlashtiriladi. 3.6 – rasm (davrnin g boshlanishini ekranning chap vertikal chizig'i bilan muvofiqlashtirish kerak, bunda aniqlik maksimal bo'ladi). 3.6 - rasmda ko'rsatilgan signal davri 6.8 ta bo'linmaga teng. Yoyish tezligi 100 mks/bo'linma(chunki, "mikro" degan yunoncha harf μ , har doim ekran uchun mavjud emas, ko'pincha u lotincha **u** harfi bilan almashtiriladi). U holda signal davri:

$$T = 6,8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 680 \text{ mksek}$$

va uning chastotasi:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{680 \cdot 10^{-6}} \approx 1,47^3 = 1,47 \text{ kGts}$$

3.3 - rasm va 3.6 - rasmlarda aynan bir xildagi, ammo yoyishni tezligi turli qiymatlar bilan bo'lgan, signal tasvirlanganiga e'tibor qaratish kerak. Chastotani 3.3 - rasm bo'yicha aniqlash xatolikning qiymati katta bo'lishiga olib keladi(chastotaning aniq qiymati 1,459 kGts). Shuning uchun, tasvirni gorizontal o'q bo'yicha maksimal cho'zila, eng aniq o'lchash olinadi. Va yana. 3.6 - rasmda signal davr vaqtining davomiyligi 6.8 bo'linmadan bir oz ko'proqdir. Signal davrining vaqti katta ekan, chastota aslida bizlar olganimizga qaraganda bir oz kichik bo'ladi: chindan ham, amalda 1.459 kGts, va bizlar olgan natija 1,47 kGts. Aslida, o'lchash xatoligi bir foizdan kam - bu yuqori aniqlik. Bunday aniqlikni yoyishi chiziqli bo'lgan raqamli ossillograf beradi. Analogli ossillografda chastotani o'lchashning xatoligi ehtimol yuqori bo'ladi.

Fazalar siljishini o'lchash

Fazalar siljishi vaqt bo'icha ikkita tebranuvchi jarayonning

o‘zaro(bir-biriga nisbatan) joylashishini ko‘rsatadi. Ammo u vaqt birliklarida(gorizonttal o‘q bo‘yicha chizilgan) emas, balki signal davrining ulushlarida(ya‘ni, burchak birliklarida) o‘lchanadi. Mazkur holatda signallarning bir xildagi o‘zaro joylashishiga aynan bir xildagi faza sijishi mos keladi, signallarning davri va chastotasidan qat‘iy nazar (ya‘ni, vaqtning o‘qi bo‘ylab grafikalarining haqiqiy masshtabiga bog‘liq bo‘lmasdan (qaramasdan)). Shuning uchun, agar signalning davrini butun ekran bo‘ylab uzaytirilsa, eng katta o‘lchash aniqligiga erishiladi.

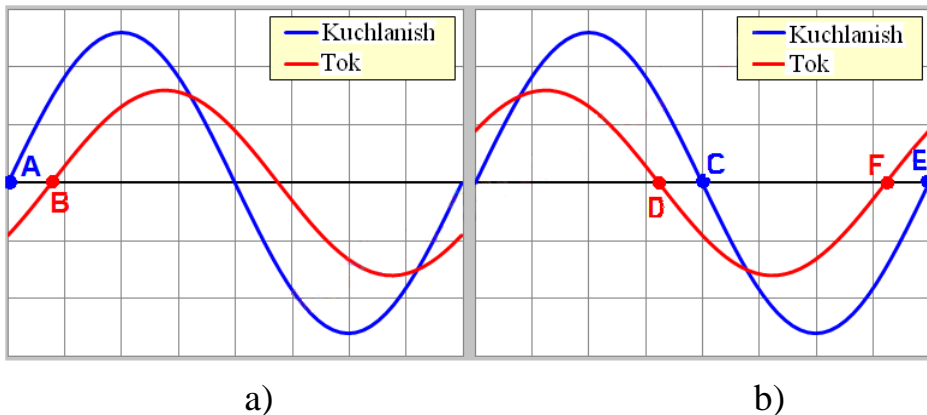
Analog Ossillografda ikkala kanalning signali grafikolari bir xil rangga va bir xil yorqinlikka(nurlanishga) ega bo‘lgani uchun, ularni bir-biridan ajratib olish maqsadida turli amplitudaga ega qilish tavsiya etiladi. Mazkur holda, qurilma(asbob)ning I kanali bilan o‘lchanadigan kuchlanishni yanada kattaroq qiymatda olish yaxshi – bu holda, sinxronlash tasvirni yaxshiroq "ushlab turish" imkonini beradi. O‘lchashlarga tayyorlanish quyidagi tarzda amalga oshiriladi (aniqroq va ko‘rgazmali bo‘lishi uchun, 3.7 - rasmga qarang, unda kuchlanish va tok turli xil ranglarda tasvirlangan):



Har ikkala kanalning dastaklari(tutqichlari) bilan ularning yoyish chiziqlari ekranning o‘rta chizig‘ida(kirishlarda signallar bo‘lmaganida) o‘rnatiladi.

Fazalar siljish burchagini o‘lchasdan oldin, signallarning qaysi biri (kuchlanishmi yoki tokmi) oldinda va orqada turganligini aniqlash kerak. Fazalar siljish burchagi φ ning o‘zgarishi bunga bog‘liq. 3.7 - rasm a) tasvirda tok kuchlanishdan orqada qoladi –uning davri boshlanishi kuchlanish davrining boshlanishidan (A nuqtasida kuchlanish davrining va B nuqtasida tok davrining boshlanishi) keyinroq bo‘ladi. Tok keyinroq

boshlanadi, shuning uchun u orqada qoladi va kuchlanish oldinlab ketadi. Bu holatga fazalar siljishining musbat qiymatlari mos keladi. 3.7 - rasm b) tasvirda tok ilgari ketadi, kuchlanish esa orqada qoladi. Ekranida tok davrining boshlanishi ko‘rinmaydigan bo‘lsa, u holda birinchi yarimdavrnin oxiri solishtiriladi: birinchi bo‘lib nolga aynan oldin boshlangan grafik qaytadi (G nuqta B nuqtadan vaqt bo‘yicha oldin keladi). Mazkur holda fazalar siljish burchagi manfiydir.



3.7 - rasm. Tok kuchlanishdan $\varphi > 0$ burchakka orqada qoladi (a); Tok kuchlanishdan $\varphi < 0$ burchakka ilgari ketadi (b).

Fazalar siljish burchagining φ moduli – bu davrning boshlanishi yoki tugashi orasidagi masofani ekran bo‘linmalarida ko‘rsatuvchi kattalikdir (musbat yarimdavr) (3.8 - rasm). Bundan tashqari, φ ning modulini har qanday tebranishning to‘liq davri 360 gradus bo‘lishi sharti bilan quyidagi proporsiyadan topish mumkin:

$$|\varphi| = \frac{360 \cdot \alpha}{N}$$

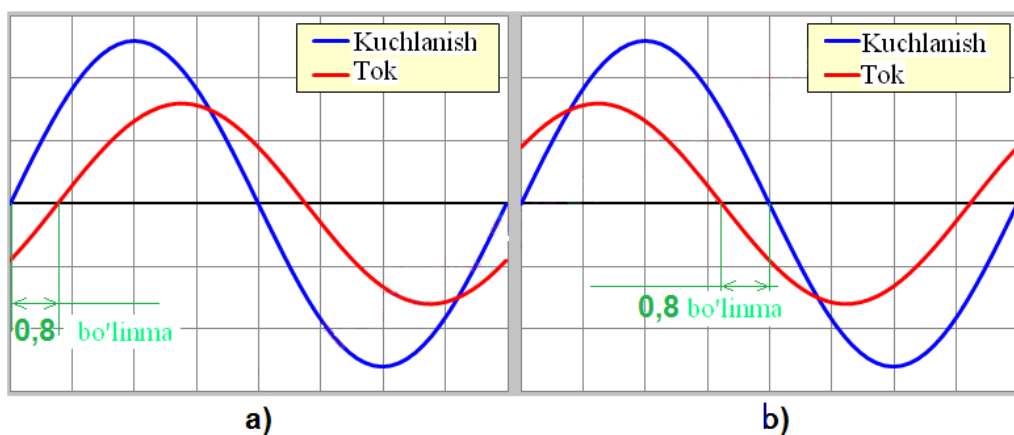
bu yerda N - bitta signal davri bilan band bo‘lgan to‘rning bo‘linmalari soni, α - davr boshlang‘ich uchlari (musbat yarimdavrlarning oxigi uchlari) orasidagi to‘rning bo‘linmalari

soni. Faza siljishini ko'rsatuvchi rasm misolida har ikkala holatda ham φ ning moduli:

$$|\varphi| = \frac{360 \cdot 0,8}{8} = 36^\circ$$

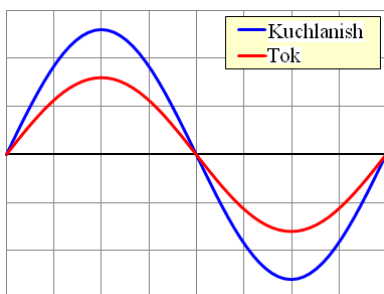
Shuni nazarda tutish kerakki, passiv element uchun (kuchaytirgich yoki tranzistor emas, balki qarshilik-g'altak-kondensator ma'nosida):

$$-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$



3.8 - rasm. Fazalar burchak siljishini o'lchash.

Asos sifatida, fazalar siljishining kattaligini davr oxirida ham (3.8 - rasmning D va E nuqtalarida) o'lchash mumkin, ammo ekranning o'ng qismida(tomonida) kuchlanishini yoyish chizig'ini(liniyasini) ko'rish eng yomon, shuning uchun o'lchash xatoligi maksimal bo'ladi. Agarda fazalar siljishi nol bo'lsa (zanjida faqat sof aktiv yuk yoki rezonans sodir bo'lganda) kuchlanish va tok bir vaqtning o'zida boshlanadi va tugaydi(3.9 - rasm).



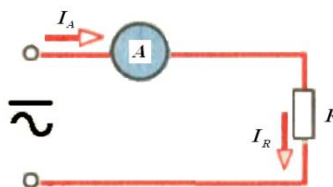
3.9–rasm. Fazalar siljishi nolga teng bo‘lgandagi ossillogramma.

3.4 Komponentlar orasidagi elektr signal uzatish

Elektr kattaliklarni o‘lchash. Taqqoslash asboblari va masshtab o‘lchash o‘zgartgichlari.

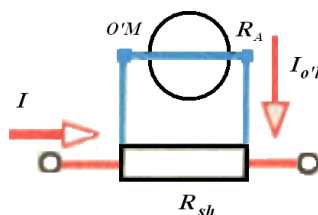
Tokni o‘lchashning uchta usuli mavjud.

1-usul To‘g‘ridan-to‘g‘ri (bevosita) ulab o‘lchash. O‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi



3.10-rasm. Ampermetrni to‘g‘ridan-to‘g‘ri (bevosita) ulab o‘lchash sxemasi.

2-usul
Shunt qarshiligini ulab o‘lchash. O‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi.

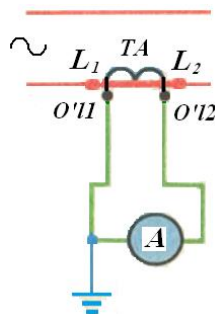


3.11-rasm. Ampermetrni shunt qarshiligi bilan ulab o‘lchash sxemasi.

3-usul

Tok transformatori orqali ulab o'lchash.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi.



3.12-rasm. Ampermetrni tok transformatori orqali ulab o'lchash sxemasi.

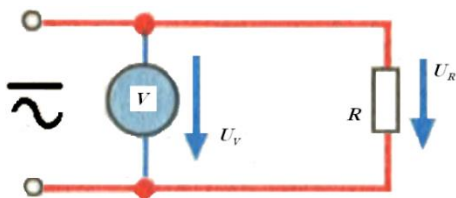
Elektr o'lchash – bu fizik kattalikning mos o'lchash birliklarida ifodalangan (masalan, 3 A, 4 V) qiymatini (eksperimental usullar bilan) topish demakdir.

Kuchlanishni o'lchash

Kuchlanishni o'lchashning uchta usuli mavjud.

1-usul

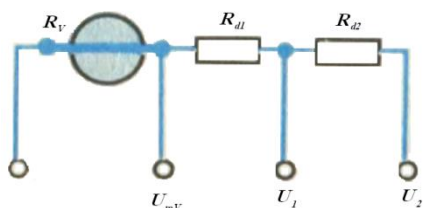
To'g'ridan-to'g'ri (bevosita) ulab o'lchash. O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi.



3.13-rasm. Voltmetrni to'g'ridan-to'g'ri (bevosita) ulab o'lchash sxemasi.

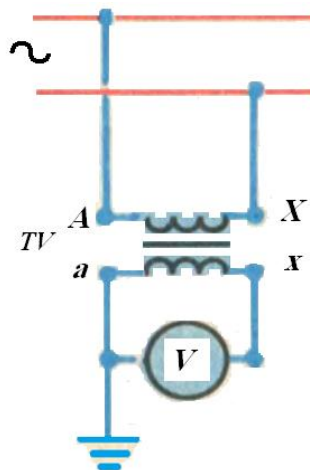
2-usul

Qo'shimcha qarshilikni ulab o'lchash. O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida ishlatiladi.



3.14-rasm. Voltmetrni qo'shimcha qarshilik ulab o'lchash sxemasi.

3-usul
Kuchlanish
transformatori orqali ulab
o'lchash. O'zgaruvchan tok
 zanjirlarida ishlatiladi.

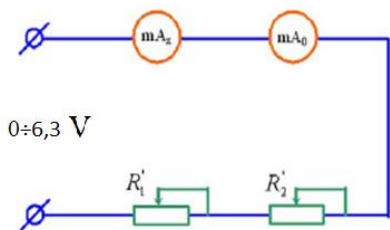


3.15-rasm. Voltmetrni tok transformatori orqali ulab o'lchash sxemasi.

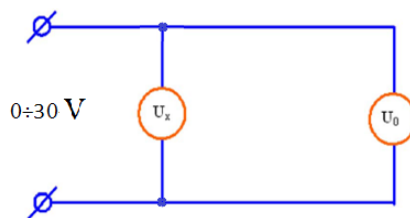
O'lchash asboblarning ishonchlash sxemalari

Elektr kattaliklarning o'lchash birligi qiymatlari fizika qonunlari va mexanik kattaliklarning o'lchash birliklariga mos ravishda xalqaro kelishuvlar bilan aniqlanadi.

O'lchash asboblarning ishonchlash sxemalari



3.16-rasm. Ampermetrning ishonchlash sxemasi.



3.17-rasm. Voltmetrning ishonchlash sxemasi.

Elektr kattaliklarining o'lchash birliklarini «ushlab turish», xalqaro kelishuvlar bilan aniqlanishi qiyinchiliklar tug'dirganligi

uchun ham, ularni «amaliy» elektr kattaliklarining o‘lchash birliklari etalonlari bilan belgilash qabul qilingan. Bu kabi etalonlar ko‘pgina mamlakatlarning davlat metrologik laboratoriyalari tomonidan qo‘llab-quvvatlab turiladi.

O‘lchashning mumkin bo‘lgan chegaralari va ularni izohlanishi 3.2-jadvalda keltirilgan.

3.2-jadval

O‘lchashning mumkin bo‘lgan chegaralari va ularni izohlanishi

O‘lchanayotgan kattalik	Chegaralarni belgilash misoli	O‘lchash chegarasi
DCV	200 m	200 mV
	2	2 V
	20	20 V
	200	200 V
DCA	200 μ	200 mA
	2 m	2 mA
	20 m	20 mA
	200 m	200 mA
Ω yoki Ohm	200	200 Ohm
	2 K	2 kOhm
	2 M	2 MOhm

Kuchlanishni, tokni, qarshilikni o‘lchash uchun mo‘ljallangan, shuningdek, muayyan tartibga tayyorlanganligiga qarab quyidagilarni ham o‘lchash imkonini beradi: harorat, elektr sig‘imi, chastota va boshqalar.

3.3-jadval

Zamonaviy multimetrlarning ba'zi markalari

Multimetr markasi	Qurilmaning umumiy ko'rinishi
<p>Raqamli multimetr IEK Master MAS838L</p>	
<p>Multimetr IEK Professional MY64</p>	
<p>Multimetr CEM DT-5505</p>	
<p>Raqamli multimetr DT 9205A</p>	

Multimetrni ishlatishdan oldin, siz chegara tugmachasi atrofidagi yozuvni diqqat bilan ko'rib chiqishingiz kerak. Uning dastagida tanlangan chegarani ko'rsatadigan tire (yoki nuqta) mavjud. Chegaralar va kattaliklar xalqaro belgilanishlar yordamida ko'rsatilgan. Qurilmadagi o'lchangan qiymatlar diapazoni chiziqlar bilan ajratilgan. Qo'shimcha(batafsil) ma'lumotni qurilmaning ko'rsatmalaridan olish mumkin.

Agar o'lchanadigan kattalik o'lchash chegarasidan oshsa, multimetr indikatorida indikatorning chap raqamida "1" aks ettiriladi. Simlarni ulash. Kuchlanishni, tokni yoki qarshilikni o'lchashda bitta sim (qora zond) umumiy COM(common - umumiy) qismasiga(raz'yomiga) (keng tarqalgan) ulanadi. Ikkinchi qismaga(raz'yomiga) kuchlanishni o'lchashda boshqa sim (qizil zond) ulanadi; amperdagi tokni - A qismada(raz'yomida), mikroamperlarda va milliamperlarda - mA qismada(raz'yomida); qarshilik - Ω qismada(raz'yomida) ulab o'lchanadi. Zamonaviy multimetrlarning ba'zi markalari 3.3-jadvalda keltirilgan.

Xulosa

Mazkur bobda qisman biz keng tarqalgan o'lchash asboblarining umumiy xususiyatlarini tasvirlab berdik. Shuningdek, elektr signallarini o'lchash tizimlari, signallarni qayta ishlash, signal shakllantirgichlari, ko'rsatuvchi va qayd etuvchi qurilmalar(ossilograflar), komponentlar orasidagi elektr signal uzatish hamda elektr kattaliklarni o'lchash va baholash bo'yicha tavsiyalar berildi.

Muammolar

3.1 - masala

Kuchaytirish koeffitsienti 10 ga teng bo'lgan 741 noinvertirlovchi operatsion kuchaytirgich uchun R_1 va R_2 rezistorlarining qiymatlarini o'rnatish. Chastotasi 10 000 Gts li sinusoidal kirish kuchlanishi uchun kesish chastotasi va fazali siljishini toping.

Yechilishi: Kuchaytirish (3.14) formula bo'yicha berilgan:

Kuchaytirish quyidagi

$$G = \frac{V_0}{V_i} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

tenglamaga mos ifodalanadi:

$$G = 10 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ni tanlash, R_2 ni $90 \text{ k}\Omega$ deb baholash mumkin. 741 rusumli operatsion kuchaytirgichidan foydalangan holda teskari bo'lmagan kuchaytirgich o'tkazuvchanlik tezligi 1 MGts ga teng bo'lganligi sababli, o'chirish chastotasi quyidagicha aniqlanadi:

$$f_c = \frac{GPB}{G} = \frac{10^3}{10} = 100 \text{ kHz}$$

10 kGts chastotadagi o'zgarishlar esa quyidagicha aniqlanadi:

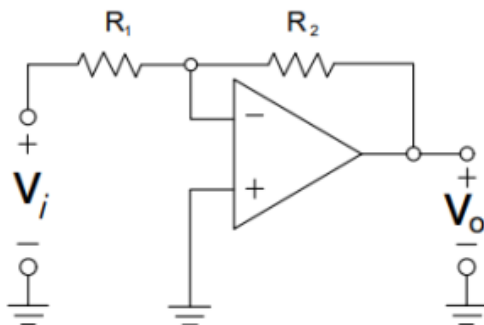
$$\varphi = -\tan^{-1} \frac{10^4}{10^5} = -5.7^\circ$$

Bu shuni anglatadiki, chiqish signali kirishdan $5,7^\circ$ yoki siklning taxminan 1,6% orqada qoladi.

Invertirlovchi kuchaytirgich deb ataladigan yana bir keng tarqalgan operatsion kuchaytirgich sxemasi 3.18– rasmda ko'rsatilgan. Ushbu sxema invertirlovchi deb ataladi, chunki chiqish kuchlanishi yerga nisbatan kirish kuchlanishiga qarama-qarshidir. Invertirlovchi kuchaytirgichlari filtrlar, integratorlar va differentsiatorlarni o'z ichiga olgan ko'plab boshqa OK li sxemalarining asosini tashkil qiladi (bu bobda keyinroq muhokama qilinadi). Invertirlovchi kuchaytirgich uchun qo'llaniladigan tahlilga o'xshash tahlildan foydalanib, teskari kuchaytirgich uchun kuchaytirish koeffitsienti quyidagi ifoda bilan berilishini ko'rsatish mumkin

$$G = -R_2/R_1$$

Invertirli bo'lmagan kuchaytirgichda bo'lgani kabi, kuchaytirish qarshilikning mutlaq qiymatlariga emas, balki qarshiliklar nisbatiga bog'liq va qarshiliklar odatda 1 kOm dan 1 MOm gacha chegarada bo'ladi.



3.18-rasm. OK asosidagi invertirlovchi(teskarilovchi) kuchaytirgich

3.2 - masala

Eksperimentda isitgichni quvvatlantirish uchun nominal ravishda 120 V kuchlanish ishlatiladi. Ushbu kuchlanishni qayd etish uchun avval uni kuchlanishni bo'lgichi yordamida kamaytirish kerak. Bo'lgich kuchlanishni 15 baravar kamaytiradi, R1 va R2 rezistorlar yig'indisi 1000 Om.

(a) R1, R2 va ideal chiqish kuchlanishini toping (yuk ta'sirini e'tiborsiz qoldiring).

(b) Agar manba qarshiligi R_s 1 Om bo'lsa, V_o ning haqiqiy kuchlanishni bo'lgichi va natijada V_o -da yuk xatoligini toping.

(c) Agar kuchlanishni bo'lgichi chiqishi kirish empedansi 5000 Om bo'lgan qaydlovchiga ulangan bo'lsa, chiqish kuchlanishi (qaydlovchiga kirish) va natijada yuklanish xatoligi qanday bo'ladi?

Yechilishi:

(a) $V_o = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ tenglama yordamida quyidagiga ega bo'lamiz

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{15} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{1000}$$

$$R_2 = 66.7$$

$$R_2 = 1000 - R_2 = 933.3$$

Nominal chiqish kuchlanishi $120/15 = 8$ V.

(b) manba qarshiligini o'z ichiga olgan to'liq tizim sxemasi **3.19– rasm**

(a) tasvirda keltirilgan. Sirtmoqdagi tok uchun yechim quyidagini beradi.

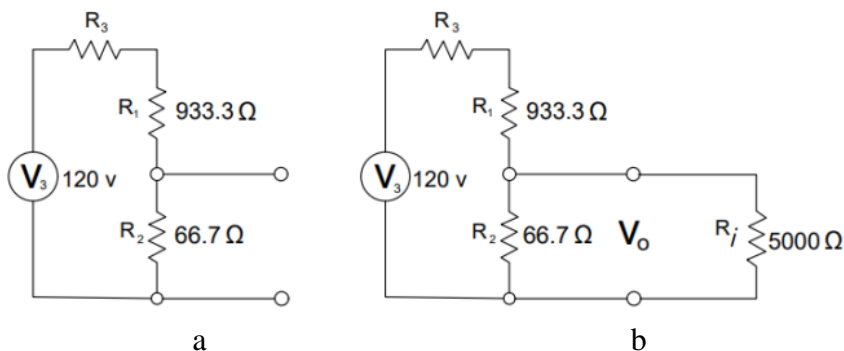
$$I = \frac{V}{\sum R} = \frac{120}{1 + 933,3 + 66,7} = 0.1199 \text{ A}$$

Keyin chiqish kuchlanishini taxmin qilishimiz mumkin:

$$V_o = IR_2 = 0.1199 \times 66.7 = 7.997 \text{ V}$$

Shunday qilib, xatolik 0,003 V yoki 0,04% ni tashkil qiladi.

(c) Agar biz ajratuvchi chiqishni 5000 Om kirish qarshiligi bo'lgan yozuvchi(qaydlovchi)ga ulasak, biz **3.19– rasm** (b) -tasvirda ko'rsatilgan sxemani olamiz. R_2 va R_i - bu parallel ravishda bog'langan qarshilik, 65,8 qiymatini berish uchun birlashtirilishi mumkin.



3.19– rasm. Manba qarshiligini o'z ichiga olgan to'liq tizim sxemasi: (a) – salt ishlash; (b) – yuklama bilan ishlash.

Kontur toki uchun yechish orqali biz quyidagini olamiz

$$I = \frac{V}{\sum R} = \frac{120}{1 + 933,3 + 65,8} = 0.1200 \text{ A}$$

Keyin chiqish kuchlanishini qayta hisoblashimiz mumkin:

$$V_o = IR_2 = 0.1200 \times 65.8 = 7.9 \text{ V}$$

Shunday qilib, bu 0,1V yoki 1,3% yuklamaning xatoligi.

Bu asosiy nazariyani namoyish qilish uchun foydali bo'lsa-da, birinchi darajali filtrlarning susayishi ko'pincha etarli emas va yuqori darajadagi filtrlar talab qilinadi. Yuqori darajadagi filtrlarda murakkabroq sxemalar va pastki darajadagi kaskadli filtrlar bo'lishi mumkin. Yuqori darajadagi filtr sxemalari loyihalash jarayonida aniqlanadigan ko'plab parametrlarga ega va, shuning uchun jarayon odatda kompyuter dasturlari yordamida amalga oshiriladi. Jonson (1976) va Franko (2002) yuqori darajadagi filtrlarni loyihalashtirish usullarini muhokama qilishadi. Avval aytib o'tganimizdek, foydalanuvchilarning talablariga javob beradigan maxsus filtrlar tijorat savdosining nusxasi sifatida mavjud.

3.3. – masala

Bosim o'lchagich 3 Gts gacha bo'lgan tebranishlarga javob berishi kerak, ammo u Gts shovqini bilan ifloslangan. 60 Gts shovqinni kamaytirish uchun birinchi darajali Batterwortning past o'tish filtrini o'rnatish. Ushbu filtr yordamida shovqin amplitudasini qanchagacha kamaytirishingiz mumkin?

Yechilishi:

nee Biz 3.21 (a) rasmda tarkibiy qismlarning qiymatlarini ko'rsatishimiz shart bo'lsin. Biz burchak chastotasini 3 Gts qilib tanlaymiz. Hech qanday kuchaytirish talab qilinmagani uchun $R_2 = R_1$ Pick $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ni belgilashimiz kerak. Biz C qiymatini olish uchun (3.30) tenglamadan foydalanishimiz mumkin:

$$3 = \frac{1}{2\pi 10,000C}$$

C ni tanlab, biz $C = 5.3 \text{ mF}$ ni olamiz. Har bir oktava chastotani ikki baravar ko'paytirganligi sababli, biz oktavalarni sonini 3 dan 60 gigagertsgacha topishimiz mumkin.

$$3 \times 2^x = 60$$

X ni tanlab, biz $x = 4.3$ oktavani olamiz. Zaiflashuv oktavasida 6 dB

bo'lganligi sababli, umumiy e'tibor $4,3 \times 6 = 25,9$ dB ni tashkil qiladi. Tenglamani (3.2) haqiqiy kuchlanish tushishini baholash uchun ishlatish mumkin:

$$-25.9 = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

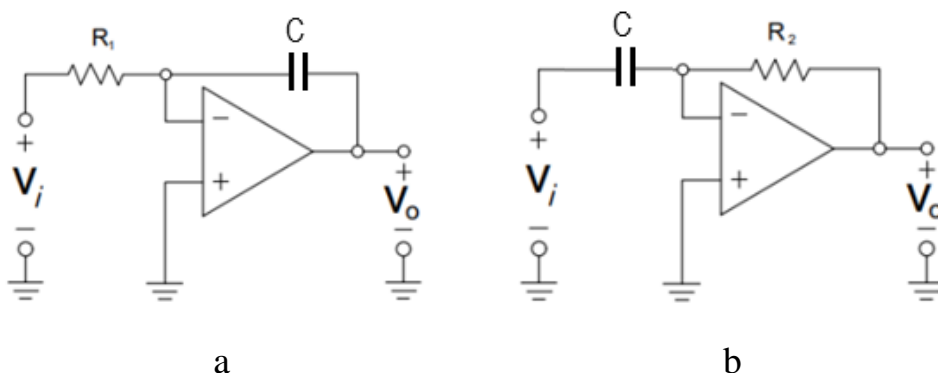
V_{out} / V_{in} ni tanlasak, biz 0,051 olamiz. Bu shovqin kuchlanishi avvalgi qiymatiga tushirilganligini anglatadi. Agar bu pasayish etarli bo'lmasa, yuqori donadorlikka ega filtdan foydalanish kerak.

Izoh: Ushbu filtr 3 gigagertsli signallarni 3 dB ga susaytiradi, chunki 3 Gts uzilish chastotasi.

Integratsiya, farqlash va taqqoslash zanjirlari

Integratsiya, farqlash va taqqoslash zanjirlari ba'zi o'lchash dasturlarida qo'llaniladi va ma'lumot uchun bu yerda keltirilgan. Analog-raqamli o'zgartirgichlarda integralator va taqqoslash sxemalari qo'llaniladi, ko'pincha ma'lumotlarni real vaqtda qayta ishlash uchun integrallash va differentsiallash sxemalari qo'llaniladi. 3.20 – rasm (a) tasvirda ko'rsatilgan integralator davri uchun chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishining vaqt integralidir:

$$V_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_i(t) dt + V_o(0) \quad (3.32)$$



3.20-rasm.OKli zanjirlar: a – integrator; b - differentsiator

4 -bob Kompyuterlashtirilgan ma'lumotlarni yig'ish tizimlari

4.1 Kirish

4.2 Kompyuter tizimlari

4.3 Ma'lumot yig'ish komponentlari

4.4 Ma'lumot yig'ish tizimining konfiguratsiyasi

4.5 Ma'lumot yig'ish tizimlari uchun dasturiy ta'minot

Muammolar

4.1 Kirish

4.2 Kompyuter tizimlari

Sonlarni(raqamlarni) kompyuter tizimlarida aks ettirish

Kompyuter tizimlarida raqamlarni aks ettirish

Kundalik dunyoda ishlatiladigan raqamlar odatda 10-asosda (o'nlik) ifodalanadigan bo'lsa, kompyuterlarda 2-raqamli (ikkilik) asosda raqamlarni ko'rsatish ancha amaliydir. Kompyuterlardagi ma'lumotlar ikkita mumkin bo'lgan holatga ega bo'lishi mumkin bo'lgan triggerlar deb nomlanadigan ikkitomonlama qurilmalarda saqlanadi. Bitta holat "yoqilgan" deb belgilanadi va unga 1 raqamli qiymat beriladi, boshqa holatga esa "o'chirilgan" va unga 0 qiymat beriladi.

Raqamni ko'rsatish uchun bir qator triggerlar kerak. Masalan, 9 kasr soniga to'g'ri keladigan 1001. Ikkilik raqamini kompyuterida to'rtta trigger sifatida ko'rsatish mumkin. Ushbu triggerlarning har biri "fets" raqamini anglatadi. Ikkilik 1001-dagi eng chap "1" raqam eng muhim bit (MSB). Eng o'ng bit eng kam ahamiyatli bit (LSB). Uzoq ikkilik sonlarni bayt deb nomlanadigan 8-bitli segmentlarga bo'lish kompyuterlarda keng tarqalgan.

Ikkilik va o'nlik sonlar o'rtasida birma-bir yozishma mavjud. Masalan, yuqoridagi 4-bitli ikkilik raqamdan 0 (0000 bilan

ko'rsatilgan) dan 15 gacha (1111 bilan ko'rsatilgan) musbat o'nlik butun sonlarni ko'rsatish uchun foydalanish mumkin. 4.1-misolda ikkilik sonni o'nli songa, 4.2-misolda o'nli sonni qanday qilib ikkilikka aylantirishni ko'rsatib o'tilgan.

Kompyuter tizimining tarkibiy qismlari

- Uskuna tizimi
- Programmali ta'minot tizimi – operatsion tizimlar va ilovalar uchun programmalar
- Tarmoqli tizim

Kompyuter – bu tegishli vazifalarni bajarish uchun programmalashtirilgan ko'rsatmalarga muvofiq kirish, ishlov berish, saqlash va chiqarishni amalga oshiradigan elektron mashina. Bir vaqtlar kompyuterlar asosan arifmetik hisoblash uchun ishlatilgan, shuning uchun atama – kompyuter (compute – hisoblash). Kompyuterning boshlang'ich shakli – kalkulyatorni ko'rib chiqamiz. Masalan, agar operatsiyani bajarish uchun kalkulyator kerak bo'lsa – “ $3 + 5 =$ ” biz raqamlar va arifmetik operatsiyalarni kiritamiz, keyin kalkulyator 3 va 5 ni qo'shib, arifmetik ifodani qayta ishlaydi, natijani – 8 ni saqlaydi va natijani ekranda namoyish etadi.

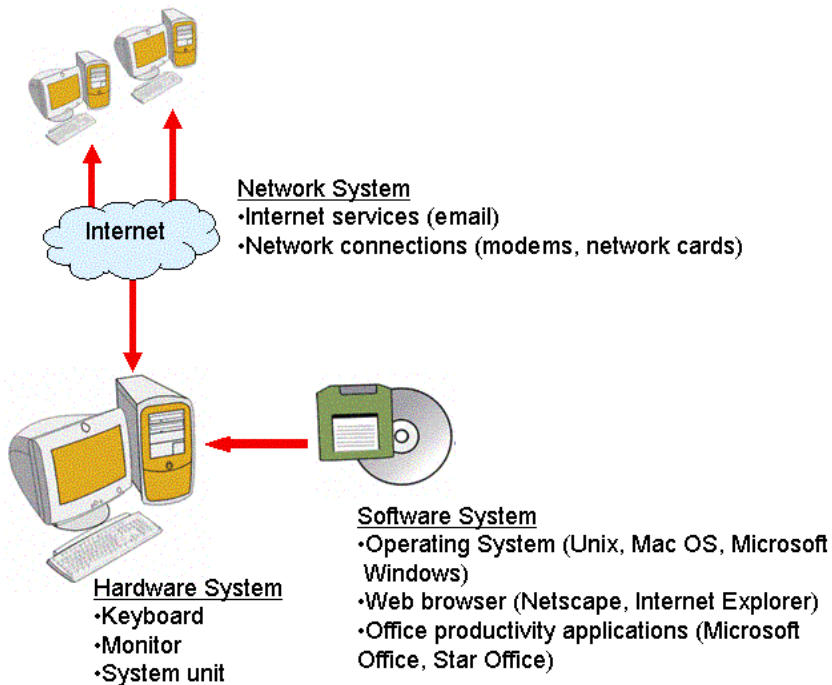
Zamonaviy kompyuter xuddi shunday ishlaydi. Kompyuterga kirish klaviatura yoki sichqoncha orqali amalga oshirilishi mumkin. Keyin kompyuter kirishni qayta ishlaydi, natijani saqlaydi va natijani monitor, karnay(dinamik), printer yoki boshqa chiqarish qurilmalarida namoyish etadi. Masalan, veb-sahifani URL-manzilini (yagona manba joylashtiruvchisini) yozib so'rasangiz, “<<http://www.icarnegie.com>>” kompyuter sizning

kirishingizni qayta ko‘rib chiqadi va Internet orqali sahifani talab qiladi. Va keyin u monitorda talab qilingan sahifani chiqish sifatida ko‘rsatadi.

4.3 Ma’lumot yig‘ish komponentlari

4.4 Ma’lumot yig‘ish tizimining konfiguratsiyasi

4.5 Ma’lumot yig‘ish tizimlari uchun dasturiy ta’minot



Uskuna tizimi = Klaviatura = Monitor = Tizimli blok

Programmali ta’minot tizimi = Operatsion tizim (Unix, Mac OS,

Microsoft Windows) = Veb-brauzer (Mozilla Firefox, Google

Chrome, Internet Explorer, Opera va boshq.) = Office

ilovalari(dasturlari) (Microsoft Office, Star Office, Open Office)

Tarmoqli tizim = Internet xizmatlari (email) = Tarmoqqa ulanish (modemlar, tarmoq kartalari)

4.1 – rasm. Kompyuter tizimining tarkibiy qismlari

Umuman olganda, kompyuter tizimini apparat tizimiga, programmali ta'minot tizimiga va tarmoq tizimiga ajratish mumkin. Ushbu kichik tizimlarning har biri ushbu kursning 51lectr modullarida batafsil ko'rib chiqiladi. Quyidagi rasmda kompyuter tizimining asosiy quyi tizimlari tasvirlangan. Endi har bir quyi tizimni va ularning asosiy funksiyalarini ko'rib chiqaylik.

Uskuna tizimi

Uskuna tizimi kompyuterga kirish ma'lumotlarini qabul qilish va qayta ishlash, ma'lumotlarni saqlash va chiqishni amalga oshirishga imkon beradigan tashqi va ichki fizikaviy(jisml) qismlardan iborat. Uskuna tarkibiy qismlarining har biri 2 Modulda batafsil ko'rib chiqiladi.

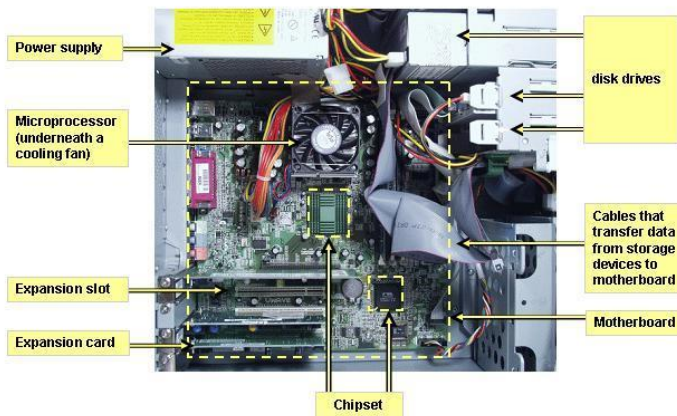
Karnaylar(dinamiklar); Monitor; Printer; Tizimli blok; Klaviatura; Sichqoncha

Quyidagi rasmda kompyuterning ba'zi tashqi qismlari ko'rsatilgan.



4.2-rasm. Uskuna tarkibiy qismlari

Quyidagi diagrammada tizim blokining ichidagi apparat tarkibiy qismlari ko'rsatilgan. Ushbu tarkibiy qismlarning har biri kompyuter tizimining ishlashida muhim rol o'ynaydi.



Ta'minot tizimi

Mikroprosessor (uning yuqorisida – shamollatkich)

Kengaytirish uyasi

Kengaytirish kartasi (karta)

Mikrosxemalar to'plami(Chipset)

Disklarni boshqarish asboblari

Ma'lumotni saqlash qurilmalaridan ona kartaga o'tkazish uchun

Ona karta(asosiy karta)

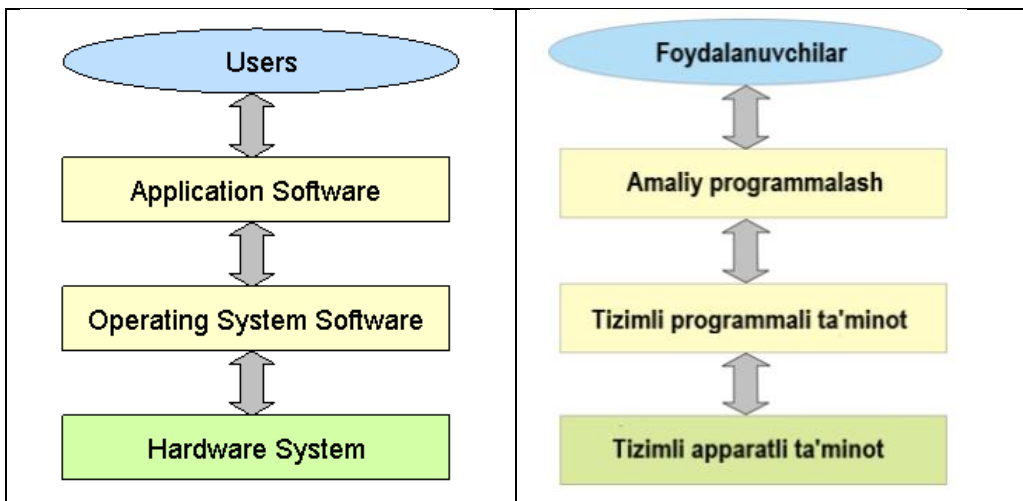
4.3-rasm. Tizim bloki ichidagi komponentlar.

Apparat tarkibiy qismlari kompyuter tizimiga fizik interfeysni ta'minlaydi. Ammo, ular buyruqlarsiz ishlay olmaydi. Ushbu

buyruqlar -programmali ta'minot.

Programmali ta'minot – tizim programmolari va amaliy programmalar

Programmali ta'minotning ikki xil turi mavjud – tizim programmolari yoki operatsion tizim (1) va amaliy programmalar (2). Quyidagi diagrammada foydalanuvchilar, amaliy programmalar, tizim programmolari va apparat tizimlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir darajasi ko'rsatilgan.



4.4-rasm. Apparatli ta'minot tizimi, tizimli programmali ta'minot, amaliy programmali ta'minot va foydalanuvchilar o'rtasidagi o'zaro munosabatlar(ta'sirlashish).

Tizimli programmali ta'minot amaliy programmali ta'minot va apparatli komponentlar orasida interfeys vazifasini bajaradi. Va amaliy programmali ta'minot kompyuter tizimidan foydalanuvchilar bilan o'zaro aloqada bo'ladi.

Tizimli programmali ta'minot ta'minoti tizim komponentlari uchun buyruqlar beradi. Microsoft Windows operatsion tizimi va Macintosh operatsion tizimini misol qilib operatsion tizimlarni keltirish mumkin. Kiritish jarayoni davom etayotganda, operatsion tizim programmasi ushbu operatsiyani bajarish uchun qo'shimcha qurilmani tayinlash orqali kirish ishlashi uchun buyruqlarni beradi. Keyin natijani tegishli chiqish moslamasiga yuborish buyruqlarini beradi. Masalan, foydalanuvchi klaviaturadan foydalanganda, Microsoft Windows operatsion tizimi klaviatura orqali yuborilgan ma'lumotni qabul qiladi va yozilgan harflarni monitorda ko'rsatadi.

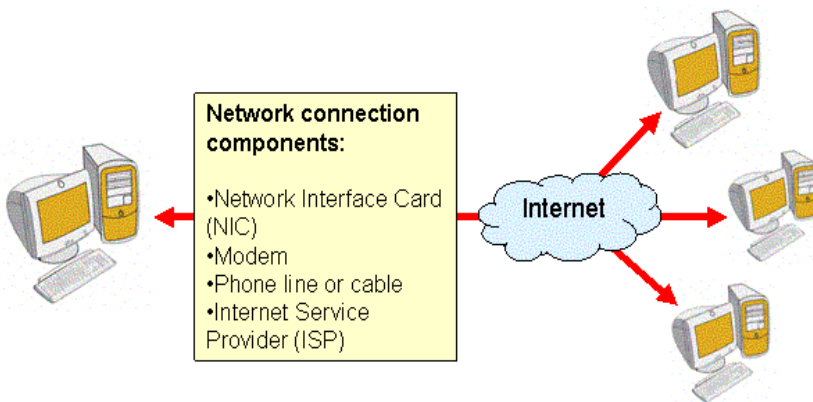
Amaliy programmali ta'minoti foydalanuvchiga prezentatsiyalar yaratish, hujjatlarni tartibga solish va rasmlarni tahrirlash kabi aniq vazifalarni bajarishga imkon beradigan buyruqlarni beradi. Microsoft Word va Notepad dasturlari orqali Amaliy programmali ta'minotni yaxshilash misolida ko'rish mumkin. Amaliy programmali ta'minot buyruqlari operatsion tizim tomonidan qayta ishlanadi. Masalan, Microsoft Worddan foydalanib faylni ochganingizda, programma birinchi navbatda qaysi faylni ochishni xohlayotganingizni aniqlash uchun foydalanuvchi interfeysini taqdim etadi (masalan, menyu paneli bu interfeys bo'lishi mumkin). *Faylni tanlaganingizdan so'ng, programma operatsion tizimga ma'lum bir fayl kerakligi haqida xabar beradi. Operatsion tizim faylni kompyuterning qattiq diskidan talab qiladi. Siz "Boshlash"(Start) tugmachasini bosib va programmalarni tanlash orqali dasturiy ta'minotni kompyuteringizda ko'rishingiz mumkin. Agar siz ushbu sahifani interaktiv ravishda o'qiyotgan bo'lsangiz, ehtimol siz brauzerlardan birini – Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet*

Explorer, Opera yoki boshqa narsalarni, yoki Microsoft Word yoki OpenOffice Write-ni ishlatmoqdasiz.

Tarmoqli tizim

Butun dunyo bo‘ylab kompyuter tarmoqlari tizimi – Internet, tarmoqlar tarmog‘i. Tarmoqdagi kompyuterlar Internet orqali boshqa kompyuterlarga kirishlari mumkin. Internet ma’lumotlarning bir kompyuterdan boshqasiga o‘tishiga imkon beradi.

Tarmoq tizimi ma’lumotlarning bir kompyuterdan boshqasiga o‘tishini va tarmoq tizimining tarkibiy qismlarining birgalikdagi ishlashini boshqaradi. Quyidagi diagrammada tarmoq tarkibiy qismlarining Internet orqali boshqa kompyuterlar bilan aloqada bo‘lishi kerakligi ko‘rsatilgan.



Tarmoqqa ulanish uchun komponentlar:

- = Tarmoq interfeysi kartasi (NIC)
- = Modem
- = Telefon liniyasi yoki kabel
- = Internet xizmati provayderi (Internet Service Provider – ISP)

4.5-rasm. Tarmoqli ulanishining tarkibiy qismlari.

Tarmoq interfeysi kartasi (NIC) ma'lumotlarni kompyuterdan tarmoq orqali yuboradi va boshqa kompyuterlar tomonidan yuborilgan kirish ma'lumotlarini to'playdi. **Modem** – bu kompyuterdan telefon liniyalari yoki televizor liniyalari orqali uzatiladigan, Internetdagi boshqa kompyuterlarga ma'lumot uzatadigan qurilma. Ushbu tarmoq uskunalari tarkibiy qismlaridan tashqari, kompyuterga Internetga ulanishni ta'minlash uchun America Online kabi Internet-provayderga ham ehtiyoj seziladi. Veb-brauzerlar yoki Internet-brauzerlar (masalan, Internet Explorer va Mozilla Firefox) va 56electron pochta (masalan, Outlook yoki Gmail kabi) kabi programmali ta'minot tarmoq tizimidan foydalanishni yaxshilaydi.

Xulosa

Mazkur bobda qisman biz keng tarqalgan 56electron hisoblash mashinalarining umumiy xususiyatlarini tasvirlab berdik. Kompyuter tizimlari, ma'lumot yig'ish komponentlari, ma'lumot yig'ish tizimining konfiguratsiyasi, ma'lumot yig'ish tizimlari uchun dasturiy ta'minot bo'yicha ta'rif va tavsiyalar berildi.

Muammolar

4.1 – masala

8 bitli 01011100 ikkilik sonini o'nli songa aylantiring.

Yechilishi:

Chapdan o'ngga harakatlanayotganda bitlar $2^7, 2^6, 2^5, 2^4, 2^3, 2^2, 2^1$, va 2^0 ni anglatadi. Shuning uchun, o'nlik ekvivalentini olish uchun biz har bir bitning hissasini qo'shishimiz kerak.

$$\begin{aligned} N_{10} &= 0(2^7) + 1(2^6) + 0(2^5) + 1(2^4) + 1(2^3) + 1(2^2) + 0(2^1) + 0(2^0) \\ &= 0 + 64 + 0 + 16 + 8 + 4 + 0 + 0 \\ &= 92 \end{aligned}$$

4.2 – masala

O‘nli 92 soni bilan bir xil qiymatga ega bo‘lgan 8 bitli ikkilik sonni toping.

Yechilishi:

Ushbu muammoni 2 ga bo‘linishlar ketma-ketligi bilan hal qilish mumkin:

4.1-jadval

O ‘nlik 92 sonini ikkilik sanoq soniga o‘tkazish jadvali

	Qoldiq
$\frac{2}{92}$	
$\frac{2}{46}$	0
$\frac{2}{23}$	0
$\frac{2}{11}$	1
$\frac{2}{5}$	1
$\frac{2}{2}$	1
$\frac{2}{1}$	0
0	1

Javob qoldiqlarda ifodalanadi. Yuqori raqam eng kichik bit, pastki raqam esa eng katta bit. Shunday qilib, javob 1011100. Ammo bizdan 8 bitli raqamni kiritish talab qilinadi, shuning uchun eng katta bit 0 ga, javob esa quyidagiga teng bo‘ladi $N_2=01011100$.

4.1 va 4.2-misollarda musbat o‘nlik butun sonlarni ko‘rsatish uchun ikkilik raqamlardan foydalaniladi. Shu bilan birga, manfiy sonlarni va suzuvchi nuqta raqamlarini ko‘rsatish kerak (masalan, 3.56×10^3). Ushbu raqamlarni ko‘rsatish uchun maxsus texnikalar qo‘llaniladi.

Manfiy sonlar odatda kompyuterlar tomonidan 2-ning to‘ldiruvchisi deb nomlanadigan texnikani qo‘llagan holda namoyish etiladi. Yuqorida ta’kidlab o‘tilganidek, 0 dan 15 gacha bo‘lgan o‘nlik butun sonlarni ko‘rsatish uchun 4 bitdan foydalanish mumkin. Aynan shu 4 bitdan muqobil(alternative) sifatida -8 dan + 7 gacha bo‘lgan sonlarni ko‘rsatish uchun foydalanish mumkin. 7 ... 0 dan 7 gacha bo‘lgan musbat sonlar 0000 dan 0111 oralig‘idagi uchta eng kichik bit bilan ifodalanadi. -8 dan -1 gacha

bo'lgan manfiy sonlar mos ravishda 1000 dan 1111 gacha bo'lgan ikkilik raqamlar bilan ifodalanadi. Musbat sonlar uchun eng katta bit har doim 0 ga teng, manfiy sonlar uchun u doim 1 ga teng bo'ladi. Manfiy o'nlik butun sonlarni ikkilikning qo'shimcha ikkilik kodiga o'tkazish uchun siz quyidagi protsedurani bajarishingiz mumkin:

1. Butun sonni ikkilikka, xuddi musbat bo'lgani kabi aylantiring.
2. Barcha bitlarni teskari yo'naltiring - 0 ni 1 ga va 1 ni 0 ga o'zgartiring.
3. Yakuniy natijaga 1 kichik razryadli bitni qo'shing.

Ushbu jarayon 4.3-misolda keltirilgan. 2-ning komplekti manfiy sonlarni aks ettirishning noqulay usuli bo'lib tuyulishi mumkin bo'lsa-da, kompyuterlar bu raqamli tasvir yordamida arifmetik amallarni juda samarali bajarishi mumkin.

Suzib yuruvchi nuqta raqamlari raqamning ikkita qismini, mantissa va ko'rsatkichni alohida kuzatib borish orqali amalga oshiriladi. Alohida arifmetik amallar qo'lda hisob-kitoblarga o'xshash ikki qism bo'yicha amalga oshiriladi.

4.3 - masala

92 o'nlik butun sonni 2-gacha to'ldirib 8-bitli ikkilik songa aylantiring.

Yechilishi: 4.2-misolda biz +92 ni ikkilik songa o'tkazib quyidagini olgan edik

01011100

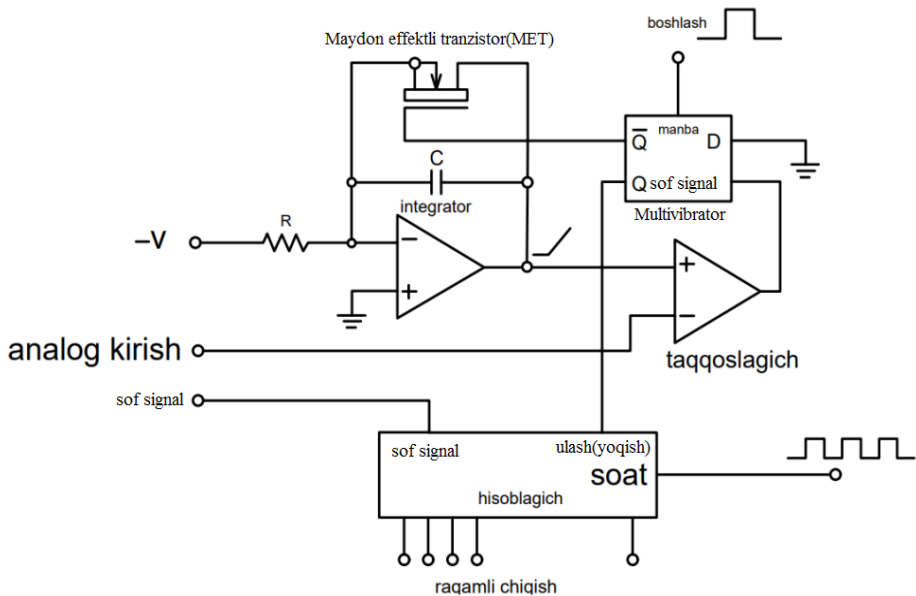
Keyin quyidagi sonni olish uchun barcha bitlarni teskariga aylantiramiz

10100011, 10100100.

va keyin yakuniy natijani olish uchun 1 ni qo'shib quyidagi songa ega bo'lamiz 10100100.

Ma'lumotlarni yig'ishning kompyuterlashtirilgan tizimlarining aksariyat dasturlarida foydalanuvchi aslida ikkilik raqamlardan foydalanishga hojat yo'q. Buning sababi shundaki, foydalanuvchi va kompyuter o'rtasidagi interfeys odatda avtomatik ravishda sonlar ikkilikdan o'nlikka yoki o'nlikdan ikkilikka aylanadi. Foydalanuvchi kompyuterda saqlangan raqamni bosib chiqarishni so'raganda, kompyuter o'zidagi ikkilik

raqamni bosib chiqarishdan oldin xuddi shunday o‘nli songa aylantiradi.



4.6 – rasm. Bir karrali integrallovchi analog-raqamli o‘zgartirgichning sxemasi (Turner asosida, 1988)

Masala 4.4

4-bitli bir karra integrallovchi analog - raqamli o‘zgartirgich 0 dan 10 V gacha bo‘lgan kirish oralig‘iga ega. 6.115 analog kirish uchun raqamli chiqishni hisoblang.

Yechilishi: Har bir soat siklidagi kuchlanishning ortib borishi

$$V_{ref} = \frac{10-0}{2^4} = 0.625$$

4.2-jadval

Integratorining kuchlanishini topish va uni kirish kuchlanishi bilan taqqoslash jadvali

Biz har bir soat takti oxirida integratorining kuchlanishini topishimiz va uni kirish kuchlanishi bilan taqqoslashimiz kerak:	
$0.625 \times 1 = 0.625$	$0.625 \times 6 = 3.750$
$0.625 \times 2 = 1.250$	$0.625 \times 7 = 4.375$
$0.625 \times 3 = 1.875$	$0.625 \times 8 = 5.000$
$0.625 \times 4 = 2.500$	$0.625 \times 9 = 5.625$
$0.625 \times 5 = 3.125$	$0.625 \times 10 = 6.250 > 6.115$
	hisoblagichni to'xtatish

Soat 10 ga qadar hisoblanganda, kuchlanishning qiyaligi kirish kuchlanishidan oshib ketadi va o'zgartirish tugaydi. O'zgartirgich 10 sonini chiqaradi, ya'ni ikkilikda 1010 bo'ladi.

Quyida analog-raqamli o'zgartirgichning raqamli chiqishini baholash formulalari keltirilgan.

Quyidagi 4.3-jadvalda o'zgaruvchilarning ta'riflari keltirilgan.

4.3-jadval

O'zgaruvchilarning ta'riflari

V_i	analogli kirish kuchlanishi
V_{ru}	kirishning yuqori qiymati
V_{rl}	kirish oralig'ining yuqori chegarasi
N	bitlar soni
D_0	raqamli chiqish

Analog kirish kuchlanishida 2 ning qo'shimcha Analog Raqamli o'zgartirgichining chiqishini topish uchun foydalaning

$$D_0 = \text{int} \left\{ \frac{V_i - V_{rl}}{V_{ru} - V_{rl}} 2^N \right\} - \frac{2^N}{2} \quad (\text{A})$$

"int" hisob-kitobni butun songacha yaxlitlash kerakligini bildiradi. Ruxsat etilgan maksimal musbat chiqish ($2^N/2-1$) va maksimal manfiy chiqish ($-2^N/2$). Agar hisoblangan chiqish ushbu chegaralardan tashqarida bo'lsa, o'zgartirgich to'yingan bo'ladi va haqiqiy chiqish eng yaqin chegarada bo'ladi.

Ikkilik siljish o'zgartirgichi yoki oddiy ikkilik o'zgartirgichning chiqishi uchun quyidagicha bo'ladi

$$D_0 = \text{int} \left\{ \frac{V_i - V_{rl}}{V_{ru} - V_{rl}} 2^N \right\} \quad (\text{B})$$

va chiqish pastki chegarada 0 dan yuqori chegarada $2^N - 1$ gacha o'zgaradi (bo'ladi).

Raqamli chiqish orqali analog kirishni topish uchun quyidagi ikkita to'ldiruvchiga ega o'zgartirgich formulasidan foydalanishimiz mumkin:

$$V_i = \left(D_0 + \frac{2^N}{2} \right) \left(\frac{V_{ru} - V_{rl}}{2^N} \right) + V_{rl} \quad (\text{C})$$

Ikkilik yoki ikkilik ofset (siljish) uchun formula quyidagicha bo'ladi:

$$V_i = D_0 \left(\frac{V_{ru} - V_{rl}}{2^N} \right) + V_{rl} \quad (\text{D})$$

Masala 4.5

Raqamli chiqishni hisoblash uchun 4.4-misol masalasi uchun 4.7-rasmda (B) tenglamadan foydalaning.

Yechilishi: Bu oddiy ikkilik qurilma bo'lgani uchun, (B) tenglamani qo'llash mumkin:

$$D_0 = \text{int} \left(\frac{6.115 - 0}{10 - 0} \times 2^4 \right) = \text{int}(9.78) = 10$$

Chiqishdagi 10-natija 4.4-misol bilan bir xil.

Masala 4.6

2-komplektli chiqishi bilan 12-bitli analog-raqamli o'zgartirgichining kirish diapazoni -10 dan +10 V gacha, kirish -11, -5, 0, 6.115 va 12 V bo'lganida chiqish kodlarini aniqlang.

Yechilishi:

Yuqorida keltirilgan (A) tenglamaga almashtirish natijalari quyidagicha:

4.4-jadval

Hisoblash natijalari jadvali

Kirish	Hisoblangan chiqish	Haqiqiy chiqish
-11	-2253(diapazondan pastda)	-2048
-5	-1024	-1024
0	0	0
6.115	1252	1252
12	2458(diapazondan yuqorida)	2047

-11 qiymati kirish oralig'idan pastroqdir, shuning uchun chiqish shunchaki mumkin bo'lgan eng past chiqish holatidir, ya'ni -2048. 12 qiymati kirish oralig'idan yuqori, shuning uchun chiqish eng katta chiqish holatidir, bu 12 bitli o'zgartirgich uchun 2047 ga teng. Eksperimentator poyondan tashqaridagi har qanday natijadan shubhalanishi kerak. Masalan, -13 V analog kirish jadvaldagi -11V kirish bilan bir xil natijani beradi.

Analog-raqamli o'zgartirgichining chiqishi diskret ravishda o'zgarganligi sababli (bitta LSB - least significant bit, ya'ni eng kichik muhim bit, va MSB esa - most significant bit, eng katta muhim bit ekanligini anglatadi), kvantlash xatoligi deb nomlanuvchi rezolyutsiya xatoligi (noaniqlik) paydo bo'ladi, bu (tasodifiy) xatolik sifatida ko'rib chiqiladi. Ushbu kvantlash xatoligi $\pm 0,5$ LSB ni tashkil qiladi. Kirish birliklarida bu degani

$$\text{kirishning yozuvidagi(qaroridagi) xatolik} = \pm 0.05 \left[\frac{V_{ru} - V_{rl}}{2^N} \right] \text{votlarda (4.11)}$$

Shunday qilib, ushbu rezolyutsiyadagi kattaroq hajmdagi o'zgarishlar raqamli chiqishdagi o'zgarishlar sifatida ko'rinmasligi mumkin. 8-bitli o'zgartirgich uchun xatolik kirish diapazonining $\pm 0,2\%$ ni, 12-bitli o'zgartirgich uchun esa $\pm 0,01\%$ ni tashkil qiladi. Qabul qilinadigan aniqlikni olish uchun foydalanuvchi mos aniqlikdagi o'zgartirgichni tanlashi kerak. 4.7-misolda tenglamadan foydalanish ko'rsatilgan. (4.1).

Masala 4.7

12-bitli Analog-raqamli o'zgartirgichining kirish diapazoni -10 dan +10 V gacha. Analog kirish uchun o'zgartirgichining ko'rish(farqlash) xatoligini toping.

Yechilishi: (4.1) tenglama yordamida bizga quyidagini beradi

$$\text{kirishning yozuvidagi(qaroridagi) xatolik} = \pm 0.05 \left[\frac{10 - (-10)}{2^{12}} \right] = \pm 0.00244$$

Ruxsatning xatoligi $\pm 0,00244$ V ga erishishi mumkin.

Sharh:

Agar kirish zo'riqishida 0,1 V bo'lsa (bu kirish diapazonining pastki qismida joylashgan bo'lsa), unda kvantlash xatoligi o'qishning $\pm 2,5\%$ ni tashkil etadi, bu ehtimol qabul qilinishi mumkin emas. Ushbu muammoning yechimi signalni o'zgartirgichga kirishidan oldin kirish signalini kuchaytirish (ba'zi bir aniq belgilangan(yaxlitlangan) ko'rsatkich bilan, masalan, 10).

Agar kirish signali tez o'zgarib qolsa, analog-raqamli o'zgartirgichlari o'zgartirgich diafragmasi tufayli yana bir xatolikga olib keladi, bu kirish signalini o'zgartirish(aylantirish) uchun zarur bo'lgan vaqt. Diafragma har doim noldan katta bo'lganligi sababli, o'zgartirish jarayonida kirish kuchlanishi odatda o'zgaradi. O'zgartirish boshidagi kirish qiymati diafragma vaqtiga va kirish signali o'zgarishi tezligiga qarab, faqat ba'zi xatolar bilan aniqlanishi mumkin. Ma'lumotlarni kompyuterlashtirish tizimidagi bu muammoni minimallashtirish uchun multipleksor va analog-raqamli o'zgartirgichi orasiga namuna va ushlab turish moslamasi deb nomlangan qo'shimcha komponent qo'yilgan (4.1-rasm). Ushbu qurilma kirish qiymatini juda tez o'qiydi va keyinchalik o'zgartirish vaqtida analog-raqamli o'zgartirgichiga kirish uchun doimiy qiymatni ushlab turadi.

Masalan, konversion o'zgartirgich uchun o'zgartirish vaqtlari odatda 10 dan 25 μ s gacha (4.3.3-bo'limga qarang). Ammo etarli xotira bilan jihoz $>1,5 \mu$ s yoki undan kam tezlikda ma'lumotlarni o'qiy oladi.

4.3.3 amaliy Analog-raqamli o'zgartirgichlari

Kompyuterlashtirilgan ma'lumotlarni yig'ish tizimlarida ishlatiladigan analog-raqamli o'zgartirgichlariing eng keng tarqalgan turi, ketma-ket yaqinlashuv o'zgartirgichi, ikkiga bo'lish usulini qo'llaydi. Ushbu qurilma analog kirish kuchlanishi bilan taqqoslanadigan bir qator ma'lum analog kuchlanishlarni yaratadi. Birinchi sinovda kirish oralig'ining yarmini tashkil etadigan kuchlanish oralig'i kirish kuchlanishi bilan taqqoslanadi. Ushbu taqqoslash kirish kuchlanishining kirish diapazonining yuqori yoki pastki yarmida bo'lishini aniqlaydi. Agar kirish kuchlanishi diapazonning yuqori yarmida bo'lsa, eng muhim bit 1 ga o'rnatiladi; aks holda, u nolga teng. Ushbu jarayon ikkinchi eng muhim bitni aniqlash uchun birinchi sinovda ishlatiladigan intervalning kengligining yarmida takrorlanadi va eng kam ahamiyatli bit aniqlanmaguncha. Ushbu jarayon 4.8-rasmda grafik tarzda ko'rsatilgan va 4.8-misolda raqamli simulyatsiya ko'rsatilgan. 8-bitli o'zgartirgich uchun atigi sakkizta taqqoslash kerak va odatda A'-bil o'zgartirgich uchun faqat N taqqoslash kerak. Binobarin, qurilma katta N qiymatiga ega o'zgartirgichlar uchun ham juda tez ishlaydi (masalan, 16 yoki 18). Oddiy 12-bit ketma-ket yaqinlashuv o'zgartirgichi o'zgartirishni 10-25 μ soniyada bajarishi mumkin. Ketma-ket yaqinlashadigan o'zgartirgichning blok diagrammasi 4.9-rasmda keltirilgan. (Kirish signali bilan taqqoslash uchun analog signalni yaratadigan Analog-raqamli o'zgartirgich komponenti keyingi bobda tasvirlangan.)

Masala 4.8

8-bitli analog - raqamli o'zgartirgichning kirish diapazoni 0 dan 5 V gacha. Kirishga 3,15 V analogli kuchlanish beriladi. Analogli chiqishni toping.

Yechilishi: Birinchidan, mos tayanch kuchlanishining o'sishi yaratiladi:

$$\Delta V = \frac{\text{kirishoralig'i}}{2^N} = \frac{5}{2^8} = 0,01953$$

4.5-jadval

Jarayonlar natijalari jadvali

Sinov raqamli chiqishi(D_o)	D_oxΔV	O‘tish/To‘xtash	Haqiqiy raqamli chiqish
10000000(128)	2.5	O‘tish	10000000(128)
11000000(192)	3.75	To‘xtash	10000000(128)
10100000(160)	3.125	O‘tish	10100000(160)
10110000(176)	3.438	To‘xtash	10100000(160)
10101000(168)	3.281	To‘xtash	10100000(160)
10100100(164)	3.203	To‘xtash	10100000(160)
10100010(162)	3.164	To‘xtash	10100000(160)
10100001(161)	3.144	O‘tish	10100001(161)

Qavs ichidagi raqamlar ikkilik raqamlarning o‘nlik ekvivalenti. Jarayon oxirida 10100001 chiqadi, bu 161 o‘nlik songa teng.

5 -bob Diskret namuna olish

5.1 Namuna olish tezligi teoremasi

5.2 Vaqti o'zgaruvchan signallarni spektral tahlil etish

5.3 Furiye o'zgartirishi yordamida spektral tahlil

5.4 Namuna olish tezligini tanlash va filtrlash

Muammolar

5.1 Namuna olish tezligi teoremasi

Ma'lumki, 1999 yilda Eduard Reyn Xalqaro Ilmiy Jamg'armasi (Germaniya) Kotelnikovning birinchi matematik jihatdan aniq va hisoblash texnologiyalari jihatidan tasdiqlangan formulasi uchun "fundamental tadqiqotlar uchun" nominatsiyasida mukofot bilan mukofotlashning ustuvorligini tan oldi. Biroq, tarixiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sanoqlar teoremasi ham analog o'qishni diskret o'qishlardan tiklash imkoniyatini tasdiqlash nuqtai nazaridan, ham rekonstruktsiya qilish (qayta tiklash) usuli nuqtai nazaridan ilgari ko'plab olimlar tomonidan matematik jihatdan ko'rib chiqilgan. Xususan, birinchi qism 1897 yilda Borel tomonidan tuzilgan.

Uittaker, Shennon va Naykvist kabi olimlar ham Kotelnikov teoremalari bo 'yicha tadqiqotlar olib borishgan va matematik ishlanmalarini ko'plab ilmiy nashrlar va jurnallarda chop etishgan.

Kotelnikov teoremasi (ingliz adabiyotida - Nyquist - Shannon teoremasi, namuna olish teoremasi deb ham ko'rsatiladi) uzluksiz va diskret signallarni birlashtirgan raqamli signallarni qayta ishlash sohasidagi asosiy bayonotdir.

2018 yilda radiotexnika sohasidagi taniqli rossiy olimi Vladimir Aleksandrovich Kotelnikov (1908-2005) tavalludining 110 yilligi nishonlandi va shu bilan birga uning raqamli aloqa va signallarni qayta ishlash nazariyasida asosiylaridan biri deb atash mumkin bo'lgan formulali va tasdiqlangan signal namunalari teoremasining 85 yilligi nishonlandi.



Kotelnikov: 10
yoshda



24 yoshda (bu
vaqtda u o'zining
mashhur teore-
masini yozgan edi)



keksalik davrida

5.1-rasm. Kotelnikov hayotidan fotoko'rinishlar

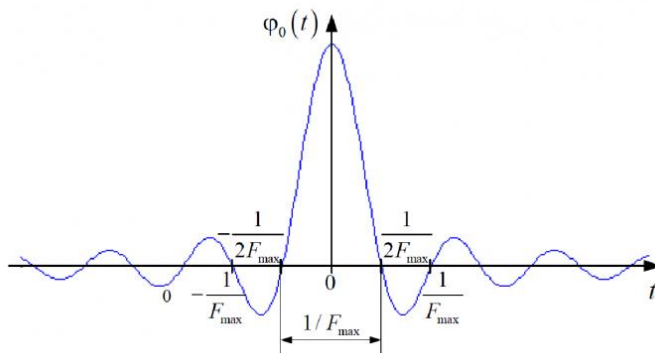
Teorema 1. Bir soniyada 0 dan f_B davrgacha bo'lgan chastotalardan iborat har qanday $s(t)$ funktsiyasi

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s(kT) \frac{\sin 2\pi f_B(t-kT)}{2\pi f_B(t-kT)} \quad (5.1)$$

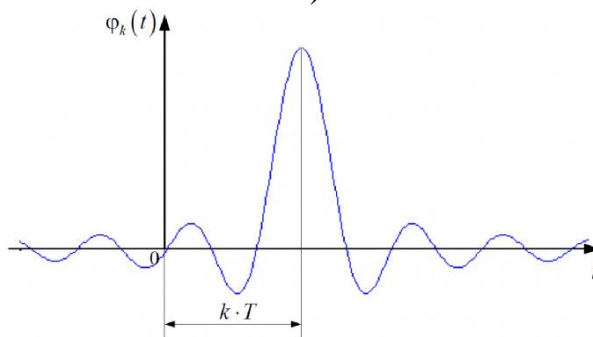
ketma-ketlik bilan ifodalanishi mumkin. Bu yerda k - butun sonlar; $s(kT)$ - funktsiyaning diskret qiymatlari, f_B - spektrning yuqori chastotasi.

Ushbu ifoda odatda Kotelnikov qatori deb nomlanadi (lekin Whittaker-Kotelnikovni yonma-yon qo'shib gapirish yaxshiroq). $s(kT)$ namunalari olinadigan T vaqt oraliqlari Nyquist intervallari deb ataladi. Signal spektrining yuqori chastotasi turli yo'llar bilan belgilanadi: f_b, f_{max} va boshqalar.

Kotelnikov qatorining hadlari $x(kt)$ signalining diskret qiymatiga ko'paytirilib, T qiymati bilan (5.2 b-rasm) vaqt bo'yicha bir-biriga nisbatan o'zgargan sanoq funktsiyalarini (5.2 a-rasm) ifodalaydi. Qatorning cheklangan sonli hadlarini yig'ish analog signalga yaqinlashadigan signalni olishga imkon beradi (5.3-rasm).

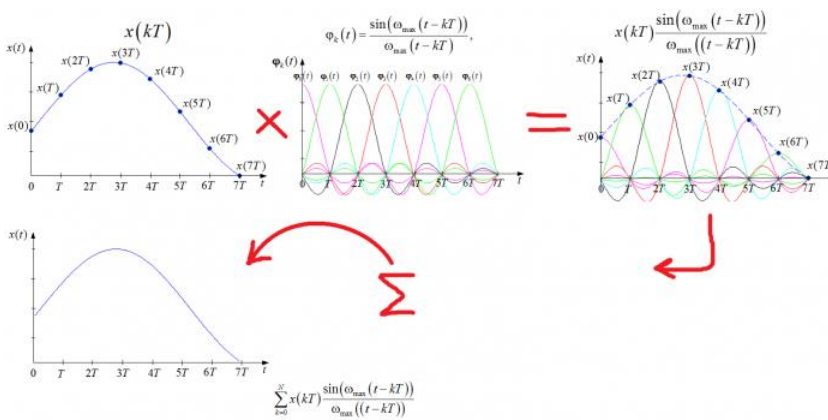


a)



b)

5.2-rasm. Kotelnikov qatorining hadlari ko‘rinishiga misollar.



5.3-rasm. Qatorning cheklangan sonli hadlarini yig‘ish analog signalga yaqinlashadigan signalni olish imkonini berishning tasvirlari

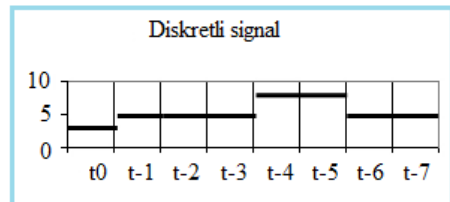
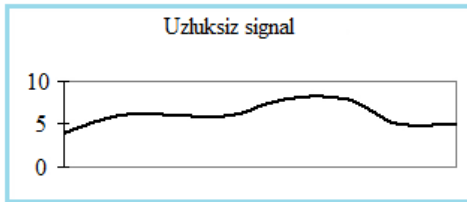
Teorema 2. (Sanoqlar teoremasi). Bir soniyada 0 dan f_B davrgacha bo'lgan chastotalardan tashkil topgan har qanday aniqlik bilan funktsiya (signal) $s(t)$ $T = 1 / 2f_B$ soniya vaqt oralig'ida bir-birini ta'qib qilgan raqamlar yordamida uzluksiz uzatilishi mumkin.

<https://nag.ru/upload/images/20181218-0028-w700.jpg>

Tabiatdagi analog va diskret jarayonlar

Tabiatdagi jarayonlarning katta qismi uzluksiz davom etadi (tashqi havo harorati, bosim, namlik, shamol tezligining o'zgarishi, o'tkazgichdagi elektr tokining o'zgarishi, quyosh nuri va boshqalar). Nima uchun bu jarayonlarning barchasi uzluksiz? Bizningcha, vaqt uzluksiz oqadi, demak, vaqtning har bir daqiqasida havo harorati yoki o'tkazgichdagi tok qiymati yoki quyosh nuri intensivligining qiymati bo'lishi kerak. Uzluksiz jarayonlar, funktsiyalar yoki signallar analog deb ataladi (analog so'zidan - o'xshash narsa, biror narsaga o'xshash narsa, ya'ni model sifatidagi funktsiya qandaydir fizik jarayonga o'xshashdir). Tabiatda ko'plab uzluksiz jarayonlar kuzatilishi mumkin, masalan, manbadagi suvning uzluksiz oqimi. Suv oqimi oqib tushganda, oqimning uzluksizligini saqlab qolganligi sababli oqim bir vaqtning o'zida uzayib va torayib boradi.

Analogli signal, hatto cheklangan vaqt oralig'ida ham, cheksiz miqdordagi qiymatlar to'plamini nazarda tutadi. Biroq, yozib olish moslamalari, qoida tariqasida, cheklangan miqdordagi qiymatlarni o'rnatadi, shuning uchun biz diskret signallarni olamiz (diskretli lotincha discretus so'zidan ajratilgan alohida qismlardan tashkil topgan degan ma'noni anglatadi).



5.4-rasm. Uzluksiz va diskretli signallarning tasvirlari

Diskretli jarayonlar tabiatan analog holatlar kabi ko‘p. Diskretli jarayonlar ma‘lum qiymatlar orasida qandaydir oraliq holatda bo‘lishi mumkin emas. Keling, hayotiy misollarni keltiraylik:

- Kvant fizikasidan Borning 1-posulati: atomdagi elektron faqat ma‘lum (diskret deyish mumkin) orbitalar bo‘ylab harakatlanishi mumkin, bunda u energiya chiqarmaydi va yutmaydi. Atomdagi elektronlar ma‘lum statsionar (ya‘ni diskret) orbitalarda bo‘lib, energiyaning E_1 , E_2 , E_3 sathlariga aniq diskret qiymatlariga va boshqalarga ega.
- Agar siz pianino chalayotgan bo‘lsangiz, o‘z vaqtida yangraydigan musiqa bir diskret notadan ikkinchisiga o‘tishni anglatadi, ya‘ni notalar alohida tanlangan diskret tovushlardir.
- Biz zinapoyaga chiqqanimizda, balandliklar o‘qi bo‘shlig‘idagi oyoq faqat ma‘lum bir diskret koordinatada (qadamda) bo‘ladi.

5.2 Vaqti o‘zgaruvchan signallarni spektral tahlil etish

5.3 Furiye o‘zgartirishi yordamida spektral tahlil

5.4 Namuna olish tezligini tanlash va filtrlash

Furiye o‘zgartirishlari

Furiye o‘zgartirish - bu funktsiyani chastota tarkibiy qismlariga aylantiradigan o‘zgartirish. Furiye o‘zgartirishi asl funktsiyani sinusoidal (yoki xayoliy eksponentlar) funktsiyalari

bo‘lgan asosiy funktsiyalarga kengaytiradigan integral o‘zgarishdir, ya’ni turli xil chastotalar, amplitudlar va fazalarning sinusoidlari (xayoliy eksponententsiyalar) ning asl funktsiyasini aks ettiradi. O‘zgarish qayta tiklanadi, teskari o‘zgartirish oldinga o‘tish bilan bir xil shaklga ega. O‘zgartirish Jan Furiye nomini oldi.

Furiye o‘zgartirishi(FO‘) juda sodda, ammo juda samarali g‘oyaga asoslanadi - deyarli har qanday davriy funktsiyani individual garmonik tarkibiy qismlar yig‘indisi (turli xil amplituda A li sinusoidlar va kosinusoidlari, T davrlari va shunga mos ω chastotalar) ifodalashi mumkin. Furiyening o‘zgarishini matematik ma’nosi $y(x)$ signalini $F(\omega) \cdot \sin(\omega x)$ shaklidagi sinusoidlarning cheksiz yig‘indisi sifatida ifodalashdir. $F(\omega)$ funktsiyasi Furiye o‘zgartirishi yoki Furiye integral yoki Furiye - signal spektri deb nomlanadi. Teskari Furiye o‘zgartirishi $F(\omega)$ spektrini $y(x)$ signaliga o‘zgartiradi. Ta’rif bo‘yicha.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} y(x) \cdot \exp(-i\omega x) dx \quad (5.2)$$

Ko‘rinib turibdiki, Furiye o‘zgartirishi, bu signal haqiqiy bo‘lsa ham, kompleks kattalikdir. Tebranishli siljishning sodda turlaridan biri bu sinusoida bo‘lib, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$y = F(t) = A \cdot \cos\omega t + B \cdot \sin\omega t = a \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad (5.3)$$

bu yerda a - tebranish amplitudasi, φ - faza. Ushbu kattaliklardan foydalanib, A va B koeffitsientlarini aniqlash mumkin. Bunday sinusoidal tebranish ω chastotasiga nisbatan monoxromatikdir. U chastota funktsiyasida a amplituda va φ faza uchun yagona qiymatga ega. Agar biz bu funktsiyani grafik ravishda tasvirlasak, absissa o‘qiga chastota va amplituda (yoki fazaga) ordinata o‘qi bo‘yicha chizamiz, unda tebranishlarning tabiiy chastotasi ω_0 ga

to'g'ri keladigan bitta to'g'ri chiziqli kesmani olamiz . Bu $y=F(x)$ funktsiyaning eng oddiy amplituda (yoki fazali) spektri bo'ladi, bu holda bitta spektral liniyadan iborat. Furye o'zgartirishi to'g'ridan-to'g'ri Furye o'zgartirishi (Furye obrazi)

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot \exp(-i\omega x) dx \quad (5.4)$$

$$A(\omega) = |F(\omega)|, \quad tga(\omega) = arg F(\omega) \quad (5.5)$$

Teskari Furye o'zgartirishi:

$$f(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x) \cdot \exp(-i\omega x) d\omega \quad (5.6)$$

Ushbu kattaliklardan foydalanib, siz A va B koeffitsientlarini aniqlashingiz mumkin: $A=a \cdot \sin\varphi$; $B=a \cdot \cos\varphi$. Bunday sinusoidal tebranish ω chastotasiga nisbatan monoxromatikdir. U chastota funktsiyasi sifatida a va faza amplituda uchun yagona qiymatga ega. Agar biz bu funktsiyani grafik ravishda tasvirlasak, absissa o'qi bo'ylab chastota va amplitudani (yoki fazani) ordinata o'qi bo'ylab chizamiz, unda tebranishlarning tabiiy chastotasi ω_0 ga to'g'ri keladigan to'g'ri chiziqning bitta kesmasini olamiz. Bu $y=F(x)$ funktsiyaning eng oddiy amplituda (yoki fazali) spektri bo'ladi, bu holda bitta spektr chizig'idan iborat.

Furyening tez o'zgartirishi usuli

Furyening tez o'zgartirish usulida egri chiziq ko'p sonli teng taqsimlangan namunaviy qiymatlarga bo'linadi. Nuqtalar sonining bir xil kamayishi uchun egri chiziqni tahlil qilish uchun zarur bo'lgan ko'paytmalar soni ikki baravar kamayadi. Masalan, 16 namunaviy qiymatga ega egri chiziq uchun odatda 16 kvadrat yoki 256 ko'paytirish kerak. Faraz qiling, egri chiziq ikkala intervalga bo'lingan, har biri 8 ta nuqtadan iborat. Bunday holda, har bir intervalni tahlil qilish uchun zarur bo'lgan ko'paytmalar soni 8^2 yoki 64 ni tashkil qiladi. Ikkala interval uchun ham 128

yoki yarmi asl sonning yarmini beradi.

Temir halqaning issiqlik o'tkazuvchanligi vaqt o'tishi bilan (chapda) harorat taqsimotining o'zgarishini aniqlaydi. Haroratning taqsimlanishini har qanday vaqtda sinusoidal egri chiziqlar bilan tavsiflash mumkin bo'lganidek, vaqt o'tishi bilan taqsimlanishning o'zgarishini sinusoidalarning o'zlari o'zgarishi orqali ham tasvirlash mumkin. Bu yerda bir davr bilan tarqatish yoki birinchi garmonika (markazda) va ikki davr bilan taqsimlash yoki ikkinchi garmonika (o'ngda) ko'rsatilgan. Furye ikkinchi garmonika so'nishini birinchisidan 4 marta tezroq ekanligini va yuqori tartibli garmonikaning yanada yuqori tezlikda so'nishini aniqladi. Birinchi garmonika boshqalarga qaraganda ancha sekinroq o'zgarganligi sababli, haroratning umumiy taqsimlanishi birinchi garmonikaning sinusoidal shakliga o'tadi.

Muammolar

Masala 5.1

Quyidagi holatlar uchun eng past kvazichastotalarini hisoblang:

- (a) $f_m = 80$ Gts va $f_s = 100$ Gts.
- (b) $f_m = 100$ Gts va $f_s = 60$ Gts.
- (c) $f_m = 100$ Gts va $f_s = 250$ Gts.

Yechilishi:

(a) $f_N = 100/2 = 50$ Gts

$$f_m/f_N = 80/50 = 1.6$$

Yig'ish diagrammasidan f_m / f_N ni toping, AB chizig'i bilan kesishgan joyga vertikal chiziq torting va AB chizig'ida 0,4 ni o'qing. Keyin kvazichastotasini quyidagidan aniqlash mumkin

$$f_a = (f_m / f_N) \times 50 = 0.4 \times 50 = 20 \text{ Gts}$$

(b) $f_N = 60/2 = 30$

$$f_m/f_N = 100/30 = 3.333$$

Yig'indi diagrammada 3.333 ni toping va AB ga vertikal chiziq torting. Biz $f_a/f_N = 0.667$ ni topamiz. Keyin kvazichastotasi

$$f_a = 0.667 \times 30 = 20 \text{ Gts}$$

$$(c) f_N = 250/2 = 125 \text{ Gts}$$

$$f_m/f_N = 100/125 = 0.8$$

U AB chizig'iga uriladi, shuning uchun $f_a/f_N = 0.8$ va $f_a = 125$ Gts, bu namuna olish(diskretlanish) chastotasi bilan bir xil.

Quyidagi holatlar uchun eng past kvazichastotalarini hisoblang:

Sharh:

Qurilmaning (a) qismida to'g'ri diskretlash uchun signal chastotasi va minimal chastota o'rtasida bo'ladi. Eng past kvazichastotasi - bu diskretlash chastotasi va signal chastotasi o'rtasidagi farq.

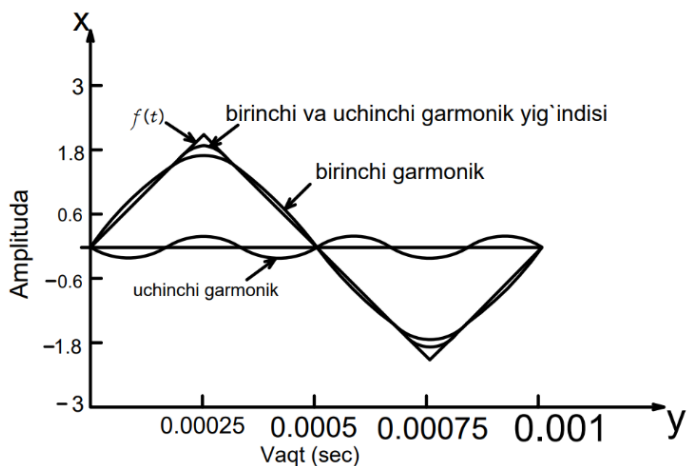
Qurilmaning (b) qismida diskretlash chastotasi darajasi signal chastotasidan pastroq. Yig'ish(Konvolyutsiya) diagrammasi eng past kvazichastotasini aniqlashning eng oddiy usuli hisoblanadi.

Qurilmaning (c) qismida diskretlash chastotasi teoremasi talabi bajarildi va kvazichastotasi aslida signal chastotasi bo'ladi.

Biz har doim to'g'ri chastota yoki soxta kvazi bo'lsin, yig'ish diagrammasi yordamida eng past chastotani topamiz. Chastotaning to'g'ri ekanligini bilish uchun namuna olish tezligi haqiqiy chastotadan kamida ikki baravar ko'p bo'lishiga ishonch hosil qilishimiz kerak, odatda namuna olish tezligining yarmidan kattaroq chastotani filtr yordami bilan olib tashlash uchun.

UZLUKSIZ SIGNALLARNING SPECTRAL TAHLILI

Signal toza sinus to'lqin bo'lsa, chastotani aniqlash oddiy jarayondir. Biroq, vaqt o'zgaruvchan umumiy signal oddiy sinus to'lqin shakliga ega emas; 5.2-rasmda odatiy misol ko'rsatilgan. Quyida muhokama qilinganidek, murakkab to'lqin shakllari turli chastotali sinus yoki kosinus to'lqinlari yig'indisidan qurilgan deb o'ylash mumkin. Ushbu komponentlarning chastotalarini aniqlash jarayoni *spektral tahlil* deb ataladi.



5.5-rasm. Arrasimon to'liq garmonikalari

Masala 5.2

E5.1-rasmda ko'rsatilgan davriy funktsiya uchun birinchi, ikkinchi va uchinchi garmonikalar tashkil etuvchilarining amplitudasini toping.

Yechilishi:

Ushbu to'liqning asosiy chastotasi 10 Gts, burchak chastotasi $\omega = 2\pi \cdot 10 = 62.83 \text{ rad/s}$. Ushbu funktsiyaning birinchi to'liq siklini quyidagi

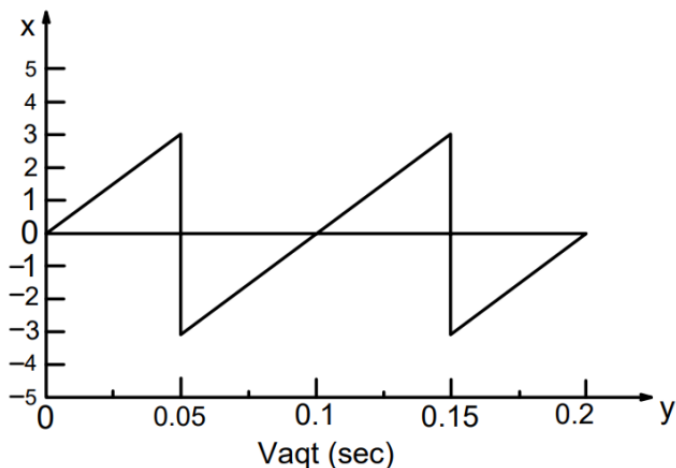
$$\begin{aligned} f(t) &= 60t & 0 \leq t < 0.05 \\ f(t) &= 60t - 6 & 0.05 \leq t < 0.10 \end{aligned}$$

tenglama shaklida ifodalash mumkin

Funktsiyaning o'rtacha qiymati bitta sikl davomida nolga teng bo'lgani uchun, a_0 koeffitsienti nolga teng bo'ladi. Bunga qo'shimcha ravishda, tadqiq qilish orqali biz bu toq funktsiya va kosinusning xadlari nolga teng bo'ladi degan xulosaga kelishimiz mumkin va faqat sinusning xadlari talab qilinadi.

(5.5) tenglamadan foydalanib birinchi garmonikaning koeffitsientini quyidagicha hisoblash mumkin

$$b_1 = \frac{2}{0,1} \left[\int_0^{0,05} 60t \sin(62,83t) dt + \int_{0,05}^{0,1} (60t - 6) \sin(62,83t) dt \right]$$



5.6-rasm. Arrasimon to‘lqin

Tenglama (5.15) namuna olish tezligini f_m ning ikki baravariga o‘rnatish uchun ishlatiladi. Agar shu tarzda aniqlangan namuna darajasi juda yuqori bo‘lsa, filtrda yuqori so‘nish tezligini belgilashingiz kerak.

Ushbu yondashuv cheklangan va faqat tarkibiy signal kuchlanishida (barcha Furrye komponentlarining yig‘indisi) analog-raqamli o‘zgartirgichining kirish diapazonida bo‘lishini taxmin qiladi. Ko‘pgina hollarda susaytirilishini talab qiladigan yuqori chastotali signal komponentlari amplitudalarga kompozit signalga nisbatan ancha past bo‘ladi va shuning uchun kamroq susayishni talab qiladi. f_c dan yuqori chastota komponentlarining haqiqiy amplitudalarini hisobga oladigan batafsil tahlildan foydalanib, odatda pastroq namuna tezligini yoki filtrning so‘ndirish tezligini sekinroq ishlatish mumkin.

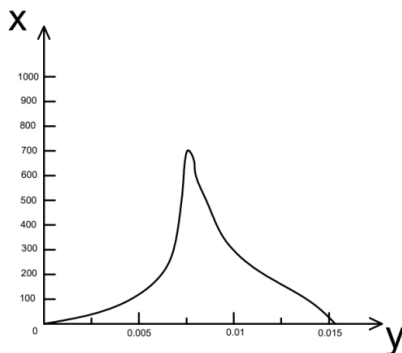
Yumshatishga qarshi filtrlar ko‘pincha sezilarli darajada so‘ndirishni talab qiladi. Ushbu nisbatan past darajadagi so‘ndirish darajasi real tizimlarda amaliy muammolarni keltirib chiqaradi. 3-bobda aytib o‘tilganidek, birinchi darajali Butterworth filtri bir oktava uchun atigi 6 dB so‘ndiradi (oktava - chastotani ikki baravar oshirish) va signalni 48 dB ga so‘ndirish uchun sakkizta oktava kerak. Natijada, odatda yuqori darajadagi filtrlar talab qilinadi - sakkizinchi darajali Butterworth filtri signalni oktava uchun 48 dB so‘ndirishi mumkin. Shu bilan birga, yuqori darajadagi filtrlar boshqa effektlarga ham ega, masalan, o‘tish polosasida katta siljishlar o‘zgarishi. Filtrni buyurtmasi va namuna darajasi o‘rtasida savdo-sotiq

mavjud bo'lganligi sababli, odatda dizayndagi kelishuv talab qilinadi. Filtrlash va namuna olish tezligini o'rnatish jarayoni 5.3-misolda keltirilgan.

Masala 5.3

Kompyuterlashtirilgan ma'lumotlarni yig'ish tizimidan 4000 ayl/ min tezlikda ishlaydigan uchqunli ichki yonish dvigatelining yonish kamerasiga ulangan bosim sezgichidan ma'lumotlarni yozib olish uchun foydalanish kerak. Ma'lumotlarni yig'ish tizimi 8-bitli bipolyar analog-raqamli o'zgartirgichga va maksimal soniyada 10000 namunani tanlash tezligiga ega. Tegishli filtrni va kerakli namuna tezligini ko'rsating.

Yechilishi: Bosimning vaqtga nisbatan haqiqiy shakli oldindan ma'lum bo'lmaganligi sababli, muammo haqidagi ushbu bayonot aslida juda noaniq. Boshqa dvigatelning ma'lumotlari 5.4 (a) -rasmda ko'rsatilgandek bosim vaqtining xususiyatlarini baholash uchun ishlatiladi (Obert, 1973). Ushbu rasmdagi vaqt shkalasi 4000 ayl/min ga o'zgartirildi. Birinchi qadam - Furiye spektral tahlilini o'tkazish



5.7-rasm. Oddiy bosim-vaqt egri chizig'i.

6 -bob Eksperimental ma'lumotlarning statistik tahlili

6.1 Kirish

6.2 Umumiy tushunchalar va ta'riflar

6.3 Ehtimolliklar

6.4 Parametrlarni baholash

6.5 Shubhali ma'lumotlar punktlarini rad etish mezonlari

6.6 Eksperimental ma'lumotlarning o'zaro bog'liqligi

6.7 Tasodifiy o'zgaruvchilarning chiziqli funksiyalari

6.8 Eksperimental ma'lumotlarni statistik tahlil qilish uchun kompyuter dasturlarini qo'llash

Muammolar

6.1,6.2 Kirish. Umumiy tushunchalar va ta'riflar.

Har qanday fundamental yoki eksperimental ilmiy tadqiqot tugagandan so'ng, olingan ma'lumotlarning statistik tahlili amalga oshiriladi. Statistik tahlilni muvaffaqiyatli o'tkazish va unga qo'yilgan vazifalarni hal qilishga imkon berish uchun tadqiqot yaxshi rejalashtirilgan bo'lishi kerak. Demak, statistika asoslarini tushunmasdan turib, ilmiy tajriba natijalarini rejalashtirish va qayta ishlash mumkin emas. Biroq, tibbiy ta'lim nafaqat statistika bilimlarini, balki hatto oliy matematika asoslarini ham beradi. Shuning uchun biotibbiyot tadqiqotlarida statistik ishlov berish masalalari bilan faqat statistik shug'ullanishi kerak, tibbiyot tadqiqotchisi esa o'z ilmiy ishining tibbiy masalalariga e'tibor qaratishi kerak, degan fikrga juda tez-tez duch kelish mumkin. Ma'lumotlarni tahlil qilishga yordam berishni o'z ichiga olgan ushbu mehnat taqsimoti oz-ozini oqalaydi. Biroq, statistika tamoyillarini tushunish hech bo'lmaganda tadqiqot boshlanishidan oldin ma'lumotlarni qayta ishlash bosqichida bo'lgani kabi muhim bo'lgan mutaxassis uchun muammoni noto'g'ri qo'yimaslik uchun zarurdir.

Statistik tahlil asoslari haqida gapirishdan oldin “statistika” atamasining ma’nosini aniqlab olish zarur. Ta’riflar ko‘p, lekin eng to‘liq va lakonik, bizningcha, statistikaning "ma'lumotlarni yig'ish, taqdim etish va tahlil qilish fani" ta'rifidir. O‘z navbatida, tirik dunyoga nisbatan qo‘llaniladigan statistikadan foydalanish "biometriya" yoki "biostatistika" deb ataladi.

Shuni ta’kidlash kerakki, ko‘pincha statistik ma'lumotlar faqat eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlashga qaratilgan deb cheklanish, ya'ni, ularni olish bosqichiga e'tibor bermaydi, va bu xato tushuncha. Biroq, statistik bilimlar tajribani rejalashtirish jarayonida allaqachon zarur bo‘lib, uning davomida olingan ko‘rsatkichlar tadqiqotchini ishonchli ma'lumot bilan ta'minlashi mumkin. Demak, shuni aytishimiz mumkinki, tajriba natijalarini statistik tahlil qilish tadqiqot boshlanishidan oldin ham boshlanadi.

X ning $x = a$ dan $x = b$ gacha bo‘lgan sonli oraliqda paydo bo‘lish ehtimolini taxmin qilishda ushbu tenglamani olish uchun birlashtirish mumkin

$$P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x)dx \quad (6.1)$$

Doimiy tasodifiy o‘zgaruvchi uchun x ning yagona noyob qiymatga ega bo‘lish ehtimoli nolga teng. Agar integrallash chegaralari manfiy va musbat cheksizlikka kengaytirilsa, o‘lchash shu diapazonda ekanligiga amin bo‘lishimiz mumkin va ehtimollik $P(-\infty \leq x \leq \infty) = 1$ bo‘ladi.

$F(x)$ ta’rifi endi $f(x)$ ehtimollik zichligi funktsiyasi bilan to‘planning o‘rtacha qiymatini aniqlashga imkon beradi:

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \quad (6.2)$$

Bu $E(x)$ tasodifiy kattalikning(o‘zgaruvchining) kutilgan qiymati.

To‘plamning dispersiyasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx \quad (6.3)$$

6.3 Ehtimolliklar

Ehtimollik - bu tanlanma maydonidagi barcha imkoniyatlarga nisbatan sodir bo‘ladigan hodisaning ehtimolini ifodalovchi raqamli qiymat. Misol tariqasida, agar ikkita qura toshi tashlangan bo‘lsa, hodisaning ikkita 1 ga bo‘lish ehtimoli $1/36$ ni tashkil qiladi, chunki ikkita qura toshi uchun 36 ta mumkin bo‘lgan natija mavjud va bu natijalardan faqat bittasi voqeaning aynan sodir bo‘lishini ifodalaydi. Hodisa ehtimolini bashorat qilish statistik tahlilning maqsadlaridan biridir. A hodisasining ro‘y berish ehtimoli $n \gg 1$ uchun baholangan namunaviy maydondagi mumkin bo‘lgan natijalarning umumiy soniga (n) bo‘lingan muvaffaqiyatli hodisalar soni (m) sifatida quyidagicha aniqlanadi:

$$\text{hodisa ehtimollgi } A = m/n$$

6.4 Parametrlarni baholash

6.5 Shubhali ma'lumotlar punktlarini rad etish mezon

6.6 Eksperimental ma'lumotlarning o'zaro bog'liqligi

6.7 Tasodifiy o'zgaruvchilarning chiziqli funktsiyalari

6.8 Eksperimental ma'lumotlarni statistik tahlil qilish uchun kompyuter dasturlarini qo'llash

O'lchash noaniqligini baholash

Umuman olganda noaniqliklarni baholash oddiy bo'lib hisoblanadi. Qandaydir o'lchash natijasiga xos bo'lgan noaniqlikni baholash uchun quyidagi amallarni bajarish zarur.

1-bosqich. O'lchanayotgan kattalikni tasvirlash.

O'lchash kattaligi va u bilan bog'liq bo'lgan parametrlar o'rtasidagi nisbatni kiritgan holda aynan nima o'lchanayotganligini aniq ifodalash zarur (masalan, o'lchash kattaliklari, konstantalar, darajalash uchun etalonlar qiymatlari va boshqalar). Mumkin bo'lgan joyda ma'lum sistematik effektlarga tuzatishlar kiritiladi. Bunday tasviriy axborot odatda muvofiq hujjatda metodikaga yoki metodning boshqa tasvirida keltiriladi.

2-bosqich. Noaniqlik manbalarini aniqlash.

Noaniqlik manbalarining ro'yxati tuziladi. U 1 bosqichda belgilangan xuddi o'sha nisbatda parametrlar noaniqligiga hissa qo'shadigan manbalarni o'z ichiga oladi, lekin noaniqlikning boshqa manbalarini, masalan, ximiyaviy taxminlardan kelib chiqadigan manbalarni ham o'z ichiga olishi mumkin.

3-bosqich. Noaniqlikni tashkil etuvchilarining miqdoriy tasvirlanishi.

Har bir aniqlangan potensial manbaga xos bo'lgan noaniqlik qiymati aniqlanadi va baholanadi. Ko'pincha noaniqlikning bir qancha manbalar bilan bog'liq bo'lgan yagona hissasini baholash yoki aniqlash mumkin. Shuningdek mavjud ma'lumotlar

noaniqlikning barcha manbalarini etarli darajada hisobga olayotganligini ko‘rib chiqish muhim va noaniqlikning barcha manbalarining adekvat hisobga olinishini ta‘minlash uchun zarur bo‘lgan qo‘shimcha eksperimentlar va tadqiqotlarni puxta rejalashtirish zarur.

4-bosqich. Yakuniy noaniqlikni hisoblash.

3-bosqichda olingan axborot umumiy noaniqlikka bo‘lgan yoki alohida manbalar bilan yoki bir qancha manbalarning yakuniy effektlari (samaralari) bilan bog‘liq bo‘lgan bir qancha mikdoriy tasvirlangan xossalardan iboratdir. Bu xossalarni standart og‘ishlar ko‘rinishida ifodalash va mavjud qoidalarga muvofiq yakuniy standart noaniqlikni olish uchun ularni jamlash zarur. Kengaytirilgan noaniqlikni olish uchun tegishli qamrov koefitsientidan foydalanish zarur.

O‘lchanayotgan kattalikning tasvirlanishi

Noaniqlikni baholash kontekstida “o‘lchash kattaligini tasvirlash” aynan o‘lchanayotgan nafaqat bir ma‘noli narsaning ifoda qilinishini, balki o‘lchash kattaligini u bog‘liq bo‘lgan parametrlar bilan bog‘lovchi mikdoriy ifodalanishini taqdim etishni ham talab etadi. Bu parametrlar boshqa o‘lchash kattaliklari, to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchanmaydigan kattaliklar yoki konstantalar bo‘lishi mumkin. SHuningdek namuna tanlash bosqichi metodikaga kiritilganmi yoki yo‘qmi aniq belgilanishi lozim. Agar u kiritilgan bo‘lsa, u holda namuna tanlash metodikasi bilan bog‘liq bo‘lgan noaniqlikni baholash ham zarur. Bu barcha axborotlar metodikaga hujjatda bo‘lishi lozim.

Analitik o‘lchashlarda ayniqsa foydalanilayotgan metodga bog‘liq bo‘lmagan natijalarni olish uchun mo‘ljallangan va bunga mo‘ljallanmagan o‘lchashlar o‘rtasidagi farqni o‘tkazish muhim. Oxirgilari ko‘pincha empirik metodlar kontekstida ko‘rib chiqiladi.

Noaniqlik manbalarining namoyon bo'lishi

Eng avvalo, noaniqlikning mumkin bo'lgan manbalari ro'yxatini tuzish zarur. Bu bosqichda mikdoriy aspektlarni hisobga olishga zarurat yo'q; faqatgina aynan ko'rib chiqilishi kerak bo'lgan narsaga nisbatan to'liq aniqlikni ta'minlash maqsad bo'lib hisoblanadi.

Noaniqlik manbalarining ro'yxatini tuzishda odatda oraliq kattaliklardan natijalarni hisoblash uchun foydalaniladigan asosiy ifodalardan boshlash qulaydir. Bu ifodadagi barcha parametrlar o'z noaniqliklariga ega bo'lishlari mumkin va shuning uchun ular noaniqlikning potensial manbalari bo'lib hisoblanadi. Bundan tashqari, aniq ko'rinishda o'lchanayotgan kattalik qiymatini topish uchun foydalaniladigan ifodaga kirmaydigan, lekin shunga karamay natijaga (masalan, ekstraksiya vakti yoki temperatura) ta'sir qiladigan boshqa parametrlar ham bo'lishi mumkin. Noaniqlikning yashirin manbalari ham bo'lishi mumkin. Bu barcha manbalar ro'yxatga kiritilishi lozim.

Noaniqlik manbalari ro'yxati tuzilgandan so'ng ularning natijaga ta'sirini asosan har bir ta'sir ba'zi bir parametrlar bilan bog'liq bo'lgan o'lchashlarning rasmiy modeli deb yoki tenglamada o'zgaruvchan deb tasvirlash mumkin. Bunday tenglama natijaga ta'sir etuvchi individual omillar atamalarida ifodalangan o'lchash jarayonining to'liq modelini tashkil etadi. Bu funksiya juda murakkab bo'lishi mumkin va uni ko'pincha aniq ko'rinishda yozish mumkin emas. Biroq, u mumkin bo'lgan joyda bunday ifodalanish shakli umumiy holda noaniqlikning individual tashkil etuvchilarini jamlash usulini aniqlaganligi sababli uni bajarish zarur.

Noaniqlikning muvofiq bahosini olish uchun ulardan har

birini alohida baholash mumkin bo'lganda o'lchash metodikasini operatsiyalarning muntazamligi ko'rinishida ko'rib chiqish (ba'zida ayrim operatsiyalar deb ataladigan) foydali bo'lishi mumkin. Bu ayniqsa o'lchashlarning bir xildagi metodikalari bitta ayrim operatsiyalarni o'z ichiga olganda foydali yondashuv bo'ladi. Har bir operatsiyaning alohida noaniqliklari u holda umumiy noaniqlikka hissa qo'shadi.

Amaliyotda tahliliy o'lchashlarda ko'proq odatiy bo'lib kuzatilayotgan pretsizionlik va solishtiruvning mos keluvchi namunalariga nisbatan siljish kabi metodning umumiy effektivligi elementlari hisoblanadi. Bu tashkil etuvchilar odatda noaniqlik bahosiga ortiqroq hissa qo'shadi va natijaga ta'sir etuvchi alohida effektlar ko'rinishida yaxshiroq tuziladi. Bunday holda boshqa mumkin bo'lgan hissalarini faqatgina ularni ahamiyatliligini tekshirish uchun, ulardan faqatgina ahamiyatlarini miqdoriy aniqlab baholash lozim,

Noaniqlikning tipik manbalari bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

Namuna tanlash

Laboratoriyada yoki bevosita tahlil ob'ektida bajariladigan namuna tanlash operatsiyalari taxliliy metodika qismi bo'lgan hollarda namunalar o'rtasidagi tasodifiy farqlar va namuna tanlash protsedurasida siljish (sistematik xatolikning) yuzaga kelishi uchun har qanday imkoniyatlar kabi effektlar so'nggi natija noaniqligining tashkil etuvchilarini shakllantiradi.

Namunalarni saqlash shartlari

O'lchanayotgan (sinalayotgan) namunalar o'lchashlar bajarilgunga qadar qandaydir vaqt davomida saqlansa, saqlash shartlari natijaga ta'sir etishi mumkin. Shuning uchun, saqlash davomiyligi, shuningdek saqlash shartlari noaniqlik manbalari sifatida ko'rilishi lozim.

Apparatura effektlari

Bunday effektlar, masalan, analitik tarozilar aniqlik chegaralarini; ro'yxatga olinganlaridan farq qiluvchi (berilgan chegaralarda) o'rtacha temperaturani ushlab turaoladigan temperatura rostlagichining mavjudligini; ortiqcha yuklash effektlariga duchor qilinishi mumkin bo'lgan avtomatik analizatorni o'z ichiga olishi mumkin.

Reaktivlar tozaligi

Hattoki boshlang'ich reaktiv tekshirilgan bo'lsa ham bu tekshiruv metodikasi bilan bog'liq bo'lgan qandaydir noaniqlik qolganligi sababli titrlash uchun eritma konsentratsiyasi absolyut aniqlikda belgilanishi mumkin emas. Ko'p reaktivlar, masalan, organik bo'yoqlar 100 % ga toza bo'lib hisoblanmaydi va tarkibida izomerlar va anorganik tuzlar bo'lishi mumkin. Bunday moddalar tozaligi tayyorlovchi tomonidan kamida o'shanday darajada ko'rsatiladi. Tozalik darajasiga tegishli bo'lgan har qanday taxminlar noaniqlik elementini kiritadi.

Taxmin qilingan stexiometriya

Tahliliy jarayon aniqlangan stexiometriyaga bo'ysunadi deb taxmin qilingan hollarda kutilayotgan stexiometriyadan og'ishlarni yoki reaksiyaning to'liq emasligini yoki yordamchi reaksiyalarni hisobga olish zarur bo'lishi mumkin.

O'lchashlar shartlari

O'lchovli shisha idish, masalan, u kalibrlangan temperaturadan farq qiluvchi temperaturada qo'llanilishi mumkin. Katta temperatura effektlari tuzatishlar kiritish bilan hisobga olinishi lozim, biroq bu holda ham suyuqlik va shisha temperaturasi qiymatlaridagi har qanday noaniqlik ko'rib chiqilishi lozim. SHunga o'xshash, agar qo'llanilayotgan materiallar namlikning mumkin bo'lgan o'zgarishlariga sezuvchan bo'lsa atrofdaagi havoning

namligi ahamiyatga ega bo'lishi mumkin.

Namunaning ta'siri

Murakkab matritsa tarkibi aniqlanayotgan komponentning chiqarib olinishiga yoki asbobning javobiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Aniqlanayotgan komponentni topish shakliga sezuvchanlik bu ta'sirni yanada kuchaytirish mumkin.

Namuna yoki aniqlanayotgan komponent barqarorligi tahlil jarayonida issiqlik rejimining yoki fotolitik effektning o'zgarishi sababli o'zgarishi mumkin.

Chiqarib olish darajasini baholash uchun ba'zi «mashhur qo'shimcha» ishlatilganda aniqlanayotgan komponentning namunadan aniq chiqishi qo'shimchani chiqarib olish darajasidan farq qilishi mumkin, bu esa baholash lozim bo'lgan qo'shimcha noaniqlikni kiritadi.

Hisoblash effektlari

Darajalash vaqtida mos kelmaydigan modelni tanlash, masalan, noxiziq javobda chiziqli darajalashdan foydalanish juda yomon moslashtirishga va ko'proq noaniqlikka olib keladi.

Raqamlarni olib tashlash va yaxlitlash oxirgi natijaning noto'g'riligiga olib kelishi mumkin. Modomiki bu vaziyatlarni oldindan aytish qiyin ekan ba'zi bir noaniqlikka joizlik to'g'ri deb topilishi mumkin.

Bo'sh namunaga tuzatish

Bo'sh namunaga tuzatish qiymatining ba'zi bir noaniqligi bu tuzatishning zarurligiga shubha bilan barobar o'ringa ega bo'ladi. Bu ayniqsa izlarni tahlil qilishda muhimdir.

Operatorning ta'siri

O'lchash asboblarining pasaytirilgan yoki ko'tarilgan ko'rsatkichlarini ro'yxatga olish mumkinligi.

Metodika interpretatsiyasida ahamiyatga ega bo'lmagan

farqlarning mumkinligi.

Tasodifiy effektlar

Tasodifiy effektlar barcha aniqlashlarda noaniqliklarga hissa qo'shadi. Bu bandni o'z-o'zidan ma'lum narsa sifatida noaniqlik manbalari ro'yxatiga kiritish lozim.

Noaniqlikni taqdim etish

Umumiy qoidalar

O'lchash natijasi bilan birga taqdim etiladigan axborot uning keyingi foydalanish maqsadiga bog'liq. Bunda quyidagi prinsiplarni qo'llash lozim:

- agar yangi axborot yoki yangi ma'lumotlar paydo bo'lsa noaniqlik bahosini aniqlashtirishni o'tkazish uchun etarli axborotni taqdim etish;

- etarli bo'lmagan axborotga qaraganda keragidan ortiq axborotni taqdim etish afzalroqdir.

Agar o'lchash tafsilotlari, noaniqlik qanday baholanganligini o'z ichiga olib, chop etilgan hujjatlarga tavsiyalar ko'rinishida berilgan bo'lsa bu hujjatlar dolzarblashtirilishi va laboratoriyada qo'llanilayotgan metodga muvofiq bo'lishi lozim.

Talab qilinayotgan axborot

O'lchash natijasining to'liq taqdim etilishi quyidagi axborotni yoki bunday axborotni o'z ichiga olgan hujjatlarga tavsiyani o'z ichiga olishi lozim:

- o'lchash natijasini va uning noaniqligini eksperimental kuzatishlar va kirish kattaliklari haqidagi ma'lumotlar asosida hisoblash uchun foydalaniladigan metodlarni tasvirlash;

- hisoblashda ham, noaniqliklarni tahlil qilishda ham foydalaniladigan barcha tuzatishlar va doimiyliklarning qiymatlari va manbalari;

- noaniqlikning barcha tashkil etuvchilarining ularning xar biriga tegishli to'liq hujjatlari bilan ro'yxati.

Ma'lumotlar va ularning tahlili barcha muhim bosqichlarni oson kuzatib turish va zaruriyat bo'lganda so'nggi natijani hisoblashni qaytarish mumkin bo'ladigan tarzda taqdim etilishi lozim. Oraliq qiymatlarni o'z ichiga olgan natijani batafsil taqdim etish talab etilgan hollarda hisobot quyidagilarni o'z ichiga olishi lozim:

- har bir kirish kattaligining qiymati, uning standart noaniqligi va uning qanday olinganligining ta'rifi;

- natija va kirish kattaliklari, shuningdek, bu effektlarni hisobga olish uchun foydalanilgan ayrim hosilalar, kovariatsiyalar yoki korrelyasiya koeffitsientlari o'rtasidagi o'zaro munosabat;

- har bir kirish kattaligining standart noaniqligi uchun erkinlik darajalari soni.

Izoh - Funktsional bog'liqlik juda murakkab bo'lgan yoki aniq ko'rinishda mavjud bo'lmagan hollarda (masalan, u faqatgina komp'yuter dasturi sifatida mavjud bo'lishi mumkin) u umumiy ko'rinishda yoki muvofiq manbaga tavsiya yo'li bilan ifodalanishi mumkin. Bunday hollarda kimyoviy taxlil natijasi va uning noaniqligi qanday qilib olinganligi har doim aniq bo'lishi lozim.

Oddiy tahlillar natijalarini taqdim etishda faqatgina kengaytirilgan noaniqlik qiymatini va k qiymatni ko'rsatish etarli bo'lishi mumkin.

Standart noaniqlikni taqdim etish

1. Noaniqlikni i_s yakuniy standart noaniqlik ko'rinishida ifodalasangiz (ya'ni, bitta standart og'ish ko'rinishida) yozuvning quyidagi shakli tavsiya etiladi:

«(Natija): i_s (birliklar) standart noaniqlikda X (birliklar), [standart noaniqlik Metrologiya sohasidagi asosiy va umumiy

atamalar Xalqaro lug'ati, 2-nashr, ISO, 1993y. ga muvofiq aniqlanadigan va bir standart og'ishga muvofiq keladigan joy]».

Muammolar

Masala 6.1

Ushbu turdagi zoldirli podshipnikning ishlash muddati ehtimollikning taqsimlash funksiyasi bilan tavsiflanishi mumkin

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < 10h \\ \frac{200}{x^3} & x \geq 10h \end{cases}$$

$f(x)$ tasviri 6.1-rasmda ko'rsatilgan.

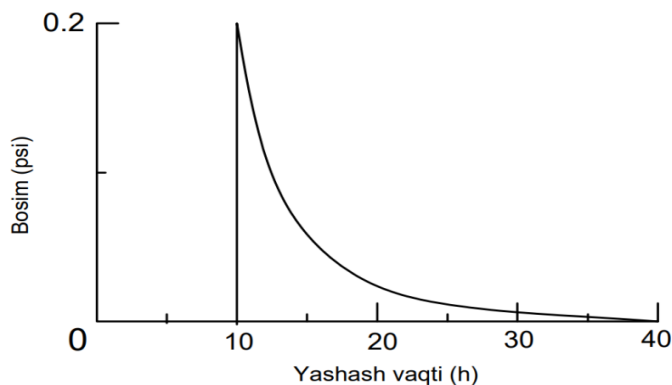
(a) podshipniklarning kutilayotgan xizmat muddatini hisoblang.

(b) Agar biz ushbu podshipnikni tasodifiy tanlasak, uning xizmat muddati (x) 20 soatdan kam, 20 soatdan ortiq va nihoyat to'liq 20 soat bo'lish ehtimoli qancha?

Yechilishi:

a) (6.18) tenglamadan foydalanib, biz quyidagiga ega bo'lamiz

$$E(x) = \mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx = \int_{10}^{\infty} x \frac{200}{x^3} dx = -\frac{200}{x} \Big|_{10}^{\infty} = 20h$$



6.1-rasm. Ehtimollikning taqsimlash funksiyasi

(b) Xizmat muddati 20 soatdan kam bo'lish ehtimolligi quyidagi

ifodadan aniqlanadi

$$P(x < 20) = \int_{-\infty}^{20} f(x)dx = \int_{-\infty}^{10} 0dx + \int_{10}^{20} \frac{200}{x^3} dx = 0.75$$

Shuningdek,

$$P(x \geq 20) = 1 - P(x \leq 20) = 0.25$$

$$P(x = 20) = 0$$

Yig'indi (kamulyativ) taqsimlash funktsiyasi

Yig'indi (kamulyativ) taqsimlash funktsiyasi - bu tasodifiy o'zgaruvchini taqsimlash uchun ma'lumotlarni aks ettirishning yana bir usuli. U tasodifiy o'zgaruvchining aniqlovchining qiymatidan kichik yoki unga teng qiymatga ega bo'lish ehtimolini aniqlash uchun ishlatiladi. Uzluksiz tasodifiy o'zgaruvchining (r.v.) Yig'indi (kamulyativ) taqsimlash funktsiyasi quyidagicha aniqlanadi

$$F(rv \leq x) = F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = P(rv \leq x) \quad (6.4)$$

Diskret tasodifiy o'zgaruvchi uchun u quyidagicha aniqlanadi

$$F(rv \leq x_i) = \sum_{j=1}^i P(x_j) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = P(rv \leq x) \quad (6.5)$$

Ig'uvchi(kamulyativ) taqsimlash funktsiyasi ta'rifidan quyidagi ikkita munosabatlar kelib chiqadi

$$\begin{aligned} P(a < x \leq b) &= F(b) - F(a) \\ P(x > a) &= 1 - F(a) \end{aligned} \quad (6.6)$$

Yig'indi(kumulyativ) taqsimlash funktsiyasidan foydalanish 6.2-misolda keltirilgan.

Masala 6.2

6.1-misolda zoldirli podshipniklardan birining ishlash(xizmat qilish) muddati ehtimoligini quyidagicha bo'lishini toping

(a) 15 soat yoki undan kam

(b) yig'indi(kumulyativ) taqsimot funktsiyasidan foydalangan holda 20 soatdan kam vaqt.

Yechilishi:

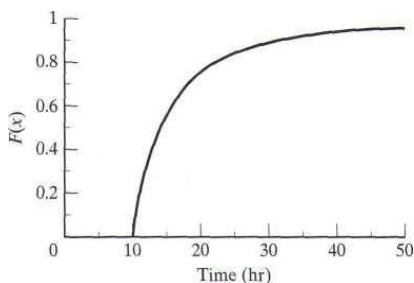
(a) Tenglama yordamida. (6.20) yig'indi (kumulyativ) taqsimlash funksiyasi uchun biz quyidagini olamiz

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = \int_{-\infty}^x 0 dx = 0 \quad x \leq 10 \quad \text{uchun}$$

$$= 0 + \int_{10}^x \frac{200}{x^3} dx = 1 - \frac{100}{x^2} \quad x > 10 \quad \text{uchun}$$

Ushbu funksiya E6.2-rasmda keltirilgan. Yoki tenglamada 15 ni almashtirish yoki grafikdan o'qish orqali biz xizmat qilish muddati 15 soatdan kam bo'lish ehtimolligi 0,55 ga teng.

b) Xuddi shunday, xizmat qilish muddati 20 soatdan kam bo'lish ehtimolligi 0,75 ga teng.



6.2-rasm. Yig'indi (kumulyativ) taqsimlash funksiyasi

6.3. 2 Muhandislik ilovalari(dasturlari) bilan ba'zi ehtimolliklarning taqsimlanish funksiyalari

Bir qator taqsimlash funksiyalari muhandislik ilovalari(dasturlari)da qo'llaniladi. Ushbu bo'limda ba'zi keng tarqalganlarini qisqacha tavsiflangan va ulardan foydalanish tartibi muhokama qilingan.

Binomial taqsimot

Binomial taqsimot - bu faqat ikkita mumkin bo'lgan natijalarga ega bo'luvchi diskret tasodifiy o'zgaruvchilarni tavsiflovchi taqsimot:

"muvaffaqiyat" va "muvaffaqiyatsizlik". Ushbu taqsimot mahsulot sifati qabul qilinadigan yoki qabul qilinmaydigan bo'lsa, ishlab chiqarish sifatini nazorat qilishda qo'llaniladi. Binomial taqsimot ma'lum bir tajribada(eksperimentda) qo'llanilishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Tajribadagi har bir test faqat ikkita mumkin bo'lgan natijalarga ega bo'lishi mumkin: muvaffaqiyat yoki muvaffaqiyatsizlik.

2. Muvaffaqiyat ehtimoli tajriba davomida doimiy bo'lib qoladi. Ushbu ehtimollik p harfi bilan belgilanadi va odatda ma'lum bir populyatsiya uchun ma'lum yoki taxmin qilinadi.

3. Tajriba n mustaqil testdan(sinovdan) iborat.

Binomial taqsimot n ta urinishda aynan r muvaffaqiyatlarni topish ehtimolini (P) beradi va quyidagicha ifodalanadi

$$P(r) = \binom{n}{r} p^r (1-p)^{n-r} \quad (6.7)$$

Shu nuqtai nazardan, r butun son bo'lib, har doim n dan kichik yoki teng bo'ladi va

$$\binom{n}{r} = \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad (6.8)$$

r ning n birikmasi deyiladi, ya'ni n elementdan r bir xil elementlarni tanlashimiz mumkin bo'lgan sonlar.

Binomial taqsimlashda n ta urinishdagi kutilgan muvaffaqiyatlar soni

$$\mu = np \quad (6.9)$$

Binomial taqsimotning standart og'ishi quyidagicha

$$\sigma = \sqrt{np(1-p)} \quad (6.10)$$

Ba'zi muhandislik ilovalarida(dasturlarida) siz hodisaning ma'lum vaqtdan kam yoki teng bo'lishining ehtimolligini topishingiz kerak. Agar k - paydo bo'lish ehtimoli soni ($k \leq n$) bo'lsa, u holda

$$P(r \leq k) = \sum_{i=0}^k P(r = i) = \sum_{i=0}^k \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \quad (6.11)$$

Masala 6.3

Kompyuter brendi ishlab chiqaruvchisi uning kompyuterlari ishonchli ekanligini va kafolat muddati davomida kompyuterlarning atigi 10 foizi ta'mirlashni talab qiladi deb e'lon qildi. Kafolat muddati davomida 20 ta kompyuter partiyasidan 5 tasining ta'mirlashni talab qilinishi ehtimolligini aniqlang.

Yechilishi:

Binomial taqsimlanishni qo'llashimiz mumkin, chunki jarayon muvaffaqiyatli / muvaffaqiyatsiz tugadi. Muvaffaqiyat kafolat muddati davomida ta'mirlashga hojat yo'qligi bilan belgilanadi. Bunday holda, ishlab chiqaruvchining sinov natijalariga ko'ra, $p = 0,9$. Ushbu taqsimlanishni qo'llash asosida yotgan boshqa taxminlar shundan iboratki, barcha testlar mustaqil bo'lib, muvaffaqiyatlilik va muvaffaqiyatsizlik ehtimoli barcha kompyuterlar uchun bir xil bo'ladi. Muammo 20 ta kompyuterdan (n) 15 ta muvaffaqiyatliga (r) erishish ehtimolini (P) aniqlashga kamayadi. (6.23) va (6.24) tenglamalardan foydalanib quyidagini olamiz

$$\binom{n}{r} = \binom{20}{15} = \frac{20!}{15!(20-15)!} = 15,504$$

$$P = \binom{20}{15} 0,9^{15} (1-0,9)^5 = 0,032$$

Bu yerda biz tuzatishni talab qiladigan 20 ta kompyuterdan 5 ta kompyuter bo'lishi ehtimoli juda kam (3,2%) degan xulosaga kelishimiz mumkin.

Masala 6.4

Lampochka ishlab chiqaruvchi kompaniya lampalarning 10% ushbu partiyada nuqsonli ekanligini aniqladi. Agar biz ushbu lampochkalardan to'rttasini sotib olsak, unda to'rt, uch, ikkitasi, bitta va hech bir lampochkaning nosozligi ehtimoli qanday?

Yechilishi:

Shunga qaramay, biz binomial taqsimotdan foydalanishimiz mumkin. Harakatlar soni 4 tani tashkil qiladi va agar biz muvaffaqiyatsizlikni

lampochkaning ishlamay qolishi deb aniqlasak, $p = 0,1$. To‘rt, uch, ikkita, bitta va nol nuqsonli lampochkalarga ega bo‘lish ehtimolini (6.23) tenglama yordamida hisoblash mumkin. To‘rt nuqsonli lampochkani aniqlash ehtimoli quyidagicha

$$P(r = 4) = \binom{4}{4} 0,1^4 (1 - 0,1)^{4-4} = 0,0001$$

Eslatma: $0! = 1$ bo‘lgani uchun

$$\binom{4}{4} = \left(\frac{4!}{4! (4 - 4)!} \right) = 1$$

Xuddi shunday,

$$P(r = 3) = 0.0036$$

$$P(r = 2) = 0.0486$$

$$P(r = 1) = 0.2916$$

$$P(r = 0) = 0.6561$$

Mumkin bo‘lgan beshta natijaning umumiy ehtimoli quyidagicha

$$P = P(r = 4) + P(r = 3) + P(r = 2) + P(r = 1) + P(r = 0) = 1.0000$$

Masala 6.5

6.4-misolda keltirilgan ma’lumotlar uchun to‘rtta namunadagi lampochkadan, shu jumladan ikkitagacha nosoz lampochkani aniqlash ehtimolini hisoblang.

Yechilishi: Buning uchun biz (6.27) formuladan foydalanamiz:

$$P(r \leq 2) = P(r = 0) + P(r = 1) + P(r = 2) = 0.6561 + 0.2916 + 0.0486 = 0.9963$$

Bu shuni anglatadiki, to‘rtta lampadan nosoz bo‘lgan ikkita yoki undan kamrog‘ini topishga 99,63% imkoniyat bor.

Puassonning taqsimoti

Puasson taqsimoti, voqealarning o‘rtacha soni ma’lum bo‘lsa, ma’lum bir vaqt yoki fazodagi intervalda hodisaning tasodifiy paydo bo‘lish sonini taxmin qilish uchun ishlatiladi. Masalan, agar siz tushlik paytida besh daqiqada bankka o‘rtacha 10 ta mijoz tashrif buyurishini bilsangiz, Puasson taqsimotidan foydalanib, ushbu besh daqiqalik davrda 8 ta mijozning bankka

tashrif buyurish ehtimolini taxmin qilishingiz mumkin. Puasson taqsimotidan fazoviy tafovutlar uchun ham foydalanish mumkin. Masalan, bosilgan elektron platalarning har kvadrat metriga o'rtacha ikkita nuqson borligini bilsangiz, Puasson taqsimoti yordamida har kvadrat metrga to'rtta nuqson bo'lish ehtimolini taxmin qilish mumkin.

Quyidagi ikkita taxmin Puassonning taqsimlanishini ta'kidlaydi:

1. Hodisaning sodir bo'lish ehtimoli bir xil uzunlikdagi har qanday ikki interval uchun bir xil bo'ladi.

2. Hodisaning yuzaga kelish ehtimoli boshqa hodisalarning paydo bo'lishiga bog'liq emas.

X hodisalarining paydo bo'lish ehtimoli quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$P(x) = \left(\frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \right) \quad (6.12)$$

bu yerda λ - qiziqish oralig'ida kutilgan yoki o'rtacha hodisalar soni.

O'rtacha μ , bilan bir xil bo'lgan Puasson taqsimoti uchun kutilgan x qiymati quyidagicha beriladi

$$E(x) = \mu = \lambda \quad (6.13)$$

Standart og'ish ifoda bilan belgilanadi

$$\sigma = \sqrt{\lambda} \quad (6.14)$$

Ba'zi hollarda, maqsad ma'lum miqdordagi yoki undan kam miqdordagi hodisalarning sodir bo'lish ehtimolini topishdir. Voqealar sonining k dan kichik yoki unga teng bo'lish ehtimolligini hisoblash uchun k, k - 1 ... 0 hodisalar ehtimolliklari yig'indisini hisoblash kerak. Bu berilgan

$$P(x \leq k) = \sum_{i=0}^k \left(\frac{e^{-\lambda} \lambda^i}{i!} \right) \quad (6.15)$$

Masala 6.6

Ma'lumki, ikkilik ma'lumotlar oqimi daqiqada o'rtacha uchta xatolikga ega. Bir daqiqa ichida aniq nol xatoliklar bo'lish ehtimolini toping.

Yechilishi:

Ushbu masala uchun A 3 ga, x esa 0 ga teng. 6.28 - tenglamaga qo'yib quyidagini hosil qilamiz

$$P(x) = \frac{e^{-3}3^0}{0!} = 0,050$$

Shunday qilib, bir daqiqali intervalda xatolikka yo‘l qo‘ymaslik ehtimoli 0,050 ga teng.

Masala 6.7

6.6-misolda quyidagilarning ehtimolligi qanday?

(a) uch yoki undan kam xatolliklar.

(b) uchta xatolik.

Yechilishi:

Birinchiidan, 0,1,2 va 3 ta xatoliklar ehtimolligini 6.28 tenglamadan foydalanib hisoblashimiz kerak:

$$P(x) = \frac{e^{-3}3^3}{3!} = 0,224$$

Xuddi shunday,

$$P(2) = 0.224$$

$$P(1) = 0.149$$

$$P(0) = 0.050$$

Shunday qilib,

$$P(x \leq 3) = 0.050 + 0.149 + 0.224 + 0.224 = 0.647$$

U holda x ning 3 dan katta bo‘lish ehtimoli quyidagiga teng

$$P(x > 3) = 1 - P(x \leq 3) = 1 - 0.647 = 0.353$$

Masala 6.8

Quvurlarni bog‘laydigan choklarda o‘rtacha 10 pogonametrga o‘rtacha beshta nuqson aniqlandi.

payvand choki (metrga 0,5 nuqson). Quyidagidek bo‘lishi ehtimoligi qanday

(a) 0,5 m uzunlikdagi payvand chokida bitta nuqson yoki

(b) 0,5 m uzunlikdagi payvand chokida bir nechta nuqson.

Yechilishi: λ , 0,5 metrdagi o‘rtacha nuqsonlar soni $0,5 \times 0,5 = 0,25$ ga

teng. 6.28. tenglamadan foydalanamiz. U holda bitta nuqson ehtimoli borligini quyda aniqlaymiz

$$P(x) = \frac{e^{-0,25} 0,25^1}{1!} = 0,194$$

Shunday qilib, bu bitta nuqson bo'lishiga 0,194 imkoniyat bor. Bir nechta nuqsonlar bo'lish ehtimolligi quyidagiga tengdir

$$P(x > 1) = 1 - P(0) - P(1)$$

6.28 formulaga muvofiq $P(0)$ ni 0.778 ga tenglashtirishi mumkin. Bu ehtimollik

$$P(x > 1) = 1 - 0.778 - 0.194 = 0.028$$

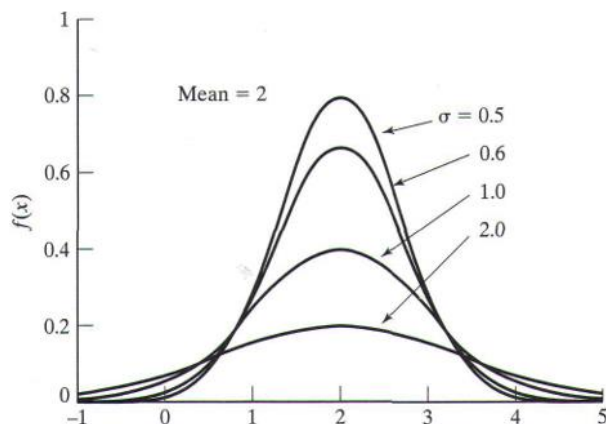
Shunday qilib, bir nechta nuqson ehtimolligi atigi 0,028 ga teng.

Me'yorlangan (Gauss) taqsimoti

Me'yorlangan (Gauss) taqsimoti funktsiyasi - bu oddiy taqsimlanish funktsiyasi bo'lib, u uzluksiz tasodifiy o'zgaruvchilar bilan bog'liq ko'plab umumiy muammolar uchun foydalidir. O'lchagan qiymatning o'zgarishi tasodifiy omillarga bog'liq bo'lgan o'lchashlar uchun ma'lumotlar tarqalishining me'yorlangan taqsimlanishi, musbat va manfiy og'ishlarning paydo bo'lishi bir xil darajada bo'lishi mumkinligi ko'rsatildi. Me'yorlangan ehtimollik zichligi funktsiyasi uchun tenglama quyidagi shaklga ega

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (6.16)$$

Ushbu tenglamada x tasodifiy o'zgaruvchidir. Funktsiya ikkita parametrga ega: to'plamning standart og'ishi va to'plamning o'rtacha ko'rsatkichi. $f(x)$ ning x ga nisbatan har xil qiymatlari yoki belgilangan o'rtacha uchun chizmasi 6.4-rasmda keltirilgan. Rasmda ko'rsatilgandek, taqsimot o'rtacha qiymatiga nisbatan nosimmetrik bo'lib, standart og'ish qancha kichik bo'lsa, o'rtacha qiymatning eng yuqori $f(x)$ qiymati shunchalik baland bo'ladi.



x t asodifiy o'zgaruvchi, x

6.3-rasm. Normal taqsimlash funksiyasi

$z = (x - \mu) / \sigma$ tenglamaning differentsialini olib, biz $dx = \sigma dz$ ga ega bo'lamiz.

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-i(x-\mu)^2/2\sigma^2} dx (*)$$

tenglama keyin quyidagiga o'zgaradi.

Ehtimollik zichligi funksiyasi ta'rifiga ko'ra [(6.17) tenglama] ehtimollikning berilgan taqsimoti uchun $z = 0$ dan manfiy chetlanishlarning pastki chegarasi o'rtasida x ning bitta qiymatiga ega bo'lish ehtimolligi tengdir. Matematik jihatdan, buni quyidagicha ifodalash mumkin

$$P(-Z_1 \leq Z \leq 0) = P(0 \leq Z \leq Z_1) = \frac{P(-Z_1 \leq Z \leq Z_1)}{2.0} \quad (6.17)$$

Yuqorida aytib o'tilganidek, (*) formuladagi integral ikkita parametrga ega (x_1 va x_2) va amalda u har bir dastur uchun raqamli ravishda birlashtirilishi kerak. Boshqa tomondan

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{z_1}^{z_2} f(z) dz \quad (**)$$

tenglamadagi integral parametrlarga ega emas. Agar tenglamada z_1 bo'lsa. (**) nolga teng tanlangan, integralni raqamli ravishda bajarish va natijalarni Z_2 funksiyasi sifatida jadvalga kiritish maqsadga muvofiq yoki shunchaki z -Ushbu integrallash natijalari 6.3-jadvalda keltirilgan. Standart normal

taqsimlash funktsiyasi $z = 0$ ga teng nosimmetrik bo'lgani uchun, agar jadval normal taqsimotning asosiy xususiyatlariga amal qilsa, jadval - dan + gacha bo'lgan oraliqda tasodifiy o'zgaruvchining paydo bo'lish ehtimolini taxmin qilish uchun ishlatilishi mumkin. Jadvalda tasodifiy o'zgaruvchining chap ustun va yuqori satrda ko'rsatilgan z qiymatlari uchun 0 va z orasida qiymat bo'lishi ehtimoli ko'rsatilgan. Yuqori satr birinchi ustunning ikkinchi kasr nuqtasi bo'lib xizmat qiladi. Ehtimolliklarni taxmin qilish uchun 6.3-jadvaldan foydalanish jarayoni 6.9-misolda keltirilgan.

Masala 6.9

Normal taqsimotdan so'ng o'tkazilgan test natijalari o'rtacha qiymati 10,0 ga va standart og'ish 1 ga teng. Bitta o'qish ehtimolligi quyidagicha bo'lishini toping.

- (a) 9 dan 12 gacha.
- (b) 8 dan 9.55 gacha.
- (c) 9 dan kam yoki unga teng.
- (d) 12 dan katta.

Yechilishi:

(a) (6.34) tenglamadan foydalanib, bizda $z_1 = (9 - 10) / 1 = -1$ va $z_2 = (12 - 10) / 1 = 2$. Biz standart(normal) taqsimot egri chizig'i ostidagi maydonni $z =$ dan qidiramiz. -1 dan $z = 2$ [6.4 (a) -rasm]. U ikki qismga bo'linadi: $z = -1$ dan 0 gacha va $z = 0$ dan $z = 2$. egri ostidagi maydon $z =$ dan. -1 dan 0 gacha $z = 0$ dan $z = 1$ gacha bo'lgan maydon bilan bir xil. 6.3 -jadvalda bu qiymat 0,3413. $Z = 0$ dan $z = 2$ gacha bo'lgan maydon 0,4772. Ya'ni,

$$P(-1 \leq z \leq 0) = P(0,1) = 0.3413 \text{ va } P(0 \leq z \leq 2) = 0.4772$$

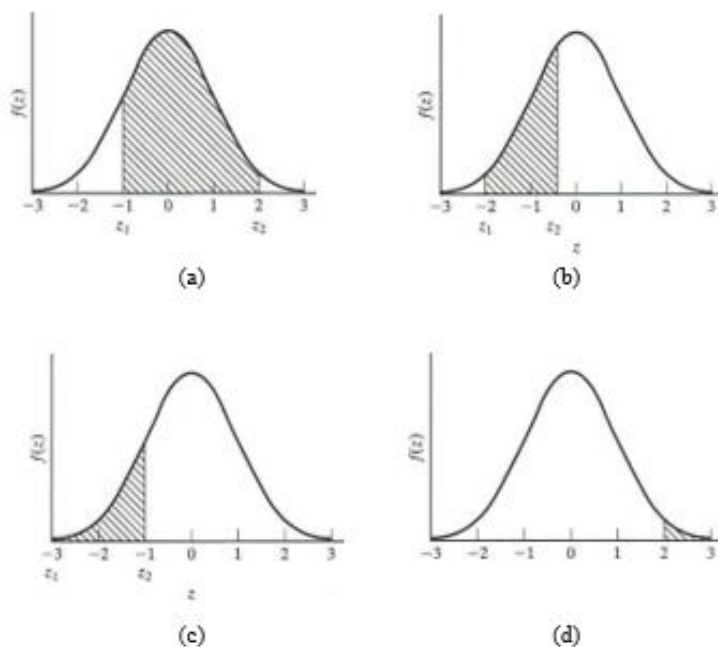
Demak,

$$P(-1 \leq z \leq 2) = 0.3413 + 0.4772 = 0.8185 \text{ yoki } 81.85\%$$

b) $Z_1 = (8-10) / 1 = -2$ va $z_2 = (9.55-10) / 1 = -0.45$. Biz $z = -2$ va $z = -0,45$ oralig'ini qidiramiz [E6.9 (b) -rasm]. 6.3 -jadvaldan $z = -2$ dan $z = 0$ gacha bo'lgan maydon 0,4772, $z = -0,45$ dan $z = 0$ gacha bo'lgan maydon 0,1736 ga teng. Biz izlayotgan natija bu ikki sohaning farqi:

$$P(-2 \leq z \leq -0.45) = 0.4772 - 0.1736 = 0.3036 = 30.36\%$$

(c) $Z_1 = -\infty$ va $z_2 = -1$ [6.4 -rasm (c)]. 6.3-jadvaldan $P(-\infty \leq z \leq 0) = 0.3413$ ekanligini topamiz. Biz ham bilamizki, $P(-\infty \leq z \leq 0) = 0,5$ ga teng. Demak,



6.4-rasm. Standart(normal) taqsimot egri chizig‘i ostidagi maydon o‘zgarishiga tasvirlar

$$P(-\infty \leq z \leq -1) = 0.5 - 0.3413 = 0.1587 \text{ yoki } 15.87\%$$

(d) $Z_1 = (12 - 10) / 1 = 2$ va $z_2 = \infty$ - Biz mintaqani $z = 2$ dan $z = \infty$ a gacha qidiramiz [E6.9 (d) -rasm]. 6.3 - jadvaldan $z = 0$ dan $z = 2$ gacha bo‘lgan maydon 0,4772 ga teng. $Z = 0$ dan $z = \infty$ gacha bo‘lgan maydon 0,5 ga teng. Keyin kerakli ehtimollik - bu kkita maydonlar orasidagi farq:

$$P(2 \leq z \leq \infty) = P(0, \infty) - P(0, 2) = 0.5 - 0.4772 = 0.0228 \text{ yoki } 2.28\%$$

O‘lchash natijasi o‘rtacha bir yoki bir nechta standart og‘ish (σ) ichida bo‘lish ehtimolini aniqlash ham qiziq. 1σ ($z = 1$) qiymati 6.1 -jadvalda

hisoblanadi. $Z = 1$ uchun ehtimollik 0.3413 ga teng. Biz $\pm 1\sigma$ ni qidirayotganimiz uchun, biz qidirayotgan ehtimollik bu qiymatdan ikki baravar ko'p, yoki 0,6826 (68,26%). Bu shuni anglatadiki, agar o'lchash o'rtacha qiymatdan chetlanish butunlay tasodifiy o'zgaruvchilarga bog'liq bo'lgan muhitda amalga oshirilsa, biz 68,26% ishonchlilik hosil qilishimiz mumkin, bu normal o'rtacha og'ish ichida bo'ladi. 2σ uchun ehtimollik 95,44%ni tashkil qiladi. Bu qiymat 95%ga yaqin; shuning uchun amalda 2σ va 95% ko'pincha bir - birini almashtirib ishlatiladi.

6.1-jadval

Eksperimental ma'lumotlarning statistik tahlili

Ishonchlilik oralig'i va ehtimollik	
Ishonchlilik oralig'i	Ishonchlilik darajasi(%)
$\pm 1\sigma$	68.26
$\pm 2\sigma$	95.44
$\pm 3\sigma$	99.74
$\pm 3.5\sigma$	99.96

6.1 -jadvalda har xil og'ish chegaralari (ishonchlilik oralig'i) ehtimoli (ishonchlilik darajasi) ko'rsatilgan. Ishonchlilik intervallari va ishonchlilik darajasi tushunchalari keyinchalik ushbu bobda batafsilroq muhokama qilinadi.

Masala 6.10

Bir silindri dvigatel uchun silindri bloklarni ketma-ket ishlab chiqarishda silindrlarning diametriga (D) bardoshlik normal taqsimlanadi. O'rtacha silindri teshik 4000 dyuymga, standart og'ish esa 0,002 dyuymga teng. Quyidagi holatlarning ehtimolligi qanday?

- (a) $D \pm 4.002$ da o'lchangan silindr.
- (b) $D \pm 4.005$ da o'lchangan silindr.
- (c) Silindrning o'lchangan qiymati $3.993 D \pm 4.003$.

d) O'rtacha diametrdan 2σ dan ortiq og'ish bo'lgan silindrlar rad etilsa, bloklarning necha foizi rad qilinadi?

Yechilishi:

Bu holda diametrning og'ishi $d = D$ -dir, bu yerda D -silindr diametri, p -diametrning o'rtacha qiymati. Diametri normal taqsimotga ega ekanligi aniqlandi, shuning uchun biz bu muammoni hal qilish uchun standart normal taqsimlash funksiyasidan va 6.3 -jadvaldan foydalanishimiz mumkin.

(a) $z = (D - \mu)/\sigma = (4.002 - 4.000)/0.002 = 1$. 6.3 Jadvaldan, $z = 1$ uchun, dan yuza(maydon) $z = 0$ keyin $z = 1$ hisoblanadi 0.3413. Dan yuza(maydon) $z = -\infty$ keyin $z = 0$ hisoblanadi 0.5. Keyin

$$P(-\infty \leq z \leq 1) = 0.5 + 0.3413 = 0.8413 \text{ yoki } 84.3\%$$

(b) $z = (4.005 - 4.000)/0.002 = 2.5$. 6.3 Jadvaldan, $z = 2.5$ uchun, dan, yuza(maydon) $z = 0$ keyin $z = 2.5$ hisoblanadi 0.4938. Dan maydon $z = 0$ to $z = \infty$ is 0.5. Keyin

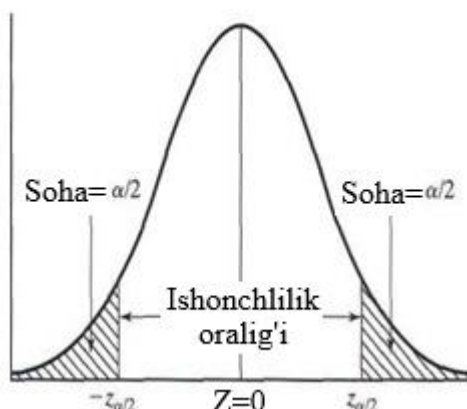
$$P(z > 2.5) = 0.5 - 0.4938 = 0.0062 \text{ yoki } 0.62\%$$

(c) $z_1 = (3.993 - 4.000)/0.002 = -3.5$ va $z_2 = (4.003 - 4.000)/0.002 = 1.5$. 6.3 Jadvaldan, quyidagini olamiz 0.4998 va 0.4332 uchun $z = 3.5$ va 1.5, tegishli ravishda. Keyin

$$P(-3.5 \leq z \leq 1.5) = 0.4998 + 0.4332 = 0.933 \text{ yoki } 93.3\%$$

(e) Agar rad etish mezonini 2σ bo'lsa, rad etilgan bloklarning ulushi quyidagicha bo'ladi

$$1 - 2 \times P(0 \leq z \leq 2) = 1 - 2 \times 0,04772 = 0,0456 \text{ yoki } 4,56\%$$



6.5-rasm. O'rtacha ishonchlik oralig'i tushunchasiga tasvir.

Oddiy normal taqsimlash funktsiyasidan va standart taqsimotning standart jadvallaridan foydalanib, biz z bo'yicha ishonchlilik oralig'ini taxmin qilishimiz mumkin. σ -

To'planning standart og'ishi, umuman ma'lum emas. Biroq, katta tanlanmalar(namunalar) uchun namunaviy standart og'ish, S , σ uchun taxminiy yaqinlashish sifatida ishlatilishi mumkin.

Ishonchlilik oralig'ining bahosi grafik 6.6 -rasmda ko'rsatilgan. Agar z nolga teng bo'lsa, demak, x uchun baho aholi soniga to'liq mos keladigan qiymatga ega. Biroq, biz haqiqiy qiymat ishonchlilik oralig'ining bir joyida bo'lishini kutamiz, bu $\pm z \alpha / 2$. Z -ning ishonchlilik oralig'ida $-z \alpha / 2$ va $z \alpha / 2$ orasidagi egri chiziq ostidagi maydon bu ikki z qiymatlari va

$1 - \alpha$ qiymatiga ega. Ishonchlilik darajasi -ehtimollik, $1 - \alpha$. A atamasi 6.6 -rasmdagi chap va o'ng dumlarning maydonlari yig'indisiga teng. Bu tushunchalarni keyinchalik quyidagicha qayta shakllantirish mumkin

$$P[-Z_{\alpha/2} \leq Z \leq Z_{\alpha/2}] = 1 - \alpha \quad (6.18)$$

Z ni almashtirib, biz quyidagini olamiz

$$P\left[-Z_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq Z_{\alpha/2}\right] = 1 - \alpha$$

Buni olish uchun o'zgartirish mumkin

$$P\left[\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right] = 1 - \alpha$$

Buni ham quyidagidek belgilash mumkin

$$\mu = \bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

ishonchlilik darajasi $1 - \alpha$ bilan

Quyidagi misol bu usulni ko'rsatadi.

Masala 6.11

Biz ma'lum bir jarayonda ishlab chiqarilgan rezistorlar partiyasining

oʻrtacha qiymati uchun ishonch oraligʻini aniqlashni xohlaymiz. 36 oʻlchovga koʻra, oʻrtacha qarshilik 25 Ω va namunaviy standart ogʻish 0,5 ga teng. Oʻrtacha partiya qarshiligi uchun 90% ishonchlilik oraligʻini aniqlang.

Yechilishi:

Kerakli ishonchlilik darajasi 90%, shuning uchun $1 - \alpha = 0.90$ va $\alpha = 0.1$. Namunalar soni 30 dan oshganligi uchun biz oddiy taqsimot va (6.45b) tenglamadan foydalanishimiz mumkin. ishonchlilik oraligʻini aniqlash uchun. 6.6 -rasmdagi nomenklatura asosida biz $Z_{\alpha/2}$ qiymatini aniqlay olamiz, chunki $z = 0$ va $z = \infty$ between orasidagi maydon 0,5, $z = 0$ va $Z_{\alpha/2}$ orasidagi maydon $0,5 - \alpha / 2 = 0,45$ ga teng. ... Endi biz 6.3 -jadvalga shu ehtimollik (maydon) qiymati bilan mos $Z_{\alpha/2}$ qiymatini topishimiz mumkin. $Z_{\alpha/2}$ qiymati 1.645 ga teng. Namuna standart ogʻish S ni populyatsion standart ogʻish σ ga yaqinlashuvi sifatida biz μ noaniqlik oraligʻini quyidagicha baholay olamiz:

$$\begin{aligned} \bar{x} - Z_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} &= 25 - 1.645x \frac{0.5}{\sqrt{36}} \leq \mu \leq 25 + 1.645x \frac{0.5}{\sqrt{36}} \\ &= (24.86 \leq \mu \leq 25.14)\Omega \end{aligned}$$

Bu natijani "Oʻrtacha qarshilik $25 \pm 0.14 \Omega$ boʻladi, ishonchlilik darajasi 90% lik boʻlishi kutilmoqda" deb aytish mumkin.

Agar namuna oʻlchami kichik boʻlsa ($n < 30$), bosh toʻplamning standart ogʻishi namunaviy standart ogʻish bilan ifodalanishi mumkin degan taxmin notoʻgʻri boʻlishi mumkin. ishonchlilik oraligʻi kengroq boʻladi. Kichik namunalar uchun : t Studentning statistik maʼlumotlardan foydalaniladi:

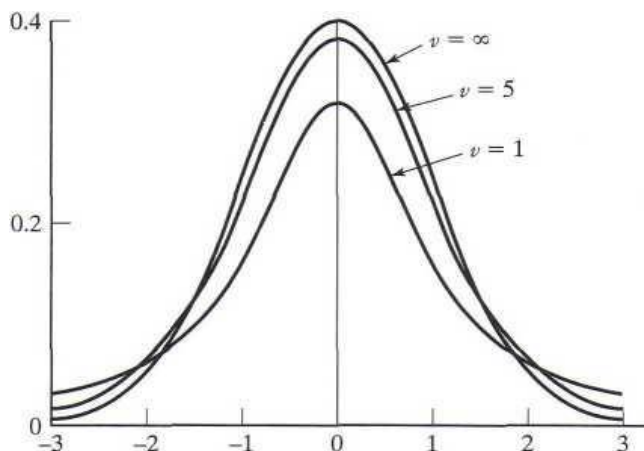
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S / \sqrt{n}} \tag{6.19}$$

Bu formulada \bar{x} - namunaviy oʻrtacha, S - namunaviy standart ogʻish va n - namuna oʻlchami. Namuna hajmiga bogʻliq boʻlmagan oddiy taqsimotdan farqli oʻlaroq, namunalar soniga bogʻliq boʻlgan t-taqsimot funksiyalari oilasi mavjud. t-taqsimot funksiyasining funksional shakli (qarang Lipson va Shet, 1973) berilgan.

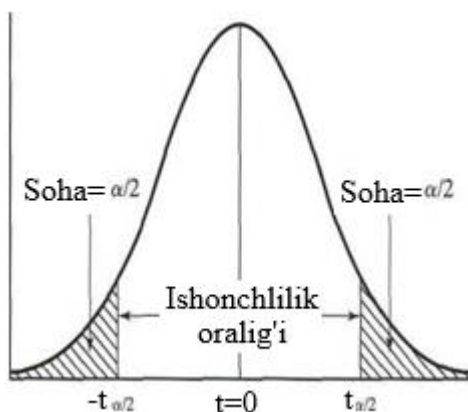
$$f(t, \nu) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)\left(1+\frac{t^2}{\nu}\right)^{(\nu+1)/2}} \quad (6.20)$$

$G(x)$ - bu gamma funktsiyasi deb nomlanuvchi standart matematik funktsiya va uni AQSh Savdo Vazirligi jadvallari kabi matematik funktsiyalar jadvalidan olish mumkin (1964). - erkinlik darajasi deb nomlanuvchi parametr. Statistika taxmin qilish uchun nazariy jihatdan zarur bo'lgan minimal o'lchovlarni hisobga olmaganda, mustaqil o'lchashlar soni bilan aniqlanadi. Masalan, ishlab chiqarish partiyasidagi mil diametrini taxmin qilish uchun minimal o'lchashlar soni 1 ga teng. Agar biz diametrni aniqroq aniqlash uchun 10 o'lchash olsak, $n - 1 = 9$. (6.48) formulasidan foydalanib, tahlilni bajaring. Funktsiya int ga o'rnatilgan. elektron jadvallar va statistik tahlil dasturlari. Ushbu kurs maqsadlari uchun barcha kerakli qiymatlarni bitta jadvaldan olish mumkin.

6.7 -rasm [(6.48) tenglamaga mos egri chiziq] erkinlik darajasining har xil qiymatlari uchun Studentning t -taqsimotini ko'rsatadi. Oddiy taqsimot singari, bu simmetrik egri chiziq. Namunalar soni ortishi bilan t -taqsimoti normal taqsimotiga yaqinlashadi. ν ning kichik qiymatlari uchun taqsimot pastroq cho'qqisi bilan kengroq bo'ladi.



6.6-rasm. Studentning t -taqsimoti yordamida ehtimollik zichligi funktsiyasi.



6.7-rasm. Styudentning t-taqsimoti yordamida mos keladigan qiymat uchun egri chiziq.

t-taqsimotidan foydalanib, namuna o'rtacha ishonch oralig'ini kichik darajadagi namunalar uchun ma'lum darajadagi ishonch bilan baholash mumkin (30 dan kam). t-taqsimot oddiy taqsimot bilan bir xilda qo'llaniladi, faqat mos keladigan qiymat uchun egri chiziq 6.7-rasmda ko'rsatilgandek tanlanadi. $t_{-\alpha/2}$ va $t_{\alpha/2}$ orasida bo'lish ehtimoli $1 - \alpha$ ga teng. Buni quyidagicha shakllantirish mumkin

$$P[-t_{\alpha/2} \leq t \leq t_{\alpha/2}] = 1 - \alpha \quad (6.21)$$

t ni qo'yib(almashtirib), biz quyidagini olamiz

$$P\left[-t_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} \leq t_{\alpha/2}\right] = 1 - \alpha \quad (6.22a)$$

Buni berish uchun quyidagicha o'zgartirish mumkin

$$P\left[\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}\right] = 1 - \alpha \quad (6.22b)$$

Bu tenglamani ham shunday yozish mumkin

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{shonchlilik darajasi } 1 - \alpha \text{ bilan} \quad (6.23)$$

Masala 6.12

Videomagnitafon tizimi ishlab chiqaruvchisi videomagnitafon markasining o'rtacha ishdan chiqish vaqtini 95% ishonchlilik bilan baholamoqchi. Oltita tizim ishlaymay qolishi uchun sinovdan o'tkazildi va quyidagi ma'lumotlar (o'yin vaqtlari bo'yicha) olindi: 1250, 1320, 1542,

1464, 1275 va 1383. To'plam bo'yicha o'rtacha va 95% ishonchlilik oralig'ini aniqlang.

Yechilishi:

Namuna hajmi kichik bo'lgani uchun ($n < 30$), ishonchlilik oralig'ini baholashda t-taqsimotidan foydalanishimiz kerak. Lekin birinchi navbatda biz ma'lumotlarning o'rtacha va standart og'ishlarini hisoblashimiz kerak.

$$\bar{x} = \frac{1250 + 1320 + 1542 + 1464 + 1275 + 1383}{6} = 1372 \text{ soat}$$

$$S = \frac{\left[(1250 - 1372)^2 + (1320 - 1372)^2 + (1542 - 1372)^2 + (1464 - 1372)^2 + (1275 - 1372)^2 + (1383 - 1372)^2 \right]^{1/2}}{5}$$

$$= 114 \text{ soat}$$

95% ishonchlilik darajasi $\alpha = 0.05$ ga to'g'ri keladi. 6.6 -jadvaldan $\nu = n - 1 = 5$ va $\alpha/2 = 0,025$ $t_{\alpha/2} = 2,571$ uchun taqsimot. Tenglamadan. (6.51) o'rtacha ishlaymay qolish vaqti bo'ladi

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} = 1372 \pm 2.571 \times \frac{114}{\sqrt{6}} = 1372 \pm 120 \text{ soat}$$

Shuni ta'kidlash kerakki, agar biz ishonchlilik oralig'ini oshirsak, u holda taxminiy interval ham kengayadi va aksincha.

Masala 6.13

6.12 -misolda 95% ishonchlilik oralig'ini ± 120 soatdan ± 50 soatgacha kamaytirish uchun, videomagnitafon ishlab chiqaruvchisi ko'proq tizimlarni ishdan chiqishiga sinab ko'rishga qaror qiladi. Yana qancha tizimni sinab ko'rish kerakligini aniqlang.

Yechilishi:

Namunalar sonini oldindan bilmasligimiz sababli, biz mos t-taqsimot egri chizig'ini tanlay olmaymiz. Shunday qilib, qaror qabul qilish jarayoni sinov va xatolar jarayonidir. O'lchashlar sonining birinchi bahosini olish uchun biz $n > 30$ deb hisoblaymiz, shuning uchun normal taqsimotdan foydalanishimiz mumkin. Keyin (6.46) tenglama qo'llanilishi mumkin va ishonchlilik oralig'i quyidagicha bo'ladi

$$\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{x} \pm 50$$

Shunday qilib

$$Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 50 \text{ va } n = \left(Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{50} \right)^2$$

95% ishonchlilik darajasi uchun $\alpha/2 = 0.025$. Standart normal taqsimotdan foydalanib, 6.3 -jadvaldan topamizki, $Z_{0.025} = 1.96$. $S = VIA$ (6.12 -misol) dan foydalanib, baholash sifatida biz σ uchun birinchi n bahoni olamiz:

$$n = \left(1.96 \times \frac{114}{50} \right)^2 = 20$$

$N < 30$ bo'lgani uchun biz standart taqsimot o'rniga t-taqsimotidan foydalanishimiz kerak. - Keyingi test uchun $n = 20$ dan foydalanishimiz mumkin. 6.6 -jadvaldan $n - 1 = 19$ va $\alpha / 2 = 0.025$ uchun $t = 2.093$ ni olamiz. Bu t qiymati formuladan foydalanish mumkin. (6.51) n ning yangi qiymatini baholash uchun:

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} = \bar{x} \pm 50$$

$$t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} = 50$$

$$n = \left(t_{\alpha/2} \frac{S}{50} \right)^2 = \left(2.093 \frac{114}{50} \right)^2 = 23$$

Biz bu raqamni t uchun yangi qiymatni olish va n ni qayta hisoblash uchun test qiymati sifatida ishlatishimiz mumkin, lekin natija bir xil. Shuni esda tutingki, qo'shimcha testlar o'tkazilganda, namunaning o'rtacha qiymati, xx ham o'zgarishi mumkin va endi 1372 soat qiymatiga ega bo'lmasligi mumkin.

6.4.2 To'plam dispersiyasini(o'zgarishini) intervalli baholash

Ko'pgina hollarda tasodifiy o'zgaruvchining o'zgaruvchanligi uning tegining qiymati kabi muhimdir. Aholi σ^2 **dispersiyasini(o'zgarishini)** eng yaxshi bahosi S^2 namunasining dispersiyasidir. Aholining o'rtacha qiymatida bo'lgani kabi, taxminiy tafovut uchun ham ishonch oralig'ini o'rnatish kerak. Oddiy taqsimlangan populyatsiyalar uchun ishonch oralig'ini o'rnatish uchun χ^2 ("kse kvadrati" deb talaffuz qilinadi) deb nomlangan statistik ma'lumotlardan foydalaniladi. Aholining o'rtacha qiymati μ bo'lgan tasodifiy o'zgaruvchini ko'rib chiqaylik. va standart og'ish σ . Agar \bar{x} teng deb faraz qilsak, tenglama. (6.6) ni quyidagicha yozish mumkin

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1} \quad (6.24)$$

χ^2 tasodifiy o'zgaruvchisi quyidagicha aniqlanadi

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{\sigma^2} \quad (6.25)$$

(6.52) va (6.53) tenglamalarni birlashtirib quyidagini olamiz

$$\chi^2 = (n - 1) \frac{S^2}{\sigma^2} \quad (6.26)$$

Ya'ni, χ^2 o'zgaruvchisi namunaning dispersiyasini bosh to'plamning dispersiyasi bilan bog'laydi. χ^2 tasodifiy o'zgaruvchidir va normal taqsimlangan sonda uning ehtimollik zichligi funktsiyasi quyidagi ifoda bilan aniqlanishi ko'rsatilgan.

$$f(\chi^2) = \frac{(\chi^2)^{(v-2)/2} e^{-\chi^2/2}}{2^{v/2} \Gamma(v/2)} \quad (6.27)$$

Uchun $\chi^2 > 0$

bu yerda v - erkinlik darajasi, Γ - gamma funktsiyasi, uni AQSh Savdo Vazirligi (1964) kabi standart jadvallardan olish mumkin.

Maydoni $\alpha/2$. 6.7-jadvalda $\alpha/2$ - faqat o'ng qo'l dumining maydoni. Masalan, 90% ishonchlilik darajasi va $v = 10$ uchun χ^2 ning interval chegara

qiymatlarini topishni ko'rib chiqamiz. Bu holda, $\alpha = 1 - 0.9 = 0.1$, shuning uchun har bir dumning maydoni $\alpha/2 = 0,05$ ga teng. Biz x^2 ning yuqori qiymatini 6.7 -jadvalda 0.05 deb belgilangan ustun ostida qidiramiz va $x^2_{10,005} = 18.307$ ni olamiz. x^2 ning pastki qiymati uchun o'ng qo'l dumining maydoni $1 - \alpha/2 = 0.95$ ga teng. 0.95 deb belgilangan ustun ostida biz $x^2_{10,095} = 3.9403$ ni olamiz. x^2 taqsimoti va testi normal taqsimlangan ma'lumotlar uchun ishlab chiqilgan bo'lsa-da, ular ko'pincha boshqa taqsimotlarga ega bo'lgan to'plamlar uchun qoniqarli tarzda qo'llaniladi.

Masala 6.14

Ishlab chiqarish partiyasidagi rulmanlar diametrining bir xilligini baholash uchun 20 ta namuna tanlanadi va ehtiyotkorlik bilan o'lchanadi. Namunaning o'rtacha qiymati 0,32500 dyuym va namunaviy standart og'ish 0,00010 dyuym. Ishlab chiqarish partiyasining standart og'ishi uchun 95% ishonchlilik oralig'ini olamiz.

Yechilishi: Biz taqsimot normal deb hisoblaymiz va biz quyidagiga ega bo'lamiz

$$\nu = n - 1 = 19 \quad \alpha = 1 - 0.95 = 0.05 \quad \alpha/2 = 0.025$$

6.7 -jadvaldan $\nu = 19$ va $\alpha/2 = 0.025$ va $1 - \alpha/2 = 0.975$ rentabellik uchun foydalanish

$$X^2_{19,0.025} = 32.825 \text{ va } X^2_{19,0.975} = 8.907$$

Tenglama 6.58 yordamida biz standart og'ish oralig'ini aniqlay olamiz:

$$(20 - 1)0.0001^2/32.825 \leq \alpha^2 \leq (20 - 1)0.0001^2/8.907 \text{ yoki } 0.000076 \leq \sigma < 0.00015 \text{ dyuym.}$$

6.5 Shubhali ma'lumotlar nuqtalarining og'ish mezon

Ba'zi tajribalarda, bir yoki bir nechta o'lchangan qiymatlar qolgan ma'lumotlarga mos kelmaydigan bo'lib qoladi. Agar aniq qiymatlarni o'lchashda aniq kamchiliklar aniqlansa, ularni yo'q qilish kerak. Lekin ko'pincha noto'g'ri bo'lib tuyulgan ma'lumotlarni biron bir aniq muammo bilan izlab bo'lmaydi. Bu yod bo'lgan yoki g'ayrioddiy ma'lumotlar nuqtalarini rad etishning bir qancha statistik usullari mavjud. Ushbu usullarning asosi paydo bo'lish ehtimoli past bo'lgan qiymatlarni yo'q

qilishdir. Masalan, o'rtacha qiymatdan ikki yoki uchdan ortiq standart og'ishlar bilan og'ishgan ma'lumotlar qiymatlari rad etilishi mumkin. Namuna hajmini hisobga olish uchun odatda ikki sigma yoki uch sigma rad etish mezonlari o'zgartirilishi kerakligi aniqlandi. Bundan tashqari, rad etish mezoni qanchalik kuchli ekanligiga qarab, yaxshi ma'lumotlar o'chirilishi yoki yomon ma'lumotlar kiritilishi mumkin.

Hujjatda tavsiya etilgan o'lchash noaniqligi (ASME, 1998) bu o'zgartirilgan *Tompson t texnikasi*. Bu usulda, agar bizda o'rtacha \bar{x} va standart og'ish S bo'lgan n o'lchashlar bo'lsa, ma'lumotlarni x_1, x_2, \dots, x_n ko'tarilish tartibida joylashtirish mumkin. Haddan tashqari qiymatlar (eng yuqori va eng past) shubhali. Bu shubhali nuqtalar uchun og'ish quyidagicha hisoblanadi va eng katta qiymat tanlanadi. Keyingi qadam - jadvaldan τ qiymatini topish (bu yerda 6.8 -jadval sifatida berilgan). δ ning eng katta qiymatini τ mahsuloti va standart og'ish S bilan solishtirish kerak, agar δ qiymati τS dan oshsa, ma'lumotlar qiymati chetga chiqish sifatida rad etilishi mumkin. Ushbu usulga ko'ra, faqat bitta ma'lumot qiymatini yo'q qilish kerak. Qolgan ma'lumotlarning o'rtacha va standart og'ishlarini hisoblash va jarayonni takrorlash kerak. Ma'lumotlar yo'q qilinmaguncha, jarayonni takrorlash mumkin.

Shuni ta'kidlash kerakki, chet xadni yo'q qilish umuman ijobiy hodisa emas, ehtimol, o'lchash tizimi bilan bog'liq muammo yuzaga kelgan. Chiqib ketishning keng tarqalgan sabablaridan biri, ma'lumotlarni yozib olishda inson xatosi, ko'pchilik ma'lumotlar avtomatik ravishda qayd etilganligi sababli kamroq tarqalgan. Cheklangan ma'lumotlarni rad etishning boshqa usullari Lipson va Sheth (1973) tomonidan taqdim etilgan. $u = f(x)$ ma'lumotlar to'plamidagi chegaralarni aniqlash usuli ushbu bobda keyinroq keltirilgan.

$$\delta_i = |x_i - \bar{x}| \quad (6.28)$$

Tompson qiymati, τ

Namunaning kattaligi		Namunaning kattaligi	
n	τ	n	τ
3	1.150	22	1.893
4	1.393	23	1.896
5	1.572	24	1.899
6	1.656	25	1.902
7	1.711	26	1.904
8	1.749	27	1.906
9	1.777	28	1.908
10	1.798	29	1.910
11	1.815	30	1.911
12	1.829	31	1.913
13	1.840	32	1.914
14	1.849	33	1.916
15	1.858	34	1.917
16	1.865	35	1.919
17	1.871	36	1.920
18	1.876	37	1.921
19	1.881	38	1.922
20	1.885	39	1.923
21	1.889	40	1.924

Source: ASME (1998).

Masala 6.15

Zanjirdagi to'qqizta kuchlanish o'lchashlari quyidagi qiymatlarni keltirib chiqardi: 12.02,12.05,11.96,11.99,12.10,12.03,12.00,11.95,12.16 V. Qiymatlarning birortasini rad etish mumkinligini aniqlang.

Yechilishi: To'qqizta qiymat uchun $\bar{V} = 12,03$ V va $S = 0,07$ V. Biz Tompson t testidan foydalanamiz. Mumkin bo'lgan nosozliklarni aniqlash. Eng katta va eng kichik qiymatlar tashqarida bo'lishi mumkin. Bizda quyidagilar bor

$$\delta_1 = |V_{largest} - V| = |12.16 - 12.03| = 0.13$$

$$\delta_1 = |V_{smallest} - \bar{V}| = |11.95 - 12.03| = 0.08$$

$n = 9$ uchun 6.8-jadvaldan foydalanib, biz $t = 1,777$ ekanligini aniqlaymiz. Keyin $ST = 0,07 \times 1,77 = 0,12$. $\delta_1 = 0.13$ bo'lgani uchun u STdan oshadi va rad etilishi kerak. Endi biz S va \bar{V} ni qayta hisoblab, mos ravishda 0,05 va 12,01 ni olishimiz mumkin ($n = 8$, $p = 1.749$ va $ST = 0.09$ uchun). Shuning uchun qolgan ma'lumotlar nuqtalarining hech biri rad etilmasligi kerak.

Korrelyatsiya koeffitsientidan foydalanishda e'tiborga olish kerak bo'lgan ikkita qo'shimcha ehtiyot choralari eslatib o'tish kerak. Birinchidan, bitta yomon ma'lumotlar nuqtasi r_{xy} qiymatiga kuchli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Iloji bo'lsa, koeffitsientni baholashdan oldin chetga chiqishlarni aniqlash kerak. Korrelyatsiya koeffitsientining muhim qiymati bir o'zgaruvchining o'zgarishi boshqa o'zgaruvchining o'zgarishiga olib keladi degan xulosaga kelish ham xato. Sababi muammo haqidagi boshqa bilimlardan aniqlanishi kerak.

Masala 6.16

Poyga mashinasining aylanish vaqtlari atrof-muhit haroratiga bog'liq deb taxmin qilinadi. Xuddi shu haydovchiga ega bo'lgan bir mashina uchun quyidagi ma'lumotlar turli poygalarda o'lchandi:

6.3-jadval

Atrof -muhit harorati (°F)	40	47	55	62	66	88
Davr(sikl) vaqti(s)	65.3	66.5	67.3	67.8	67	66.6

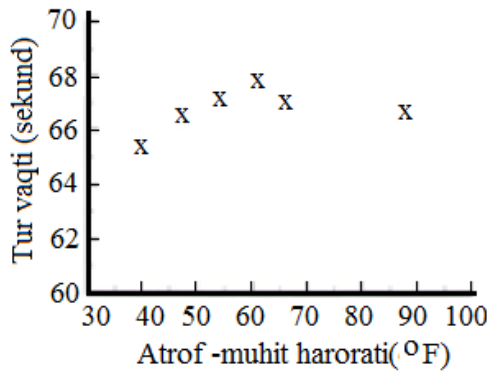
Ushbu ikki o'zgaruvchi o'rtasida chiziqli aloqa mavjudmi?

Yechilishi: Birinchidan, biz ma'lumotlarni E6.16 -rasmda ko'rsatilgandek tuzamiz. Syujetdan ko'rinib turibdiki, aylanish vaqti va atrof-muhit harorati o'rtasida kuchsiz musbat korrelyatsiya mavjud bo'lishi mumkin, ammo biz korrelyatsiya koeffitsientini hisoblab, bu korrelyatsiya haqiqiy yoki sof tasodif tufayli bo'lishi mumkinligini aniqlashimiz mumkin. Bu koeffitsientni tenglama yordamida aniqlashimiz mumkin. (6.60). Quyidagi hisoblash jadvali tayyorlanadi:

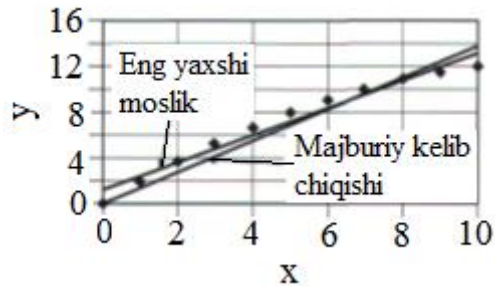
6.4-jadval

Hisoblash jadvali

T/r	x	y	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1	40	65.3	-19.67	386.78	-1.45	2.10	28.52
2	47	66.5	-12.67	160.44	-0.25	0.06	3.17
3	55	67.3	-4.67	21.78	0.55	0.30	-2.57
4	62	67.8	2.33	5.44	1.05	1.10	2.45
5	66	67	6.33	40.11	0.25	0.06	1.58
6	88	66.6	28.33	802.78	-0.15	0.02	-4.25
7	$\Sigma=358.00$	$\Sigma=400.50$		$\Sigma=1417.33$		$\Sigma=3.66$	$\Sigma=28.90$



6.8-rasm. Vaqt bilan haroratning bog‘liqlik grafiqi.



6.9-rasm. Vaqt bilan haroratning bog‘liqlik grafiqi.

Eng kichik kvadratlar majburiy kelib chiqishi bilan.

Ma'lumotni eng mos keladigan chiziq qanchalik yaxshi aks ettirishining yana bir o‘lchashi tomonidan berilgan standart baholash xatoligi deyiladi

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - b \sum y_i - a \sum x_i y_i}{n - 2}} \quad (6.29)$$

Ma'lum bo'lishicha, bu ma'lumotlar nuqtalari va eng mos chiziq o'rtasidagi farqlarning standart og'ishi va u y bilan bir xil birliklarga ega.

Ba'zi hollarda, chiziq boshqacha ($x = 0, y = 0$) o'tishga majbur bo'lgan chiziqli regressiyaning biroz boshqacha shakli qo'llaniladi. Ushbu shakl ko'pincha asboblarni kalibrlash uchun ishlatiladi, bunda o'lchashdan oldin nol ofset nolga o'rnatilishi mumkin. Bu holat 6.13 -rasmda ko'rsatilgan. Agar tenglik shakliga eng mos keladigan chiziqli bo'lsa. (6.62) ishlatilsa, eng mos chiziq koordinatadan o'tmaydi. Agar chiziq boshidan o'tishga majbur bo'lsa, moslik unchalik yaxshi emas, lekin o'rnatilgan egri $x = 0$ bo'lganda to'g'ri qiymatni beradi.

Boshlanish joyi (0,0) ga o'rnatilganda, o'rnatilgan chiziq quyidagi shaklga ega bo'ladi

$$Y = ax \quad (6.30)$$

a qiymati quyidagidan hisoblanadi

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Eng kichik kvadratlarni moslashtirishning bu shakli umumiy elektron jadval dasturlarining standart xususiyati hisoblanadi.

Masala 6.17

Ushbu ma'lumotlarga eng yaxshi chiziqli moslikni aniqlaymiz, ma'lumotlarni (V, L) chizma bo'yicha chizamiz va baholashning standart xatoligini, shuningdek aniqlash koeffitsientini hisoblaymiz.

Bu ma'lumotlarga eng to'g'ri chiziqli moslikni aniqlaymiz, ma'lumotlarni (V, L) uchastkaga chizib oling va taxminiy xatolikni, shuningdek aniqlash koeffitsientini hisoblang.

6.5-jadval

L(cm)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
V(V)	0.05	0.52	1.03	1.50	2.00	2.56

Yechilishi: Ushbu muammoni hal qilish uchun biz ma'lumotlarni (6.67) tenglamaga almashtiramiz. Jadvalda individual summa qanday hisoblanganligi ko'rsatilgan:

6.6-jadval

Individual summa qanday hisoblanganligini ko'rsatuvchi jadval

T/r	x_i	$(\bar{x}_i)^2$	y_i	$x_i y_i$	$(\bar{y}_i)^2$
1	0	0	0.05	0	0.0025
2	0.5	0.25	0.52	0.26	0.2704
3	1	1	1.03	1.03	1.0609
4	1.5	2.25	1.5	2.25	2.25
5	2	4	2	4	4.0
6	2.5	6.25	2.56	6.4	6.5536
7	$\Sigma x_i = 7.5$	$\Sigma (x_i)^2 = 13.75$	$\Sigma y_i = 7.66$	$\Sigma x_i y_i = 13.94$	$\Sigma (y_i)^2 = 14.137$

Keyin,

$$a = \frac{6 \times 13.94 - 7.5 \times 7.66}{6 \times 13.75 - 7.5^2} = 0.9977$$

va

$$b = \frac{13.75 \times 13.94 - 7.5 \times 7.66}{6 \times 13.75 - 7.5^2} = 0.0295$$

Natijada eng mos chiziq

$$Y = 0.9977\% + 0.0295$$

bu yerda Y - kuchlanish va x - siljish. Ma'lumotlar bilan birgalikda eng mos chiziq **E6.17**-rasmda ko'rsatilgan.

Ushbu ma'lumotlar uchun standart xatolik(6.69) tenglamadan olingan:

$$S_{y.x} = \left(\frac{14.137 - 0.0295 \times 7.66 - 0.9977 \times 13.94}{6 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.0278$$

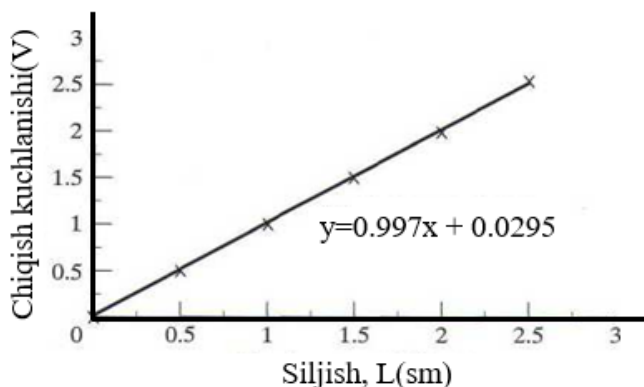
Bu y ma'lumotining eng mos chiziq bilan bashorat qilingan qiymatlardan og'ishini(chetlanishini) ifodalaydi.

Endi (6.68) tenglama yordamida determinatsiya koeffitsientini hisoblashimiz mumkin. **Hech narsa** $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i = \frac{1}{6}(7.66) = 1.27666$ biz quyidagi jadvalni hisoblaymiz

6.7-jadval

Natijaviy hisoblar jadvali

T/r	x_i	y_i	$(Y_i - y_i)^2$	$(y - \bar{y})^2$
1	0	0.05	0.000419	1.504711
2	0.5	0.52	7.02E-05	0.572544
3	1	1.03	7.63E-06	0.060844
4	1.5	1.5	0.000681	0.049878
5	2	2	0.000623	0.523211
6	2.5	2.56	0.00131	1.646944
7			$\Sigma(Y_i - y_i)^2 = 0.00311$	$\Sigma(y - \bar{y})^2 = 4.358133$



6.10-rasm. Chiqish kuchlanishining siljishga bog'liqligi.

r^2 shunday bo'ladi

$$r^2 = 1 - \frac{\Sigma(Y_i - y_i)^2}{\Sigma(y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{0.00311}{4.358133} = 0.999286$$

Birga yaqin bu yuqori qiymat E6.17-rasmda ko'rsatilgan natijalar grafigiga mos keladi.

Sharh: Chiziqli regressiya - bu statistik dasturlar va elektron jadvallarni aksariyat dasturlarining standart xususiyati. Siz faqat ma'lumotlar ustunlarini kiritishingiz kerak, qolgan hisob-kitoblar esa darhol amalga oshiriladi. Excel® da regressiyani Инструменты / Анализ данных (Asboblar / Ma'lumotlarni tahlili) ostida topish mumkin. b (o'zaro faoliyat (kesishish) koeffitsienti), a (o'zgaruvchi koeffitsienti $\times 1$), r^2 (kvadrat R) va S_x, y (standart xatolik) uchun qiymatlar ko'rsatiladi. Quyidagicha foydalanish uchun boshqa ko'plab ma'lumotlar ham ishlatiladi Eng kichik kvadratlar usuli haqida ba'zi muhim fikrlarni hisobga olish kerak:

1. Ma'lumotlarning o'zgarishi normal taqsimlangan va tasodifiy sabablarga ko'ra qabul qilinadi.

2. $Y = ax + b$ munosabatini chiqarishda u qiymatlarda tasodifiy o'zgarish mavjud, x qiymatlari esa xatosiz deb faraz qilamiz.

3. Xato u yo'nalishi bo'yicha minimallashtirilganligi sababli, agar x ni y uchun qiymat asosida baholansa, noto'g'ri xulosa chiqarish mumkin. X ning y ($X = cy + d$) bo'yicha chiziqli regressiyasini $Y = ax + b$ dan oddiygina chiqarib bo'lmaydi.

6.6.4 Ma'lumotlarni o'zgartirish yordamida chiziqli regressiya

Odatda, test ma'lumotlari qaram va mustaqil o'zgaruvchilar o'rtasidagi chiziqli munosabatni ham ko'rsatmaydi va chiziqli regressiya to'g'ridan - to'g'ri foydali emas. Biroq, ba'zi hollarda, ma'lumotlarni chiziqli shaklga o'tkazish mumkin, so'ngra to'g'ri chiziqni chiziqli regressiya yordamida taxmin qilish mumkin. Osonlik bilan chiziqli bo'lishi mumkin bo'lgan ma'lumotlar munosabatlarining misollari $y = axb$ va $y = a + bx$. Bu nisbatlarda a va b - doimiy qiymatlar, x va y - o'zgaruvchilar. Masalan, $y = a + bx$ tenglamani ko'rib chiqiladi. Har bir tomonning tabiiy logarifmlarini olsak, $\ln(y) = bx + \ln(a)$ ni olamiz. $\ln(a)$ shunchaki doimiy bo'lgani uchun, bizda $\ln(y)$ x ning chiziqli funktsiyasi bo'lgan shakl mavjud.

Masala 6.19

In a compression process in a piston-cylinder device, air pressure and temperature are measured. Table E6.19 presents these data. Determine an

explicit relation of the form $T = F(P)$ for the given data.

Yechilishi:

Ma'lumotlar E6.19 (a) rasmda keltirilgan. Ko'rib turganingizdek, haroratning bosimga bog'liqligi egri. Ushbu turdagi siqilish jarayonida termodinamikadan ma'lumki, harorat va bosim shakl tenglamasi bilan quyidagicha bog'liq.

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

bu yerda T - absolyut harorat, P - absolyut bosim va n - haqiqiy siqish jarayoniga bog'liq bo'lgan politropik eksponenta(ko'rsatkich) deb nomlangan raqam. Bu birliklar tizimi uchun Tablar = TF + 460.0. Agar T / T0 uchun tenglamaning har ikki tomonining tabiiy logarifmlarini olsak, quyidagicha ega bo'lamiz.

6.8-jadval

Bosimning haroratga bog'liqlik jadvali

Bosim (psia)	Harorat(°F)
20.0	44.9
40.4	102.4
60.8	142.3
80.2	164.8
100.4	192.2
120.3	221.4
141.1	228.4
161.4	249.5
181.9	269.4
201.4	270.8
220.8	291.5
241.8	287.3
261.1	313.3
280.4	322.3
300.1	325.8
320.6	337.0
341.1	332.6
360.8	342.9

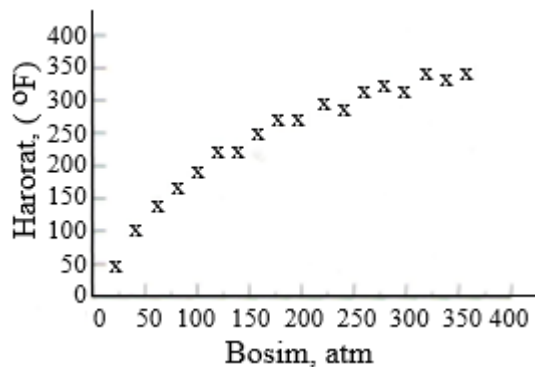
shakl tenglamasi quyidagicha

$$\ln(T) = a \ln(P) + b$$

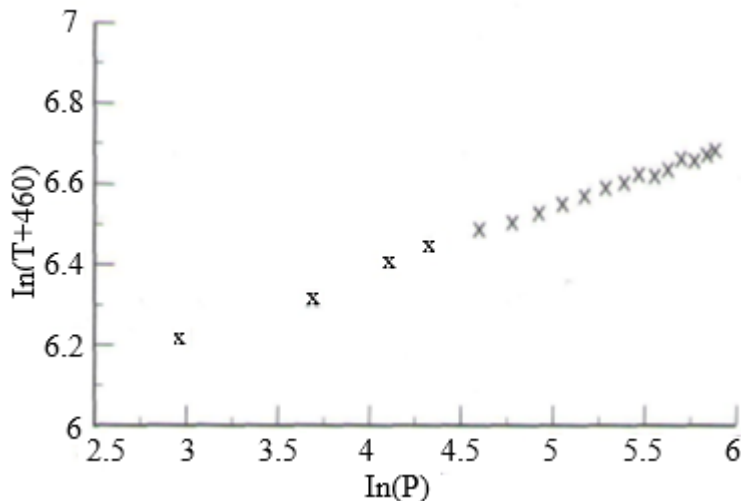
bu yerda $a = (n - 1) / n$ va b - boshqa doimiy. Bu shaklda $\ln(T) - \ln(P)$ ning chiziqli funksiyasi. Bosim va mutlaq haroratning tabiiy logarifmlari E6.19 (b) -rasmida chizilgan. Ma'lumotlar endi taxminan to'g'ri chiziq bo'ylab ketayotganga o'xshaydi. Eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib, eng mos keladigan to'g'ri chiziq tenglamasi quyidagicha bo'ladi

$$\ln(T + 460) = 0.1652 \ln(P) + 5.7222$$

Bu zarur funktsional shakl; $T, ^\circ\text{F}$ va P kvadrat dyuym uchun funtda.



a)



b)

6.11-rasm. Tajriba natijalari.

Ko'p xadli va polinomli regressiya

Regressiya tahlili hozirgacha keltirilgan usullarga qaraganda ancha umumiydir. Bir nechta mustaqil o'zgaruvchiga ega bo'lgan holatlar uchun (ko'p xadli regressiya) yoki mustaqil o'zgaruvchidagi polinomlar uchun (polinomli regressiya) eng yaxshi mos keladigan funktsiyalarni aniqlash mumkin. Bu usullar uchun hisob -kitoblar juda zerikarli bo'lishi mumkin, lekin ular statistik tahlil dasturlarining standart funktsiyalari bo'lib, oddiy jadval dasturlarida ko'p xadli funktsiyalar mavjud.

Ko'p xadli regressiyada biz shaklning quyidagi ko'rinishdagi funktsiyasini qidiramiz

$$Y = a_0 + a_1\hat{x}_1 + a_2\hat{x}_2 + a_3\hat{x}_3 + \dots + a_k\hat{x}_k \quad (6.31)$$

Bizda bir nechta mustaqil o'zgaruvchilar bo'lishi mumkin $\hat{x}_1 \dots \hat{x}_k$. Avvaliga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchi har bir mustaqil o'zgaruvchining chiziqli funktsiyasi bo'lib tuyulishi mumkin, lekin aslida bu usul umumiyroq bo'lib, 6.5.4 -bo'limda ko'rsatilgan o'zgaruvchiga aylantirishga o'xshaydi. Shuning uchun tenglamada x o'rniga \hat{x} ishlatiladi. (6.72). \hat{x} mustaqil o'zgaruvchilar bo'lishi mumkin yoki ular mustaqil o'zgaruvchilar funktsiyalari bo'lishi mumkin. Misol tariqasida, ikkita mustaqil o'zgaruvchi x va x_2 bo'lgan vaziyatni ko'rib chiqing. Biz uchta \hat{x} dan foydalanishimiz mumkin:

$$\begin{aligned}\hat{x}_2 &= x_2 \\ \hat{x}_3 &= x_1x_2\end{aligned}$$

Bu holda, \hat{x}_3 - ikkita mustaqil o'zgaruvchining hosilasi.

Nazariy asos oddiy chiziqli regressiya bilan bir xil (6.5.2 -bo'lim). Har bir ma'lumot nuqtasi uchun xatolik

$$e_i = Y_i - y_i = a_0 + a_1\hat{x}_{1i} + a_2\hat{x}_{2i} + a_3\hat{x}_{3i} + \dots + a_k\hat{x}_{ki} - y_i$$

Xatoliklar kvadratlarining yig'indisi quyidagidan iborat

$$P = \sum (a_0 + a_1\hat{x}_{1i} + a_2\hat{x}_{2i} + a_3\hat{x}_{3i} + \dots + a_k\hat{x}_{ki} - y_i)^2$$

$$\text{Bu yerda } \sum = \sum_{i=1}^n$$

Keyin E har bir a bo'yicha qisman differentsiatsiya bilan minimallashtiriladi va keyin har bir tenglamani nolga qaytaradi. Keyin

tenglamalar tizimini a qiymatlari uchun bir vaqtning o'zida echish mumkin.

Ko'p xadli regressiyaning muhim jihatlaridan biri shundaki, eng yaxshi moslashishning etarliligini baholash oddiy chiziqli regressiyaga qaraganda ancha qiyin. Buning sababi shundaki, mos uchastkalarini yaratish mumkin bo'lmasligi mumkin (chunki funktsiya uch yoki undan ortiq o'lchamlarga ega) va statistik parametrlarni aniqlash koeffitsienti (r^2) kabi talqin qilish qiyinroq. [Ko'p regressiya natijalarini talqin qilish haqida qo'shimcha ma'lumot olish uchun Devore (1991) va Montgomeri (1998) kabi matnlarga qarang.]

Masala 6.20

Quyidagi ma'lumotlar yog' aralashmasining zichligini harorat va massa ulushiga bog'liq bo'lgan uch xil yog'li komponentni ifodalaydi:

6.9-jadval

Yog' aralashmasining zichligini harorat va massa ulushiga bog'liqligini o'rganish uchun ma'lumotlar

T_k	m_1	m_2	m_3	ρ_{mixt}
300	0	1	0	879.6
320	0	0.5	0.5	870.6
340	0	0	1	863.6
360	0.5	0	0.5	846.4
380	0.5	0.25	0.25	830.8
400	0.5	0.5	0	819.1
420	1	0	0	796
440	1	0	0	778.2

Quyidagi ko'pxadli regressiyaning koeffitsientlarini toping

$$\rho_{mixt} = a_0 + a_1T + a_2m_1 + a_3m_2 + a_4m_3$$

bu yerda ρ_{mixt} - aralashmaning zichligi, T - harorat, m_1 , m_2 , m_3 - neft komponentlarining massa ulushlari.

Yechilishi:

Excel® elektron jadvalida kirish jadvali quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

6.10-jadval

T(K)	m1	m2	m3	rhomix
300	0	1	0	879.6
320	0	0.5	0.5	870.6
340	0	0	1	863.6
360	0.5	0	0.5	846.4
380	0.5	0.25	0.25	830.8
400	0.5	0.5	0	819.1
420	1	0	0	796
440	1	0	0	778.2

Elektron jadval dasturida regressiya funktsiyasini chaqirish quyidagi natijani beradi:

6.11-jadval

Yakuniy natija	
<i>Koeffitsientlar</i>	
To'xtatish	4636.991971
X Variable 1	-0.592043796
X Variable 2	-3592.60073
X Variable 3	-3578.259367
X Variable 4	-3570.666667

"To'xtatish" a_0 , "X 1 o'zgaruvchi" a_1 , "X 2 o'zgaruvchi" a_2 , "X 3 o'zgaruvchi" a_3 va "X 4 o'zgaruvchi" a_4 . Shunday qilib, regressiya tenglamasi quyidagi shaklga ega

$$p_{\text{mixt}} = 4636.99 - 0.592044T - 3592.60m_1 - 3578.26m_2 - 3570.67m_3$$

Koeffitsientlarni yaxlitlashda juda ehtiyot bo'lish kerak. Regressiya tenglamasi ko'pincha katta sonlar orasidagi farqni o'z ichiga oladi va shuning uchun koeffitsientlarning muhim raqamlariga juda sezgir.

Ko'pgina fizikaviy munosabatlarni oddiy to'g'ri chiziq bilan ifodalash mumkin emas, lekin ularni polinom bilan osongina ifodalash mumkin. Polinomli regressiya faqat bitta mustaqil o'zgaruvchini o'z ichiga oladi, lekin darajalari birdan katta bo'lgan xadlarni o'z ichiga oladi. Polinomli regressiya tenglamasining shakli:

$$Y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_kx^k \quad (6.32)$$

bu yerda k , eng yuqori darajadagi ko'rsatkich - polinomning darajasi. Polinomli regressiya statistik dasturlarda oddiy ma'lumotlarni kiritish va kerakli polinom tartibida amalga oshirilishi mumkin. Bundan tashqari, tenglamada \hat{x} ni bajarish orqali ko'p regressiya to'plami sifatida qarash mumkin. (6.72) x bo'lishi. x^2 , x^3 va boshqalar.

Masala 6.21

Quyidagi x-y ma'lumotlarini ko'rib chiqing. Bu ma'lumotlar bo'yicha uchinchi tartibli(darajali) polinom uchun polinom regressiyasini bajaring.

6.12-jadval

X	Y
0	4.997
1	6.165
2	6.950
3	8.218
4	9.405
5	10.404
6	10.425
7	10.440
8	9.393
9	7.854
10	5.168

Yechilishi:

Biz Excel® ning ko'p regressiya funksiyasidan foydalanamiz. Kirish maydoni

6.13-jadval

X	\hat{x}^2	\hat{x}^3	Y
0	0	0	4.997
1	1	1	6.165
2	4	8	6.95
3	9	27	8.218
4	16	64	9.405
5	25	125	10.404
6	36	216	10.425
7	49	343	10.44
8	64	512	9.393
9	81	729	7.854
10	100	1000	5.168

E'tibor bering, x^2 va x^3 uchun ustunlar yaratilgan va ular regressiya modelini yaratish uchun x bilan birgalikda ishlatiladi.

Chiqish jadvali quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

6.14-jadval

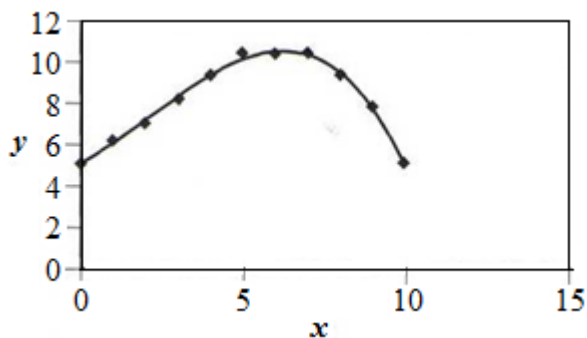
<i>Coefficients</i>	
Intercept	5.02396503
X Variable	0.83664491
X Variable	0.15865734
X Variable	-

Shunday qilib, regressiya tenglamasi quyidagi shaklga ega

$$Y = 5.02396 + 0.836645x + 0.158657x^2 - 0.0241134x^3$$

Regressiya egri chizig'i va ma'lumotlar E6.21 -rasmida ko'rsatilgan.

Oddiyroq yondashuv Excel® elektron jadval dasturida mavjud. Chizma funktsiyasi o'rnatilgan polinomli regressiya funktsiyasiga ega. Sizga kerak bo'lgan yagona narsa - bu ma'lumotlarni chizish, trend chizig'i funktsiyasini tanlash va polinomning tartibini ko'rsatish.



6.12 –rasm. Regressiya egri chizig'i va ma'lumotlar

Sharh: Ma'lumotlarni moslashtirish uchun yuqori darajali polinomlardan foydalanish ba'zida kutilmagan qiyinchiliklarga olib kelishi mumkin. Ma'lumotlarning kichik noaniqligi eng yaxshi nofizikaviy tebranishlarga olib kelishi mumkin. Odatda ikkinchi darajali moslashishda hech qanday muammo bo'lmaydi, lekin uchinchi tartibli yoki undan yuqori polinomlar asossiz natijalar berishi mumkin. Bunga yo'l qo'ymaslik uchun,

ma'lumotlar bilan taqqoslab, muvofiqligini tekshirish kerak.

Tasodifiy o'zgaruvchilarning chiziqli funktsiyalari. Boshqa tasodifiy o'zgaruvchilar funktsiyasi bo'lgan o'zgaruvchining o'zi tasodifiy o'zgaruvchidir. y o'zgaruvchisi x_1, x_2, \dots, x_n o'zgaruvchilarning chiziqli funktsiyasi bo'lsa, eng oddiy holatni ko'rib chiqing:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 \dots \dots \dots + a_nx_n \quad (6.33)$$

Devor (1991) shuni ko'rsatadiki, agar x bir -biridan mustaqil bo'lsa, y ning o'rtacha va standart og'ishi quyidagicha baholanishi mumkin

$$\mu_y = a_0 + a_1\mu_{x_1} + a_2\mu_{x_2} + \dots + a_n\mu_{x_n} \quad (6.34)$$

va

$$\sigma_y = \left[(a_1\sigma_{x_1})^2 + (a_2\sigma_{x_2})^2 \dots (a_n\sigma_{x_n})^2 \right]^{1/2} \quad (6.35)$$

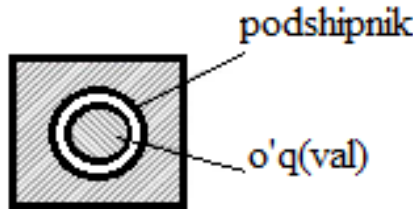
Bu tenglamalar tugallangan(tayyor) qismlar va boshqa ilovalarda dopusklarni(bardoshliklarni) baholashda foydalidir.

Masala 6.22

E6.22 -rasmda ko'rsatilgandek, podshipnikning valini ko'rib chiqing. Valning diametri D_s 25.400 mm, podshipnikning ichki diametri D_b 25.451 mm. Val diametrining standart og'ishi 0,008 mm va podshipnik diametrining standart og'ishi 0,010 mm. Qoniqarli ishlash uchun podshipniklar orasidagi diametr (bo'shliq) farqi 0,0381 mm dan 0,0635 mm gacha bo'lishi kerak. Yakuniy yig'malarning(qurilishlarning) qanchasi qoniqarsiz bo'ladi?

Yechilishi:

DD diametrlaridagi farq D_b va D_s ning chiziqli funktsiyasidir: $DD = D_b - D_s$. Keyin (6.75) va (6.76) tenglamalari oraliqning o'rtacha va standart og'ishini baholash uchun ishlatilishi mumkin:



6.13 –rasm. Podshipnik va val

$$\mu_{\Delta D} = 25.451 - 25.400 = 0.051 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\Delta D} = [0.010^2 + 0.008^2]^{1/2} = 0.013 \text{ mm}$$

Qabul qilinadigan qismlarning ulushi standart normal taqsimlanish funksiyasi ostidagi yuzaga(maydonga) teng bo'ladi

$$Z_1 = \frac{0,0381-0,051}{0,013} = -0,99 \quad Z_2 = \frac{0,0635-0,051}{0,013} = 0,096$$

6.9 -misolda bo'lgani kabi, biz egri chiziq ostidagi yuza(maydon) 0,67 ekanligini topamiz. Shunday qilib, qurilishlarning 67 foizi qabul qilinadi va 33 foizi rad etiladi.

Sharh: Bunday yuqori inkor qilishlar foizi qabul qilinishi mumkin emas. Inkor qilishlar foizini pasaytirish uchun ikkita narsani qilishingiz mumkin. Ishlab chiqarish jarayonini takomillashtirish orqali standart og'ishlarni kamaytirish mumkin. Shu bilan bir qatorda, muqobil sifatida qismlarni tanlash asosida moslashtirish mumkin - katta vallar katta podshipniklar bilan, kichik vallar kichik podshipniklar bilan birlashtiriladi.

EKSPERIMENTAL MA'LUMATLARNI STATISTIK TAHLILI UCHUN KOMPYUTER PROGRAMMALARINI QO'LLANISH

Statistik tahlil va ma'lumotlarni taqdim etish ko'plab muhandislik va biznes loyihalarining ajralmas qismiga aylandi. Ko'pgina zamonaviy elektron jadval dasturlari ba'zi statistik funktsiyalarni o'z ichiga oladi, va ba'zi elektron jadval dasturlari keng statistik imkoniyatlarga ega. Eng yaxshi dasturlar nafaqat o'rtacha va standart og'ishlarni, kataklar(hujayralar) bo'yicha ma'lumotlarni saralashni va gistogrammalarni tuzishni, balki chiziqli regressiya koeffitsientlari va korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblashni ham o'z ichiga oladi. Ularda umumiy tarqatish funktsiyalari uchun o'rnatilgan jadvallar mavjud (oddiy, i-taqsimlash va chi-kvadrat). Shuningdek, individual statistik tahlil vazifalari uchun bir nechta maxsus dasturiy paketlar mavjud. Agar jiddiy statistik tahlil rejalashtirilgan bo'lsa, o'quvchi(talaba) ushbu paketni mavjud paketlar uchun tekshirishi kerak.

7 -bob Eksperimental noaniqlik tahlili

7.1 Kirish

7.2 Noaniqliklarning tarsimlanishi - umumiy mulohazalar

7.3 Noaniqlikning tizimli va tasodifiy komponentlarini hisobga olish

7.4 Elementar xatolik manbalari

7.5 Ko'p o'lchashli tajribalarning yakuniy natijalarida noaniqlik

7.6 Yagona o'lchash tajribalarining yakuniy natijalarida noaniqlik

7.7 Noaniqlikni tahlil qilishning bosqichma-bosqich tartibi

7.8 Ishlab chiqaruvchining noaniqlik ma'lumotlarining talqini

7.9 Raqamli ma'lumotlarni yig'ish tizimlarida noaniqlik tahlilini qo'llash

7.10 Bir martalik tajribalar uchun qo'shimcha fikrlar

7.11 Xulosa

Muammolar

7.1 Kirish

7.2 Noaniqliklarning taqsimlanishi - umumiy mulohazalar

7.3 Noaniqlikning tizimli va tasodifiy komponentlarini hisobga olish

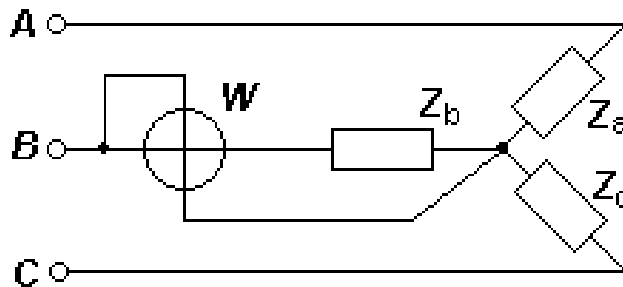
Har qanday eksperimental o'lchash noaniqlikning ba'zi darajasini o'z ichiga oladi, bu o'lchash uskunasi noaniqligi, o'lchangan miqdorlarning tasodifiy o'zgarishi va ma'lumotlar - qisqartirish munosabatlaridagi yaqinlashuvlar kabi sabablardan kelib chiqishi mumkin. Individual o'lchashlardagi barcha bu noaniqliklar oxir-oqibat yakuniy natijalardagi noaniqlikka aylanadi. Ushbu "noaniqlikning tarsimlanishi" har qanday muhandislik tajribasining muhim jihati hisoblanadi. Noaniqlik tahlili o'lchash usullari va asboblarni tanlashda yordam berish

uchun eksperimentni loyihalash bosqichida amalga oshiriladi. Bu, shuningdek, natijalarning to'g'riligini ko'rsatish uchun ma'lumotlar yig'ilgandan keyin amalga oshiriladi. Noaniqlik tahlili tekshirish va tajribada tuzatish harakatlarini aniqlash uchun foydali vositadir. Noaniqlik tahlilining asosiy jihatlari ushbu mavzuda keltirilgan.

Quvvat va qarshilikni o'lchash

$P=VI$ quvvatni aniqlash uchun voltmetr va ampermetrning ko'rsatkichlari qo'llaniladigan testni ko'rib chiqamiz. Natijalarni $P=A+wp$ ko'rinishida bayon qilmoqchimiz, bu yerda A - quvvatning raqamli qiymati va w_p - baholangan noaniqlik. Agar voltmetr va ampermetr ko'rsatkichlari w_v va w_A noaniqlik oraliqlariga ega bo'lsa, biz noaniqlik w_p ni taxmin qilishimiz kerak. $P=VI$ tenglamada o'lchangan V va I kattaliklarning noaniqliklari P natijaning noaniqligiga aylanadi. Quyidagi chizmalarda V, I, P va R ni o'lchashga tegishli rasmlar tasvirlangan hamda hisoblash ifodalaridan misollar keltirilgan.

Simmetrik uch fazali yuklama ulangan zanjirda yagona vattmetr bilan quvvatni o'lchash sxemasi. Umumiy quvvat $P = 3W$.



7.1-rasm. Yagona vattmetr yordamida quvvatni o'lchash sxemasi.

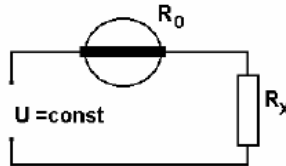
Qarshilikni o'lchash

Qarshilikni o'lchash uchta usulga(turga) bo'linadi:

1-tokli(ketma-ket) usul;

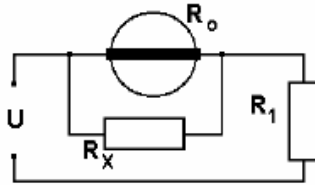
1-tokli(ketma-ket) usulda umumiy qarshilik va xatoliklar quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{umum} = U/I_A = R_X + R_0; \quad \delta = (R_0/R_X) \cdot 100\%$$



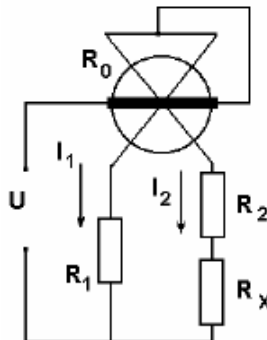
7.2-rasm. Tokli(ketma-ket) usulning sxemasi.

2-kuchlanish(parallel) usuli;



7.3-rasm. Kuchlanish(parallel) usulida o'lchash sxemasi.

3-chiziqli shkalaga ega ommetr yordamida o'lchash usuli.



7.4-rasm. Chiziqli shkalaga ega ommetr yordamida o'lchash usuli sxemasi.

Qarshilikni o'lchash:

2-kuchlanish(parallel) usulidagi hisoblash ifodalari:

$$U_0 = U_X;$$

$$R_X I_X = R_0 I_0;$$

$$I_1 = I_X + I_0;$$

$$I_1 = \frac{U}{\frac{R_0 \cdot R_X}{R_0 + R_X} + R_1};$$

$$I_1 = \frac{U}{\frac{R_0 \cdot R_X}{R_0 + R_X} + R_1};$$

$$I_X = I_0 \frac{R_0}{R_X}; \quad I_1 = I_0 \left(\frac{R_0}{R_X} + 1 \right);$$

$$I_0 = U \frac{R_X}{R_0 \cdot R_X + R_1 (R_0 + R_X)} = U \frac{1}{(R_0 + R_1) + \frac{R_1 R_0}{R_X}}.$$

7.4 Elementar xatolik manbalari

7.5 Ko'p o'lchashli tajribalarning yakuniy natijalarida noaniqlik

7.6 Yagona o'lchash tajribalarining yakuniy natijalarida noaniqlik

7.7 Noaniqlikni tahlil qilishning bosqichma-bosqich tartibi

7.8 Ishlab chiqaruvchining noaniqlik ma'lumotlarining talqini

7.9 Raqamli ma'lumotlarni yig'ish tizimlarida noaniqlik tahlilini qo'llash

7.10 Bir martalik tajribalar uchun qo‘shimcha fikrlar

Quyida 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9 va 7.10 bo‘limlarga mos amaliy misollar tahlil qilib o‘rganiladi.

(7.2) tenglamaning kontseptual asosi Koleman va Steel (1989) va Teylor (1982) da muhokama qilingan. Bu kvadratlarning ildiz yig‘indisi (RSS) sifatida ma‘lum. (7.2) tenglamada, R natijasining noaniqligining ishonchlilik darajasi x_i lar o‘qidagi noaniqliklarning ishonchlilik darajalari bilan bir xil bo‘ladi. Shuning uchun (7.2) formulada ishlatilgan barcha noaniqliklar bir xil ishonchlilik darajasida baholanishi muhim.

$$w_R = \sum_{i=1}^n \left| w_{x_i} \frac{\partial R}{\partial x_i} \right| \quad (7.1)$$

$$w_R = \left(\sum_{i=1}^n \left[w_{x_i} \frac{\partial R}{\partial x_i} \right]^2 \right)^{1/2} \quad (7.2)$$

(7.2) tenglamani ishlatishda sezilarli cheklov mavjud: o‘lchangan o‘zgaruvchilarning har biri bir - biridan mustaqil bo‘lishi kerak. Ya’ni, bitta o‘zgaruvchining xatosi boshqasining xatosi bilan bog‘liq bo‘lmasligi kerak. Agar o‘zgaruvchilar mustaqil bo‘lmasa, unda so‘z bir oz boshqacha bo‘ladi. [Sm. ASME (1998) va Koleman va Steel (1989).] (7.1) va (7.2) tenglamalardan foydalanish 7.1 -misolda ko‘rsatilgan.

R natijasi faqat o‘lchangan o‘zgaruvchilar mahsulotiga bog‘liq, ya’ni

$$R = C x_1^a x_2^b \dots x_m^N \quad (7.3)$$

(7.1) tenglamaning oddiy shaklini olishini quyida ko‘rsatish oson

$$\frac{w_R}{R} = \left\{ \left(a \frac{w_1}{x_1} \right)^2 + \left(b \frac{w_2}{x_2} \right)^2 + \dots + \left(N \frac{w_n}{x_n} \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (7.4)$$

Bu formuladan foydalanish osonroq, chunki R natijasining

kasr noaniqligi individual o‘lchashlarning kasrli noaniqligi bilan bevosita bog‘liq. Ko‘rsatkichlarning har biri [formulada. (7.5)] yoki [7.6 tenglamadagi] a, b, ..., N koeffitsientlari musbat yoki manfiy bo‘lishi mumkin.

Formulalarning (7.2) va (7.4) muhim xususiyatlaridan biri shundaki, qo‘shilishdan oldin individual atamalar kvadratga bo‘linadi, natijada katta noaniqliklar ustunlik qiladi. Umuman olganda, siz bir nechta kichik xatolik manbalarini kamaytirishdan ko‘ra, bitta katta xato manbasini kamaytirish orqali ko‘p narsani olishingiz mumkin. (7.2) tenglamani, shuningdek, zarur asbob aniqligi va eksperimental yondashuvning yaroqliligini aniqlash uchun eksperimentni loyihalash bosqichida ham ishlatish mumkin. 7.2 -misol - dizayn bosqichida (7.4) tenglamadan foydalanishning oddiy namoyishi.

Muammolar

Masala 7.1

Rezistiv elektr zanjirida quvvat sarfini hisoblash uchun ($P = VI$) kuchlanish va tok o‘lchandi, bu quyidagiga teng bo‘lib chiqdi.

$$V = 100 \pm 2 \text{ V}$$

$$I = 10 \pm 0.2 \text{ A}$$

Mumkin bo‘lgan maksimal xatolikni hisoblang [(7.3) tenglama], shuningdek, eng yaxshi bahoning noaniqligi [(7.4) tenglama] quvvatni hisoblashda. Faraz qilaylik, V va I noaniqliklarining ishonch darajasi bir xil.

Biznes: Biz (7.3) va (7.4) tenglamalardan foydalanib eng yaxshi quvvatni ($P = VI$) baholash maksimal noaniqligi va noaniqligini hisoblash uchun. Buning uchun V va I ga nisbatan P ning xususiy hosilalarini hisoblashimiz kerak:

$$\frac{\partial P}{\partial V} = I = 10.0 \text{ A} \quad \text{va} \quad \frac{\partial P}{\partial I} = V = 100.0 \text{ V}$$

Keyin,

$$(w_P)_{\max} = \left| \frac{\partial P}{\partial V} w_V \right| + \left| \frac{\partial P}{\partial I} w_I \right| = 10 \times 2 + 100 \times 0.2 = 40 \text{ W}$$

$$w_P = \left(\left(\frac{\partial P}{\partial V} w_V \right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial I} w_I \right)^2 \right)^{1/2} = ((10 \times 2)^2 + (100 \times 0.2)^2)^{1/2}$$

$$= 28.3 \text{ W}$$

Sharh:

Maksimal noaniqlik 40 Vt - bu quvvatning 4% ($P = VI = 100 \times 10 = 1000 \text{ Vt}$), 28,3 Vt bo'lgan noaniqlik bahosi esa 2,8% quvvat. Maksimal xatoliklarning bahosi ham ko'p hollarda.

Masala 7.2

Manometrlar - bosimni o'lchaydigan asboblardan bo'lib, ular suyuqlik ustuni balandligini o'lchash orqali bosimni aniqlaydi. Biz maksimal ko'rsatkich 10 kPa dan 0,1% aniqlikka erishmoqchimiz. Buni o'lchash aniqligi 1/10 mm bo'lgan quduq manometri (bosim o'lchagichi) deb ataladigan bosim o'lchagich yordamida amalga oshirish mumkin. Zichligining nominal qiymati 2500 kg/m^3 bo'lgan o'lchash suyuqligining ruxsat etilgan xatoligini baholang.

Yechilishi:

Bosim o'lchagich uchun bosim va o'lchangan ustun balandligi o'rtasidagi bog'liqlik:

$$P = \rho g h$$

bu yerda ρ - manometr suyuqligining zichligi, g - erkin tushish tezlanishi, h - suyuqlik ustunining balandligi. g ning qiymati boshqa parametrlarga qaraganda ancha yuqori aniqlikda ma'lum deb taxmin qilinadi. Ushbu qurilmaning maksimal bosim ko'rsatkichi uchun h qiymati quyidagidan iborat bo'ladi

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{10,000}{(2500 \times 9.81)} = 0.408 \text{ m}$$

Maksimal bosim xatoligi 10 kPa dan 0,1% bo'lib, u 10 Pa ni tashkil

qiladi. (7.4) o'lchangan suyuqlikning zichligi noaniqligini baholash uchun ishlatilishi mumkin:

$$w_p^2 = \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)^2 (w_V)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial I}\right)^2 (w_I)^2 = (10.0)^2 = 100 \text{ Pa}^2$$

$$\frac{\partial P}{\partial \rho} = gh = 9.81 \times 0.408 = \frac{4.00 \text{ m}^2}{\text{s}^2}$$

$$\frac{\partial P}{\partial h} = g\rho = 9.81 \times 2500.0 = \frac{24525.0 \text{ kg}}{\text{m}^2 - \text{s}^2}$$

$$w_h = 0.0001 \text{ m}$$

Bu qiymatlarni noaniqlik tenglamasiga qo'yib, biz quyidagini olamiz

$$100 = (4.00 \times w_\rho)^2 + (24525.0 \times 0.00010)^2$$

$$w_\rho = 2.4 \text{ kg/m}^3$$

Suyuqlik zichligini o'lchashda ruxsat etilgan maksimal xatolik

$$\frac{2.4}{2500} = 0.1 \%$$

Masala 7.3

Kimyo sanoatida og'irlikni o'lchash datchiklari davriy jarayonda kimyoviy aralashmaning massasini o'lchash uchun ishlatiladi. 10 o'lchashga ko'ra, o'rtacha og'irlik 750 kg. Ko'p sonli oldingi o'lchashlardan ma'lumki, o'lchashlarning standart og'ishi 15 kg ni tashkil etadi (bu $t = 2.0$ da 95% ishonchlilik darajasi uchun). Agar yukni solish idishlari(xujayralari) tasodifiy o'lchash noaniqligini keltirib chiqarmasa, 95% ishonchlilik darajasini quyidagilar uchun hisoblang.

(a) har bir o'lchashning standart og'ishi va tasodifiy noaniqligi.

(b) o'nta o'lchashning o'rtacha standart og'ish va tasodifiy noaniqlik.

Yechilishi: Bu muammoda,

$$S_x = 15 \text{ kg}$$

ko'p sonli oldingi o'lchashlardan olingan va

$$M = 10,$$

o'rtacha qiymatni aniqlash uchun ishlatiladigan o'lchashlar soni.

(a) Har bir (bitta) o'lchash uchun (7.12) formulaga muvofiq standart og'ish

$$S_x = 15 \text{ kg}$$

va bitta o'lchashning noaniqligi quyidagiga teng

$$P_x = tS_x = 2S_x = 30 \text{ kg}$$

(b) O'rtacha $x = 750 \text{ kg}$ o'lchov uchun standart og'ish

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{(M)^{1/2}} = \frac{15}{(10)^{1/2}} = 4.7 \text{ kg}$$

O'rtacha qiymatning tasodifiy noaniqligi quyidagiga teng

$$P_{\bar{x}} = 2S_{\bar{x}} = 2 \times 4.7 = 9.4 \text{ kg}$$

Masala 7.4

Tabiiy gazning issiqlik berish xossasini (qiymatini) baholashda gaz maydonidan 10 ta namuna olinadi va har bir namunaning issiqlik berish xossasi (qiymati) kalorimetr bilan o'lchanadi. O'lchangan kJ / kg issiqlik berish xossasi (qiymatlari) quyidagicha:

48530, 48980, 50210, 49860, 48560, 49540, 49270, 48850, 49320, 48680.

Kalorimetrning o'zi tasodifiy o'lchash noaniqligini keltirib chiqarmaydi, deb (95% ishonchlilik darajasi uchun) quyidagilarni hisoblang:

a) har bir o'lchashning tasodifiy noaniqligi.

(b) o'lchashlarning o'rtacha tasodifiy noaniqligi.

(v) o'lchashlarning o'rtacha tasodifiy noaniqligi. S 'katta namunadan hisoblangan ($n > 30$); lekin (a) va (b) qismlarida hisoblangan ma'noga ega.

Yechilishi:

X1 issiqlik berish xossasi(qiymati) bo'lgan holda, o'rtacha

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 49180 \text{ kJ/kg}$$

Namuna(tanlanma)ning standart og'ish quyidagiga teng

$$S_x = \left[\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)} \right]^{1/2} = 566.3 \text{ kJ/kg}$$

(a) 95% ishonchlilik darajasi va $10-1 = 9$ erkinlik darajasi uchun Styudentning t-taqsimotidan (6.6-jadval) foydalanib, biz $t = 2.26$ ekanligini topamiz.

(7.12) tenglamadan har bir namunadagi tasodifiy noaniqlik quyidagiga teng bo'ladi.

$$P_t = tS_x = 2.26 \times 566.3 = 1280 \text{ kJ/kg}$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{(n)^{1/2}}$$

(b) o'shandan beri

o'rtacha tasodifiy noaniqlik quyidagicha bo'ladi

$$P_{\bar{x}} = \frac{tS_x}{(n)^{1/2}} = \frac{2.26 \times 566.3}{10^{1/2}} = 404.7 \text{ kJ/kg}$$

(c) o'rtacha qiymatning noaniqligi quyidagicha

$$P_{\bar{x}} = \frac{tS_x}{(n)^{1/2}} = \frac{2.2 \times 566.3}{10^{1/2}} = 358.2 \text{ kJ/kg}$$

Masala 7.5

7.4 -misoldagi kalorimetr ishlab chiqaruvchisi spetsifikatlanishi shuni ko'rsatadiki, qurilma to'liq o'lchashning 1,5% aniqligi 0 dan 100000 kJ / kg

gacha. (A) 7.4 -misoldagi o'rtacha o'lchashning noaniqligini va (b) 7.4 - misoldagi o'lchashdan keyin olingan 49500 kJ / kg kaloriya qiymatining bitta o'lchashini baholang.

Yechilishi:

Quyidagi ma'lumotlar mavjud:

O'rtacha qiymat	$x = 49180 \text{ kJ / kg}$
O'rtacha tasodifiy noaniqlik	$P_x = 404,7 \text{ kJ / kg}$ (95% ishonchlilik)
Bitta qiymatning tasodifiy noaniqligi	$P_x = 1280 \text{ kJ / kg}$ -
Tizimli(muntazam) noaniqlik	$B_x - 0,015 \times 100000 = 1500 \text{ kJ / kg}$ (95% ishonchlilik qabul qilinadi)

Biz "aniqlik" butunlay tizimli (muntazam) noaniqlik deb taxmin qildik. Bu masala 7.8 -bandda muhokama qilinadi.

(a) O'rtacha tasodifiy noaniqlik - 404,7 kJ / kg. (7.13) formulaga ko'ra, ishonchlilik darajasi 95% bo'lgan o'lchashlarning umumiy noaniqligi quyidagicha bo'ladi

$$w_x = (B_x^2 + P_x^2)^{1/2} = (1500^2 + 404,7^2)^{1/2} = 1554 \text{ kJ/kg}$$

bu o'rtacha 3,1% ni tashkil qiladi.

(b) Yagona o'lchashning tasodifiy xatoligi 1280 kJ / kg ni tashkil qiladi. (7.14) formulaga muvofiq keyin 95% ishonchliligi darajasiga ega bo'lgan yagona o'lchashning noaniqligi quyidagicha bo'ladi

$$w_x = (B_x^2 + P_x^2)^{1/2} = (1500^2 + 1280^2)^{1/2} = 1972 \text{ kJ/kg}$$

bu esa o'lchangan qiymatning 4,0% ni tashkil qiladi.

Tizimli noaniqlik oralig'i albatta simmetrikgina bo'lishi shart emas: o'sishdagi noaniqlik pasayishdagi noaniqlikdan farq qilishi mumkin. Bunday assimetrik holatlarda. (7.13) tenglamani ikki marta qo'llash kerak: musbat yo'nalishda umumiy noaniqlikni olish uchun va yana manfy yo'nalishda umumiy noaniqlikni olish uchun. Bu assimetrik noaniqliklar noaniqlik tahlilining qolgan qismida amalga oshirilishi kerak.

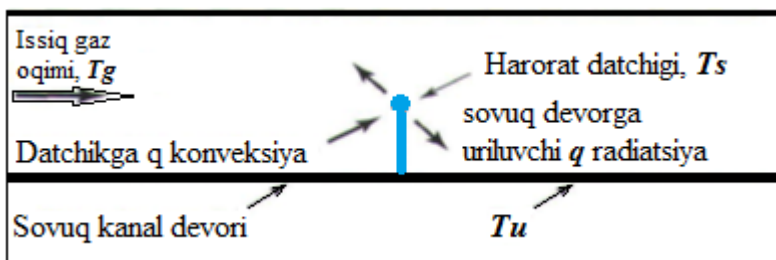
Muayyan dasturga o'lchash moslamasi o'rnatilgandan keyin katta burilish paydo bo'ladigan holatlar ko'p. Bunga gaz sovuqroq idishda bo'lganida issiq gazning haroratini o'lchash misol bo'la oladi. Sovuq idishning devorlari va o'lchash datchigi o'rtasida radiatsion issiqlik o'tkazilishi haqiqiy gaz haroratidan past bo'lgan qiymatga olib keladi. Yana bir noaniqlik manbai - bu fazodagi o'zgarishlarni aks ettiradigan asbobning joylashuvi. Berilgan fazodagi o'zgarishlarning geterogenligi fazoviy xatolik deb hisoblanadi va tizimli noaniqlikka olib keladi. Bu turdagi noaniqlikka misol bitta termometr kamerali pechdagi haroratni o'lchaganda paydo bo'ladi. Dinamik xatoliklar ham katta burilishlarga olib kelishi mumkin. Ko'pgina hollarda, bu ma'lumotni analitik sozlash orqali kamaytirish mumkin. Bu tuzatish jarayoni tizimli noaniqlik hajmini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin, lekin tuzatish jarayonining o'zi noaniq bo'lgani uchun bu jarayon tizimli xatolikni nolgacha kamaytira olmaydi. Analitik taraflama kamayishi 7.6 -misolda ko'rsatilgan.

Masala 7.6

7.5 -rasmda ko'rsatilgandek, kanaldagi issiq gaz T_g ni o'lchash uchun harorat datchigi ishlatiladi. Datchikning o'qish ko'rsatkichi 773 K va devorning harorati T_w 723 K ni tashkil qiladi. Datchik gaz haroratiga qaraganda pastroq ko'rsatkichga ega bo'lishi kutilmoqda, chunki datchik sovuq kanal devoriga radiatsion issiqlik o'tkazilishi orqali sovutiladi. Quyidagi formuladan (9 -bobda olingan) nurlanish oqibatida o'lchash xatoligini tuzatish uchun foydalanish mumkin:

$$\Delta T_{corr} = T_g - T_s = \frac{\varepsilon}{h} \sigma (T_s^4 - T_w^4)$$

Bu tenglamada $p=5,669 \times 10^{-8}\text{ Wt / m}^2\text{-K}$ qiymatiga ega bo'lgan Stefan-Boltsman doimiysi: h -gaz va harorat datchigi orasidagi issiqlik uzatish koeffitsienti; ε - datchik yuzasining emissivligi. Harorat Kelvin darajasida bo'lishi kerak. ε qiymati $0,9 + (0,1 / -0,2)$ va h qiymati $50 \pm 10\text{ Wt / m}^2\text{-K}$. O'lchangan haroratda ozgina xatolik bor deb taxmin qilish mumkin.



Noaniqliklar tizimli. Aniqlang

7.5 –rasm. Kanaldagi issiq gaz T_g ni o‘lchash uchun harorat datchigini ishlatish sxemasi.

- (a) haroratni tuzatmasi va
- (b) tuzatishning noaniqligi.

Yechilishi:

- (a) Ushbu formulaga qo‘yib, biz quyidagini olamiz

$$\Delta T_{corr} = T_g - T_s = \frac{5.669 \times 10^{-8} \cdot 0.9}{50} (773^4 - 723^4) = 86 \text{ K}$$

Noaniqliklarni baholash uchun (7.6) tenglamadan foydalanish mumkin. E’tibor bering, musbat noaniqlik oralig‘i assimetrik noaniqligi tufayli salbiy noaniqlik oralig‘idan farq qiladi. (7.6) tenglamadan foydalanib, biz buni quyidagicha topamiz

$$\frac{w_{\Delta T}^+}{\Delta T} = \left[\left(\frac{w_{\varepsilon}^+}{\varepsilon} \right)^2 + \left(\frac{w_h}{h} \right)^2 \right]^{1/2} = \left[\left(\frac{0.1}{0.9} \right)^2 + \left(\frac{10}{50} \right)^2 \right]^{1/2} = 0.23$$

$$w_{\Delta T}^+ = 0.23 \times 86 = 20 \text{ K}$$

$$\frac{w_{\Delta T}^-}{\Delta T} = \left[\left(\frac{w_{\varepsilon}^-}{\varepsilon} \right)^2 + \left(\frac{w_h}{h} \right)^2 \right]^{1/2} = \left[\left(\frac{0.2}{0.9} \right)^2 + \left(\frac{10}{50} \right)^2 \right]^{1/2} = 0.30$$

$$w_{\Delta T}^- = 0.30 \times 86 = 26 \text{ K}$$

Shunday qilib, biz gaz harorati bo‘yicha eng yaxshi baho quyidagiga

teng

$$T_g = 773 + 86 = 859 + 20/-26 K$$

7.4 ELEMENTAR XATOLIK MANBALARI

Odatda o'lchash tizimida xatolikning manbalari ko'p. Masalan, analog-raqamli o'zgartirgich kvantlanish xatoliklarini, sezuvchanlik xatoliklarini va chiziqli xatoliklarni kiritishi mumkin. Zanjirning har bir komponenti har xil turdagi xatoliklarni kiritishi mumkin. Bu xatoliklar manbalari elementar xatolik manbalari sifatida tanilgan va ularning har biri tizimli yoki tasodifiy xatolik yaratishi mumkin. Odatda, har bir x o'zgaruvchini o'lchashda elementar xatoliklarning bir nechta manbalari bo'ladi va x -dagi noaniqlik bu manbalar bilan bog'liq noaniqliklar kombinatsiyasi bo'ladi.

O'lchash tizimining x o'zgaruvchisiga nisbatan tizimli noaniqligini baholash uchun, odatda, tizim komponentlarining elementar noaniqliklarini birlashtirishning eng yaxshi amaliy usuli hisoblanadi. Aksincha, o'lchanadigan x o'zgaruvchining tasodifiy noaniqligiga kelsak, standart og'ish S_X ni aniqlashning quyidagi uchta mumkin bo'lgan yondashuvi mavjud:

(a) Sinovning yakuniy ma'lumotidan standart og'ish olinishi uchun butun testni etarli darajada bajarib. Bu aynan 7.4 -misolda bajarilgan.

(b) har bir o'lchanadigan x o'zgaruvchi uchun yordamchi tizim sinovini o'tkazib va shu tarzda olingan ma'lumotlarni S_x ni aniqlash uchun ishlating.

(c) Muayyan tajriba uchun test matritsasi, bu erda \square - individual elementar xatoliklarning erkinlik darajasi (namunadagi ma'lumotlar qiymatlari soni, minus 1), m - tenglamada birlashtirilgan elementar tasodifiy noaniqliklar soni. (7.16), va $\square x$ - x o'zgaruvchining erkinlik darajalarining qiymati. Elementar xatoliklarni birlashtirish jarayoni 7.7 va 7.8 misollarda ko'rsatilgan.

Agar tajriba x a o'zgaruvchining yakuniy o'lchashini statistik jihatdan ko'p marta takrorlashni yoki yordamchi testni o'tkazishni niyat qilsa, tasodifiy noaniqlik test ma'lumotlaridan kelib chiqishi mumkin va uni 7.2 - rasmda ko'rsatilgandek tarqatish shart emas. Biroq, tizimli noaniqlik bu

yerda ko'rsatilganidek, elementar sistematik noaniqliklardan kelib chiqishi kerak.

Masala 7.7

Kimyoviy reaksiya idishidagi bosimni o'lchash uchun yuqori sifatli bosim o'tkazgich ishlatiladi. Datchik ishlab chiqaruvchisidan quyidagi ma'lumotlar mavjud (ma'lum):

Diapazoni ± 3000 kPa

Sezuvchanligi $\pm 0,25\%$ to'liq o'lchash shkalasi uchun

Chiziqiligi $\pm 0,15\%$ to'liq o'lchash shkalasi uchun

Gisterezisi (ortda qolishi) $\pm 0.10\%$ to'liq o'lchash shkalasi uchun

O'lchangan bosimning takrorlanishini aniqlash uchun 1500 kPa kerakli o'rtacha bosimda ko'p miqdordagi yordamchi sinovlar o'tkazildi. Ushbu o'lchashlarning standart og'ishi 10,0 kPa. Aloqa tizimining alohida sinovida bir xil kirish bosimi uchun ko'p sonli sinovlar natijasida 5,0 kPa standart og'ish paydo bo'ldi. Analog-raqamli o'zgartirgichi 95% ishonchlilik darajasi uchun 3,0 kPa tasodifiy xatolikni berishi mumkin.

(a) Bosimni o'lchashning tasodifiy noaniqligini hisoblang.

(b) Bosimni o'lchashning tizimli noaniqligini hisoblang.

(c) Bosimni o'lchashning umumiy noaniqligini hisoblang.

Yechilishi:

Birinchidan, biz to'liq miqyosda foiz sifatida ifodalangan noaniqliklarni o'lchashli qiymatlarga aylantirishimiz kerak. Bosim datchigi xatoliklari bo'ladi

Sezgirlik $\pm 0,25\%$ to'liq o'lchash shkalasi uchun $= (0,25 \times 3000) / 100 = 7,5$ kPa

Chiziqililik $\pm 0,15\%$ to'liq o'lchash shkalasi uchun $v = (0,15 \times 3000) / 100 = 4,5$ kPa

Gisterezis $\pm 0.10\%$ to'liq o'lchash shkalasi uchun $= (0.10 \times 3000) / 100 = 3.0$ kPa

Tizimli xatoliklar va o'lchashlarning standart og'ishlari quyidagi jadvalda ko'rsatilgan:

Elemental Error	Systematic Uncertainty (kPa)	Standard Deviation (kPa)
Calibration	7.5	—
Hysteresis	3.0	—
Data	—	10
Transmission	—	5.0
A/D Conversion	—	3.0/2*
Data Reduction	4.5	—

*

Ko‘p sonli o‘lchashlar uchun xatolik standart og‘ishdan ikki baravar ko‘p bo‘ladi.

Bosimni o‘lchashning standart og‘ishini (7.16) formuladan foydalanib quyidagicha hisoblash mumkin:

$$S_x = (10^2 + 5.0^2 + 1.5^2)^{1/2} = 11.3 \text{ kPa}$$

Noaniqlikni aniqlash uchun o‘lchashlar soni ko‘p bo‘lgani uchun, bosimni o‘lchashning tasodifiy noaniqligi quyidagicha bo‘ladi.

$$P_x = tS_x = 2 \times 11.3 = 22.6 \text{ kPa}$$

Bosimni o‘lchashning tizimli noaniqligini quyidagi formula (7.15) yordamida hisoblash mumkin:

$$B_x = (7.5^2 + 4.5^2 + 3.0^2)^{1/2} = 9.2 \text{ kPa}$$

Ishonchlilik darajasi 95% bo‘lgan umumiy bosimni o‘lchashning xatoligi (7.14) formulasi yordamida hisoblanishi mumkin:

$$w_x = (B_x^2 + P^2)^{1/2} = (9.2^2 + 22.6^2)^{1/2} = 22.8 \text{ kPa}$$

Masala 7.8

Kimyoviy jarayonni nazorat qilishda harorat datchigi bilan o‘lchanadi, uning kalibrash xatoligi, ishlab chiqaruvchining ma’lumotiga ko‘ra $\pm 0,5$ °C. Harorat datchigi takrorlanuvchanligini tekshirishda 20 ta o‘lchashda o‘rtacha qiymati 150 °C. 1,5 °C standart og‘ish bilan ± 2 °C fazoviy burilish va ± 1 °C sozlash effekti bo‘lishi mumkinligi aniqlandi. Ma’lumot uzatish tizimining alohida sinovida 10 ta o‘lchash uchun aniqlanganida standart og‘ish 0,5 °C edi. Tekshirish dasturida harorat va kuchlanish o‘rtasidagi chiziqli bog‘liqlik qo‘llaniladi, bu esa qo‘llaniladigan diapazonda ± 1 °C gacha noaniqliklarga olib kelishi mumkin.

(a) Bu nazorat jarayonida tasodifiy noaniqlikni, erkinlik darajalari sonini va bitta harorat o‘lchashining umumiy noaniqligini hisoblang.

Ishonchlilik darajasini 95% deb hisoblang.

(b) Umumiy noaniqlikni yana bir marta (takroran) hisoblang, lekin (a) qismida hisoblangan standart og'ish katta namunalar uchun aniqlangan deb taxmin qiling ($n > 30$).

Yechilishi:

(a) Muntazam(tizimli) va tasodifiy elementar noaniqliklar quyidagi jadvalda ko'rsatilgan: ishonchlilik darajasi 95% bo'lgan tizimli noaniqliklar uchun:

Elemental Error	B(°C)	5(°C)	V
Calibration	0.5	—	—
Data Acquisition			
Repeatability		1.5	19
Spatial variation	2	—	—
Installation	1	—	—
Transmission	—	0.5	9
Data Reduction			
Linearity	1	—	—

Bu jarayonda faqat tasodifiy noaniqliklar ma'lumotlar yig'ish toifasidan kelib chiqadi. (7.16) formulaga muvofiq, haroratni o'lchashning standart og'ishi quyidagicha bo'ladi

$$S_x = (1.5^2 + 0.5^2)^{1/2} = 1.58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(7.19) tenglamadan, erkinlik darajalari soni quyidagiga teng bo'ladi

$$v = [0.0 + 1.5^2 + 0.5^2]^2 / [0.0 + 1.5^4/19 + 0.5^4/9]$$

$$v = 22.9 \text{ yoki taxminan } 23$$

23 darajali erkinlik va 95% ishonchlilik darajasi uchun Studentning t-taqsimoti (6.6-jadval) $t = 2.07$ ni beradi. Shunday qilib, har bir harorat o'lchanishining tasodifiy noaniqligi quyidagicha bo'ladi

$$P_x = tS = 2.07 \times 1.58 = 3.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(7.15) tenglamadan, haroratni o'lchashning tizimli noaniqligi quyidagicha bo'ladi

$$B_x = (0.5^2 + 2^2 + I^2 + I^2)^{1/2} = 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ishonchlilik darajasi 95% bo'lgan umumiy o'lchash xatoligini (7.14) formulasi yordamida hisoblanishi mumkin:

$$w_x = (B_x^2 + P_x^2)^{1/2} = (2.5^2 + 3.3^2)^{1/2} = 4.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(b) Agar elementlarning barcha standart og'ishlarini aniqlash uchun ko'p sonli o'lchashlar ishlatilsa, t qiymati 2,0 bo'ladi va tasodifiy noaniqlik quyidagicha bo'ladi.

$$P_x = tS_x = 2 \times 1.58 = 3.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tizimli noaniqlik (a) qismidagi kabi bo'ladi, ya'ni $B_x = 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ va o'lchashning umumiy noaniqligi quyidagiga teng bo'ladi.

$$w_x = (B^2 + S^2)^{1/2} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sharh: Bunday holda, elementar xatoliklarning kichik namunaviy hajmini hisobga olish noaniqlik bahosini sezilarli darajada o'zgartirmadi. Bu tez-tez uchraydigan hodisa: kichik namunaviy o'lcham va kichik v bilan bir nechta elementar xatoliklar bo'lsa, v jami ancha katta bo'ladi. Bu yerda S elementar qiymatlaridan biri = 9, lekin birlashgan $S \ v = 23$ edi.

7.5 Ko'p o'lchashli tajribalarning yakuniy natijalarining noaniqligi.

7.2 -bo'limda muhokama qilinganidek, yakka o'lchangan o'zgaruvchilar x_1, \dots, x_n qiymatlari yakuniy natijani hisoblash uchun birlashtiriladi:

$$R = R(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (7.20)$$

Ba'zi eksperimental vaziyatlarda M natijasi qiymatlarini aniqlash uchun testni bir necha marta takrorlash mumkin, R_1, \dots, R_M . O'rtacha R ni hisoblash mumkin va o'lchashning sochilishi standart og'ish va tasodifiy noaniqlikni baholash uchun ishlatilishi mumkin. Natijalarning o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$\bar{R} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M R_j$$

bu yerda M R o'lchashlari uchun mavjud.

Masala 7.9

Belgilangan markadagi ko'p sonli o'zgaruvchan tok dvigatellarining quvvatini sinovdan o'tkazishda o'rtacha quvvati 3,75 kVt, standart og'ish o'rtacha 0,05 kVt. Bu natijalar dvigatel tezligini va uning chiqish momentini $P = T\omega$ orqali o'lchash yo'li bilan olinadi, bu yerda P - kVt quvvat, τ - Nm moment, va ω - daqiqada aylanishlarga nisbatan radianlarda burchak tezligi (A , bir daqiqadagi aylanishlar) $\omega = 2\pi N / 60$ orqali ifodalanadi.

Qurilmaning xarakteristikalariga asoslangan moment va tezlikni o'lchash to'g'risida quyidagi ma'lumotlar mavjud:

Parameter	O'rtacha qiymat	Sistemali noaniqlik
N (ayl/min)	1760	3.0
τ (Nyuton·m)	20.3	0.3

Dvigatel chiqish quvvati umumiy o'lchash noaniqligini hisoblang. Ushbu muntazam(tizimli) noaniqliklar uchun 95% ishonchlilik darajasini qabul qiling.

Yechilishi:

Biz berilgan parametrlarning (N va r) tizimli noaniqligini natijaga (bu holda quvvatga) qadar qo'llashimiz, so'ngra esa umumiy noaniqlikni hisoblashimiz kerak.

(7.24) tenglamadan foydalanib, biz P , natijaning sistematik noaniqligini taxmin qilishimiz mumkin:

$$B_P = \left[\left(\frac{\partial P}{\partial \tau} x B_r \right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial N} x B_N \right)^2 \right]^{1/2}$$
$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = \frac{2\pi N}{60} = 2 \times 3.14 \times \frac{1760}{60} = 184.31 \text{ 1/sek}$$
$$\frac{\partial P}{\partial N} = \frac{2\pi \tau}{60} = 2 \times 3.14 \times \frac{20.3}{60} = 2.13 \text{ N} \cdot \text{m} / \left(\text{sek} \cdot \frac{\text{ayl}}{\text{min}} \right)$$
$$B_P = [(184.31 \times 0.3)^2 + (2.13 \times 3)^2]^{1/2}$$

$$B_p = 55.7 \text{ vatt} = 0.06 \text{ kVt} (95\% \text{ ishonchlilik bilan})$$

Ishonchlilik darajasi 95% va ko'p sonli o'lchashlarni hisobga olgan holda, o'rtacha quvvat o'lchashining tasodifiy noaniqligi

$$P_p = 2S_p = 2 \times 0.05 = 0,10 \text{ kVt}$$

O'rtacha quvvatni o'lchashda umumiy noaniqlikni olish uchun biz quyidagi tenglamadan foydalanishimiz mumkin.

(7.25):

$$w_p = [(B_p)^2 + (P_p)^2]^{1/2} = [0.06^2 + 0.10^2]^{1/2} = 0.12 \text{ kVt}$$

(95% ishonchlilik bilan)

Natijada, dvigatelning o'rtacha quvvati $P = 3,75 \pm 0,12 \text{ kVt}$ (ishonchlilik darajasi 95%).

Masala 7.10

Tabiiy gazda ishlaydigan ichki yonish dvigatelining issiqlik samaradorligini-FIKni (η) hisoblash uchun quyidagi munosabatlar qo'llaniladi:

$$w_p = [(B_p)^2 + (P_p)^2]^{1/2} = [0.06^2 + 0.10^2]^{1/2} = 0.12 \text{ kVt}$$

$$\eta = P / (m_f \cdot HV)$$

Bu yerda P - kVt quvvat, my - tabiiy gazning massa oqim tezligi kg / s, HV - tabiiy gazning kalorifik qiymati kJ / kg.

Dvigatel ishlab chiqarishning o'rtacha (nominal) samaradorligini - FIKni aniqlash uchun beshta dvigatel xuddi shunday sharoitda sinovdan o'tkazildi va quyidagi natijalarga erishildi:

Samaradorlik 31.0; 30,5; 30.8; 30.6; 30.2

P, mf va HV ning o'rtacha qiymatlari mos ravishda 50 kVt, 0,2 kg / min va 49,180 kJ / kg ni tashkil qiladi. Tizimli xatoliklar 0,2 kVt, 0,003 kg / min va 1500 kJ / kg deb baholandi.

Ishlab chiqarishning 95% ishonchlilik darajasi uchun samaradorlik o'rtacha va noaniqligini hisoblang.

Yechilishi: Birinchidan, biz o'rtacha samaradorlik(FIK) qiymatini

hisoblaymiz.

$$\eta = \frac{(0.310 + 0.305 + 0.308 + 0.306 + 0.302)}{5} = 0.306$$

Keyin (7.20) tenglama yordamida tizimli noaniqlikni quyidagicha baholaymiz:

$$B_{\eta} = \left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial P} x B_P \right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial m_f} x B_{m_f} \right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial HV} x B_{HV} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial P} = \frac{1}{m_f x HV} = \frac{1}{\left(\frac{0.200}{60} x 49180 \right)} = 0.0061 \frac{1}{\text{kVt}}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial m_f} = \frac{-P}{m_f^2 x HV} = \frac{-50}{\left(\frac{0.200^2}{60^2} x 49180 \right)} = -91.5 \frac{1}{\left(\frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right)}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial HV} = \frac{-P}{m_f x HV^2} = \frac{-501}{\left(\frac{0.200}{60} x 49180^2 \right)} = 6.2 x 10^{-6} \frac{1}{\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)}$$

$$B_{\eta} = \left[(0.0061 x 0.2)^2 + \left(91.5 x \frac{0.003}{60} \right)^2 + (6.2 x 10^{-6} x 1500)^2 \right]^{1/2}$$

$$B_{\eta} = 10.43 x 10^{-3} \quad \text{miqdor kattaligisiz(o'lchovsiz)}$$

E'tibor berib, m_f har bir holatda kg / min dan kg / s ga o'tish uchun 60 ga bo'linadi. Samaradorlikning standart og'ishi – bu

$$S_{\eta} = \left\{ \frac{\left[(0.310 - 0.306)^2 + (0.305 - 0.306)^2 + (0.308 - 0.306)^2 + (0.306 - 0.306)^2 + (0.302 - 0.306)^2 \right]}{5 - 1} \right\}^{1/2}$$

miqdor kattaligisiz(o'lchovsiz).

Erkinlik darajalari

$$v = M - 1 = 5 - 1 = 4$$

95% ishonchlilik darajasi va $v = 4$ uchun 6.6 -jadvaldan $t = 2.776$. (7.19) tenglamadan keyin samaradorlikning tasodifiy noaniqligi quyidagiga teng

$$P_{\eta} = \frac{tS}{M^{1/2}} = 2.776 x \frac{0.0030}{5^{1/2}} = 0.0037$$

Yuqoridagi B_v va P_v qiymatlaridan foydalanib, biz o'rtacha samaradorlik(FIK) qiymatidagi noaniqlikni hisoblashimiz mumkin:

$$w_\eta = \left[(B_\eta)^2 + (P_\eta)^2 \right]^{1/2} = [0.0104^2 + 0.0037^2]^{1/2} = 0.0110$$

Dvigatelning o'rtacha FIK(ishlsh samaradorligi) quyidagicha bo'ladi

$$\eta = (30.6 \pm 1.1)\%$$

Sharhlar: natijadan ko'rinib turibdiki, bu o'lchashda muntazam(tizimli) noaniqlik ustunlik qiladi va takroriy test cheklangan qimmatga ega bo'ladi.

YAGONA O'LCHASHDA YAKUNIY NATIJANING NOANIQLIGI

TAJRIBALAR

Tajriba bitta o'lchashli tajriba hisoblanadi, agar har bir sinov sharti uchun u bir yoki ko'p marta bajarilsa. Bir o'lchashli tajribalarda biz natijaning standart og'ishini ishonchli hisoblash uchun etarli miqdordagi test natijalariga ega emasmiz. Ushbu turdagi testlarda, har bir o'lchanadigan o'zgaruvchining tasodifiy noaniqligi odatda ishlab chiqaruvchining texnik xususiyatlari yoki yordamchi testlar kabi ikkilamchi manbadan aniqlanadi. Bir o'lchashli tajribada biz bir nechta test natijalarining noaniqligi o'rtacha emas, balki bitta test natijasining noaniqligi bilan shug'ullanamiz.

Muhandislik o'lchashlari va sinovlarining ko'pi yagona o'lchashlar toifasiga kiradi. Bularga mashinangizning tezligini, qozonning chiqish haroratini, qon bosimi va yurak urish tezligini o'lchash kabi jarayonlarni kuzatish va boshqarish uchun ishlatiladigan deyarli barcha o'lchashlar, shuningdek, murakkab muhandislik tadqiqot tajribalari kiradi.

BR tizimli noaniqligi ko'p o'lchashli tajribalarda bo'lgani kabi (7.24) tenglama yordamida olinadi. Natijaning tasodifiy noaniqligini aniqlash uchun o'lchangan kattaliklarning har birining $5X$ standart og'ishini aniqlash kerak. Bu odatda yordamchi testlar yordamida amalga oshiriladi, lekin 7.4 - bo'limda tasvirlangan oddiy tasodifiy noaniqliklarni birlashtirish orqali amalga oshirilishi ham mumkin. Natijaning standart og'ishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$S_R = \left\{ \sum_{i=1}^n \left(S_i \frac{\partial R}{\partial x_i} \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (7.26)$$

bu yerda S/ s - individual o'lgangan o'zgaruvchilarning standart og'ishlari. Har bir xususiy hosila $\partial R/\partial x_i$,, x_i o'lgangan yoki nominal qiymatlari bilan baholanadi.

BR va SR endi yakuniy natijaning umumiy noaniqligiga birlashtirilishi mumkin, bu quyidagicha aniqlanadi:

$$w_P = [(B_P)^2 + (P_P)^2]^{1/2} = [0.06^2 + 0.10^2]^{1/2} = 0.12 \text{ kVt}$$

$$w_R = [B_R^2 + (tS_R)^2]^{1/2} \quad (7.27)$$

bu yerda t-Styudentning i-qiymati. t ni aniqlash uchun SR standart og'ishining erkinlik darajasini bilish kerak. Agar barcha o'lgangan o'zgaruvchilar v qiymatlari 30 dan katta bo'lsa, t v dan mustaqil (va 95% ishonchlilik darajasi uchun 2,0 qiymatiga ega). Agar bir yoki bir nechta o'lgamli o'zgaruvchilar uchun S_x kichik namunaga asoslangan bo'lsa, unga mos keladigan qiymat Welch-Satterthwaite formasining boshqa shaklidan aniqlanishi mumkin (ASME, 1998):

$$v_R = \frac{(S_R^2)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{v_i} \left[\left(\frac{\partial R}{\partial x_i} S_i \right)^2 \right]^2 \right)}$$

7.11 va 7.12 misollar bir o'lgamli kattaliklar bilan bir o'lgashdagi noaniqlikni hisoblashni ko'rsatadi.

Masala 7.11

7.9 -misoldagi motorlardan birining chiqish quvvati o'lgash usuli - vosita momenti va aylanish tezligi bilan bitta sinovda o'lganadi. Quyidagi ma'lumotlar mavjud: - asboblarning xarakteristikalariga va ko'p sonli yordamchi o'lgashlarga asoslangan moment va tezlikni o'lgash:

Paramete	Value	Systematic	Standard
N (rpm)	1760	3.0	2.5
m	20.5	0.3	0.4

Calculate the power of the engine and the total uncertainty in the measurement of output power. Assume a 95% confidence level for the given systematic uncertainties.

Yechilishi: Dvigatelning chiqish quvvati quyidagiga teng

$$P = \tau x \left(\frac{2\pi N}{60} \right) = 20.5 x 2\pi x \frac{1760}{60} = 3778 \text{ Vatt} = 3.78 \text{ kVt}$$

Biz GV va - parametrlarining tizimli va tasodifiy noaniqliklarini natijaga qadar uzaytirishimiz, so'ngra umumiy noaniqlikni hisoblashimiz kerak.

Natijaning (quvvatning) tizimli noaniqligi 7.9 -misolda hisoblangan qiymat bilan bir xil bo'ladi, ya'ni:

$$B_p = 55.7 \text{ Vatt} = 0.06 \text{ kVt} \text{ (95\% ishonchlilik bilan)}$$

Tenglama (7.26) dan kelib chiqib, natijaning (quvvatning) standart og'ishi ■ moment va tezlikning standart og'ishlariga asoslanib quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$S_p = \left[\left(\frac{\partial P}{\partial \tau} x S_{\tau} \right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial N} x S_N \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = \frac{2\pi N}{60} = 2 x 3.14 x \frac{1760}{60} = 183.31 \text{ sek}^{-1}$$

$$\frac{\partial P}{\partial N} = \frac{2\pi \tau}{60} = 2 x 3.14 x \frac{20.5}{60} = 2.15 \text{ Nyuton} \cdot \text{metr}$$

$$S_p = [(184.31 x 0.4)^2 + (2.15 x 2.5)^2]^{\frac{1}{2}} = 73.8 \text{ Vatt} = 0.07 \text{ kVt}$$

Ishonchlilik darajasi 95% va ko'p sonli o'lchashlarni hisobga olgan holda, bitta quvvat o'lchashida tasodifiy aniqlik quyidagicha hisoblanadi

$$\begin{aligned} P_p &= 2S_p \\ &= 2 \times 0.07 = 0.14 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dvigatel quvvatini o'lchashda umumiy xatolikni olish uchun biz (7.27) tenglamadan foydalanishimiz mumkin:

$$w_P = [Bp^2 + (2S_P)^2]^{1/2} = [0.06^2 + 0.14^2]^{1/2} \\ = 0.15 \text{ kW}$$

(95% ishonchlilik bilan)

Natijada, dvigatel quvvatining yagona o'lchashi $P = 3,78 \pm 0,15 \text{ kVt}$ (95% ishonchlilik bilan).

Masala 7.12

7.10 misolidagi dvigatelda tabiiy gaz ishlatiladi, buning uchun o'rtacha isitish qiymati va noaniqlik oldindan aniqlangan. Quvvat (P) va yonilg'i massasi oqimi (m) bitta sinovda o'lchandi. Bu o'zgaruvchilar uchun quyidagi qiymatlar: tizimli xatoliklar, standart og'ishlar va mos keladigan erkinlik darajalari haqida ma'lumotlar mavjud:

Parame	X	B_x	S_x	ν
P(kW)	50	0.2	0.3	15
m_f	0.200	0.003	—	—
HV	49,180	1500	167.6	9

95% ishonchlilik darajasi uchun vosita samaradorligining yagona o'lchamining umumiy noaniqligini hisoblang.

Yechilishi: Samaradorlikning qiymati

$$\eta = P / (m_f HV) = \frac{50}{\frac{0.200 \times 49180}{60}} = 0.305 \text{ (30.5\%)}$$

Bv muntazam noaniqlik 7.10-misolda 10.43×10^{-3} sifatida aniqlangan.

7.10 - misolda hisoblangan xususiy xosilalarning qiymatlaridan foydalanib, natijaning (7.26) tenglamadan quyidagi standart og'ishini aniqlashimiz mumkin:

$$S_\eta = \left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial P} x S_P \right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial m_f} x S_{m_f} \right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial HV} x S_{HV} \right)^2 \right]^{1/2} \\ S_\eta = [(0.0061 \times 0.3)^2 + (0)^2 + (6.2 \times 10^{-6} \times 167.6)^2]^{1/2} \\ S_\eta = 2.10 \times 10^{-3}$$

Erkinlik darajasi (7.28) tenglama yordamida baholanishi mumkin:

$$v = \frac{(S)^4}{\left[\frac{\left(\frac{\partial \eta}{\partial P} x S_P\right)^4}{v_P} + \frac{\left(\frac{\partial \eta}{\partial m_f} x S_{m_f}\right)^4}{v_{m_f}} + \frac{\left(\frac{\partial \eta}{\partial HV} x S_{HV}\right)^4}{v_{HV}} \right]}$$

$$v = \frac{(2.10 \times 10^{-3})^4}{\left[\frac{(0.0061 \times 0.3)^4}{15} + 0 + \frac{(6.2 \times 10^{-6} \times 167.6)^4}{9} \right]}$$

$$v = 23$$

Masala 7.13

0-5 lb kuch datchigi kompyuterlashtirilgan ma'lumotlarni yig'ish tizimiga (DAS) ulangan. Datchikning xususiyatlari E7.13. rasmda ko'rsatilgan. Ma'lumot yig'ish komponentlari, multipleksor va analog-raqamli o'zgartirgich o'rtasida kuchaytirgich qo'shilishi bilan 4.1 rasmda ko'rsatilgan komponentlarga mos keladi. O'zgartirgichdan keladigan signal avval multipleksorga, so'ng dasturlashtiriladigan kuchaytirgichga, so'ngra analog-raqamli o'zgartirgichga o'tadi. 4.1 -rasmda ko'rsatilgan signalni sozlash moslamasi transmitter ichida joylashgan bo'lib, texnik xususiyatlar birlashtirilgan qurilmaga tegishli. DAS multipleksorni, kuchaytirgichni va analogdan raqamli o'zgartirgichni birlashtirganligi sababli, birlashtirilgan qurilma uchun quyidagi spetsifikatsiyalar ko'rsatilgan:

Bit soni: 12

Dasturlashtiriladigan kuchaytirishlar: -1, 10, 100, 1000

Kirish diapazoni: ± 10 , ± 1 , ± 0.1 , ± 0.01 , 0-10, 0-1, 0-0.1, 0-0.01 V

Kuchaytirish xatoligi: ± 2 eng kam muhim raqam

Chiziqlilik: ± 2 eng kichik bit

Issiqlik barqarorligi xatoliklari "1 LSB, nol va kuchaytirish.

CMRR xatoligi: G=100 uchun 0,7 eng kam muhim bit / voltsli umumiy rejimdagi kuchlanish; G = 1000 uchun eng kam 7 bit / volt

Ishonchlilik darajasi 95 ° bo'lgan ushbu kuch o'lchash tizimi tomonidan amalga oshirilgan bitta o'lchash noaniqligini baholang.

Yechilishi:

DAS -dan foydalanish uchun siz kuchaytirish qiymatini va kirish diapazonini tanlashingiz kerak. Konverter 2 mV/V quvvat manbai va 5 V quvvat manbai bo'lgani uchun, o'zgartirgichning maksimal chiqish quvvati 10 mV (va minimal 0V). Biz DAS uchun kirish diapazoni sifatida 0-0.01-V diapazonini tanlashimiz mumkin edi; ammo, bu tanlov o'zgartirgichga o'zgina yuklanganida hech qanday ko'rsatma olishiga yo'l qo'ymaydi. Natijada, biz 0–0,1 V diapazonini tanlaymiz, bu kuchaytirish 100 ga to'g'ri keladi. Bu shuni anglatadiki, datchik to'liq hajmda bo'lganda, DAS faqat | bo'ladi.

Masala 7.14

Jarayonni boshqarishda bug' liniyasidagi bug'ning haroratini o'lchash zarur. Buning uchun termojuftlik deb ataladigan haroratni o'lchash moslamasidan foydalanadi. Haroratni o'lchash tizimi sozlanganda 0,5 °C sistemali xatolik va 0,4 °C tasodifiy xatolik aniqlandi. O'rnatilgan o'lchash moslamasining bir nechta tekshirish sinovlari ($n > 30$) bug' liniyasining eng doimiy(oddiy) sharoitda o'tkazildi. Tizimlar ishga tushirildi va ma'lumotlar 1.0 °C standart og'ishni ko'rsatdi. Bug' liniyasidagi o'lchashda yuklama noaniqligi tizimli ravishda noaniqlikni 1.0 °C ga olib kelishi kutilmoqda, bu tizimda boshqa o'lchash noaniqligi kutilmaydi. 95 % ishonchlilik darajasi uchun nol, birinchi va V(beshinchi) tartib noaniqliklarini baholang.

Yechilishi:

NOL darajali TAHLIL: O'lchash tizimining noaniqligi

$$B_o = 0.5^{\circ}\text{C}$$

$$P_o = 0.4^{\circ}\text{C}$$

$$w_o = (0.5^2 + 0.4^2)^{1/2} = 0.64^{\circ}\text{C}$$

BIRINCHI DARAJALI TAHLIL: O'LCHANGAN MALUMOTLARDA SOCHILISH

Bu noaniqlik bug' quvurlari tizimining sinov natijalarida ($C = 1^{\circ}\text{C}$) sochilishidan kelib chiqadi. $N > 30$ va ishonchlilik darajasi 95% uchun $t = 2.0$ va

$$P_i = tS = 2 \times 1 = 2.0^{\circ}\text{C}$$

NTN-ORDER TAHLILI: O'lchashlarning umumiy noaniqligi

Bunga barcha tizimli noaniqliklar va birinchi tartibli tasodifiy noaniqliklar kiradi. Keyin biz quyidagiga ega bo'lamiz

$$B_o = 0.5^{\circ}\text{C}$$

$$B_L = 1.0^{\circ}\text{C}$$

(yuklamaning noaniqligi)

$$P_j = 2.0^{\circ}\text{C}$$

$$B_N = (B_o^2 + B_L^2)^{1/2} = (0.5^2 + 1.0^2)^{1/2} = 1.12^{\circ}\text{C}$$

$$w_N = (B_N^2 + P_j^2)^{1/2} = (1.12^2 + 2.0^2)^{1/2} = 2.3^{\circ}\text{C}$$

Shunday qilib, o'lchashning baholovchi xatoligi $\pm 2,3^{\circ}\text{C}$ dir.

Sharhlar:

1. Bizning tahlilimiz shuni ko'rsatadiki, ishlatilgan o'lchash tizimi bilan biz termojuftlik qanday o'rnatilishi yoki jarayon qanchalik barqaror bo'lishidan qat'iy nazar $\pm 0,64^{\circ}\text{C}$ dan pastroq xatolikga erisha olmaymiz.

2. Bu o'lchashdagi noaniqlik, birinchi navbatda, bug'otkazgichning o'zini o'rnatish vaqtida nobarqarorlik va yuklanish ta'siri tufayli yuzaga keladi.

Xulosa

Bu bobda o'lchash noaniqligini baholashning tizimli usuli keltirilgan. Noaniqlikni tahlil qilishdan oldin, eksperimentator komponentlarni yetarli diapazonga ega bo'lishini va bir - biriga mos kelishini ta'minlash uchun tizimni diqqat bilan o'rganishi kerak.

8 -bob Qattiq jismning mexanik qiymatlarini o'lchash

8.1 Deformatsiyani o'lchash

8.2 Sijishni o'lchash

8.3 Chiziqli tezlikni o'lchash

8.4 Burchak tezligini o'lchash

8.5 Tezlanish va tebranishni o'lchash

8.6 Kuchni o'lchash

8.7 Aylanadigan o'qning burovchi momentini o'lchash

Muammolar

8.1 Deformatsiyani o'lchash

8.2 Sijishni o'lchash

Eng keng tarqalgan deformatsiyani o'lchash usullaridan biri mo'rt qoplama usuli hisoblanadi. Sinov ob'ektining yuzasiga deformatsiyaga sezgir qoplama qo'llaniladi. Ba'zi sa'y-harakatlarning ta'siri natijasida ob'ekt deformatsiyaga uchraydi va qoplamada kichik yoriqlar paydo bo'ladi. Yoriqlar kontsentratsiyasi joylarini va ularning zichligini tahlil qilish orqali ob'ektning har bir nuqtasida deformatsiya qiymatlarini tiklash mumkin. Bunday holda, yoriq zichligi va deformatsiya miqdori o'rtasidagi bog'liqlik qo'llaniladi, bu kalibrlash nuri - bir uchiga torayib ketgan, qalin uchi qattiq mahkamlangan uning ingichka uchi oxirigacha novda yordamida chiqariladi va kuch qo'llaniladi. Ob'ektdagi kabi kalibrlash nuriga bir xil qoplama qo'llaniladi va har bir nuqtadagi deformatsiya miqdori nozik uchining siljishi bilan nazariy jihatdan aniq belgilanishi mumkin. Deformatsiyalarni o'lchash uchun bu usulning kamchiligi shundaki, u faqat statik va dinamik deformatsiyalarning maksimal qiymatini tahlil qilish uchun qo'llaniladi.

Statik deformatsiyalarni o'lchashning yana bir usuli kamroq tarqalgan - bu ob'ekt yuzasiga nozik to'rni qo'llash va keyin uni normal va deformatsiyalangan holatda suratga olishdan iborat

bo'lgan muare panjaralari usuli. Ushbu ikkita fotografik tasvirni birlashtirganda, moir deformatsiya joylarida vizual ravishda kuzatiladi - qorong'u va engil chiziqlar ketma-ketligi.

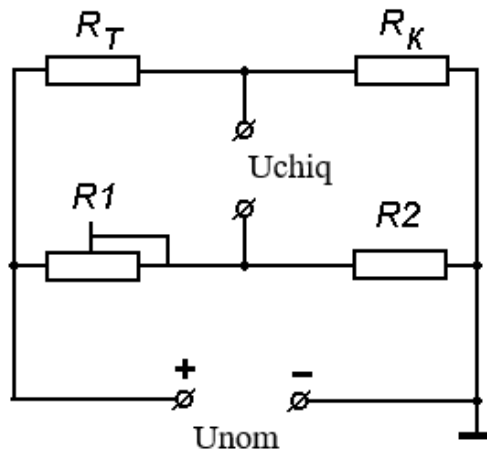
Faqat statik emas, balki dinamik deformatsiyalarni ham o'lchash uchun ular elektr o'lchovlarini amalga oshiradigan axborot o'lchash deformatsiyalari tizimlaridan foydalanishga murojaat qilishadi. Bunday tizimlarda asosiy konvertor hisoblanadi *kuchlanish o'lchagich*- deformatsiyada qarshiligini o'zgartiradigan qarshilik.

Biz yuqorida yarimo'tkazgichli (kremniy) deformatsiya o'lchagichlarni aytib o'tdik. Boshqa turdagi konvertorlar *sim bilan o'ralgan kuchlanish o'lchagichlari*, maxsus substratga qo'yilgan simni ifodalaydi (3.1-rasmga qarang). Deformatsiya o'lchagich diametri 0,015 - 0,05 mm bo'lgan ingichka simdan iborat bo'lib, ikkita elastik izolyatsiya qiluvchi yupqa qog'oz plitalari yoki lak plyonkalari orasiga panjara shaklida yotqizilgan. Hozirgi vaqtda qalinligi 0,005-0,025 mm bo'lgan kazınmış folga deformatsiya o'lchagich ham qo'llaniladi. Folga kuchlanish o'lchagichi rezistorning katta sirt maydonini va natijada uning yuqori issiqlik o'tkazuvchanligini ta'minlaydi. Shu sababli, ruxsat etilgan oqim zichligi oshadi va kuchlanish o'lchagichning sezgirligi oshadi.

Termistorlar ko'prik sxemasi yordamida ulanadi, uning eng oddiy versiyasi rasmda ko'rsatilgan. 3.2. Kompensatsion rezistor *R TO*, o'lchov bilan bir xil, deformatsiya o'lchagichning qarshiligining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan harorat xatosini bartaraf etishga xizmat qiladi. *RT* harorat o'zgarganda. Trimmer bilan *RI* deformatsiyalar bo'lmaganda ko'prikning muvozanatiga erishish (nol chiqish signali). Bunday holda, deformatsiya o'lchagich ko'prigining chiqish signali quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_{\text{chix}} = U_{\text{num}} \left[\frac{R_k}{R_T + R_k} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \quad (8.1)$$

Juda zaif signallar uchun 158ató158158 kuchaytirgichini qurish bilan bog'liq qiyinchiliklar tufayli ko'prik ko'pincha AC kuchlanish manbasidan quvvatlanadi. Bunda deformatsiyaning kattaligi chiqish signalining (3.1) amplitudasidan, uning turi esa (teformometrning asos bo'ylab cho'zilishi yoki siqilishi) chiqish signalining fazasidan baholanadi. Agar kuchlanish o'lchagichning qarshiligi nominalga nisbatan ohsa, chiqish signalining fazasi ta'minot kuchlanishining fazasiga qarama-qarshi bo'ladi (ta'minot kuchlanishining ijobiy yarim to'lqini salbiy yarim to'lqinga to'g'ri keladi). Chiqish signali).



8.1-rasm. Ko'prik ulanish sxemasi

<https://tahobaza.ru/uz/sposob-opredeleniya-harakteristik-napryazhenno--deformirovannogo/>

8.3 Chiziqli tezlikni o'lchash

8.4 Burchak tezligini o'lchash

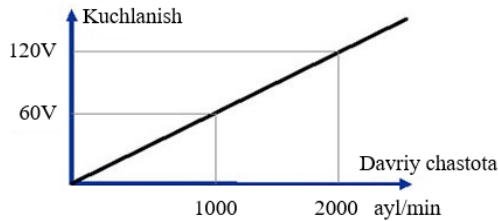
Turli texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda tezlikni o'lchash asboblarikeng qo'llanilmoqda, bu jarayonlarda mashina va mexanizmlar qismlarining aylanishlar sonini o'lchash hamda nazorat yoki boshqarish tizimiga berilgan qiymatdagi aylanishlarga etganda buyruq berish talab qilinadi. Burchak tezlikni o'lchovchi asboblar — taxometrlar ishlash prinsipiga ko'ra mexanik, stroboskopik, magnitinduksion, elektrik va elektronli bo'ladi. Taxometrlar ko'rsatishlarni (ma'lumotlarni) masofaga uzatuvchi va ma'lumotlarni bevosita joyda ko'rsatuvchi turlarda ishlab chiqariladi. Asboblar o'lchash ob'ektiga ulash usuliga ko'ra turli xil tuzilishda yasaladi. Mexanik va stroboskopik taxometrlar avtomatlashtirish tizimlarida cheklangan tarzda qo'llaniladi, shu munosabat bilan mazkur darslikda ular qarab chiqilmaydi. Magnitinduksion taxometrlar texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish tizimlaridagi mexanizmlar va mashinalar qismlarining aylanishlar sonini ham mahalliy o'lchash uchun, ham masofadan o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Masofadan turib o'lchaydigan *magnitinduksion taxometrlarning* ishlash prinsipi ob'ekt valining aylanish chastotasini birlamchi o'zgartkich tomonidan valning aylanish chastotasiga mutanosib chastotali elektr yurituvchi kuchga aylantirishga hamda uch fazali toklar tizimining aylanuvchi magnit maydonini vujudga keltirish xossasiga asoslangan. Tuzilishi jihatidan o'zgartkich o'zgarmas magnitli uch fazali o'zgaruvchan tok generatoridan iborat. Kuchlanish generatordan ko'rsatuvchi asbobga keladi, unda esa qabul qilgich (priyomnik) sifatida doimiy magnitlarni aylantiruvchi sinxron dvigatel qo'llanilgan. Aylanish chastotasining strelkaning burchak siljishiga o'zgartirish magnitinduksion o'lchash uzeli (bo'g'ini) vositasida amalga oshiriladi, bo'g'inning ishlashi esa aylanuvchi doimiy magnitlar magnit maydonning shu maydoning 159at6159 diskka yo'naltirgan induksion toklar bilan o'zaro ta'siriga asoslangan.

Bunday o‘zaro ta’sir natijasida strelka bilan bog‘liq diskning aylanish momenti yuzaga keladi, bu moment magnitlarning aylanish chastotasiga mutanosibdir, disk qarshi ta’sir ko‘rsatuvchi prujina yordamida muvozanatga keltirib turiladi. Uzoq masofaga uzatmaydigan taxometrlarda mexanizm valining aylanishi doimiy magnitlar o‘rnatilgan asbob valiga bevosita uzatiladi. Magnitoinduksion taxometrlar aylanish tezligini o‘lchashning ishchi oralig‘I doirasida 1% gacha aniqlikda o‘lchashga imkon beradi, shkalaning qolgan qismida esa o‘lchashning yuqori chegarasidan ko‘pi bilan 1,5% aniqlikda o‘lchashga imkon beradi.

Elektr taxometrlar mexanizm va mashinalar vallarining aylanish chastotasini masofadan turib o‘lchash imkonini beradi. Taxometrlarda datchik sifatida o‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok generatorlaridan foydalaniladi, ko‘rsatuvchi asboblar sifatida esa shkalasi tegishli graduslarga ajratilgan strelkali elektr o‘lchash asboblaridan foydalaniladi. Taxometrlar val mexanizmlari bilan biki ulanadi yoki turli xil tuzilishdagi ulash muftalari orqali ulanadi. Yo‘l qo‘yiladigan 160at0 o‘lchamining yuqori chegarasidan 1,5% bo‘ladi. Taxometr atrofidagi havoning harorati $10\div 60$ °C bo‘lganda va nisbiy namlik 80% gacha bo‘lganda ishlashga mo‘ljallangan. Texnologik mashinalarning aylanish (burchak) tezliklarini o‘lchash uchun kichik quvvatli o‘zgarmas yoki o‘zgaruvchan tok mashinalari — taxogeneratorlardan foydalaniladi (8.2-rasm).



8.2-rasm. Taxometrning tashqi va ichki o‘inishlari



8.3-rasm. Kuchlanishning davriy chastotaga bog‘liqlik xarakteristikasi

Qanday bo‘lmasin, o‘zgarmas tok taxogeneratorining chiqish signali kuchlanish bo‘lib, bu kuchlanish – tezlikni aniq o‘zgartirishni qiyinlashtiradi. Chunki aylanma harakatlanishning magnit oqimi magnitlarning haroratiga, kollektor bilan cho‘tkalarning (vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi) kontaktli birikma nuqtasidagi o‘tkazgich simlarning elektr qarshiligiga, nihoyat – vaqt o‘tishi bilan doimiy magnitlarni magnetsizlanishiga bog‘liq bo‘ladi.

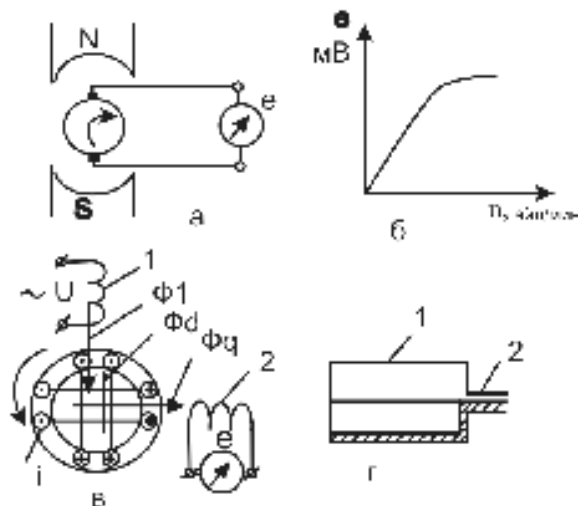
Shunga qaramay, ba‘zi hollarda doimiy tok taxogeneratorlari chiqish signalini taqdim etish shakli, shuningdek, soat mili aylanish yo‘nalishining o‘zgarishiga muvofiq bu signalning qutbli teskari o‘zgarishining tabiiy hodisasi uchun qulaydir.

Taxogeneratorning vali texnologik mashinalar valiga mexanik bog‘langan bo‘lib, undan chiqadigan signal — elektr yurituvchi (EyuK) texnologik mashina va mexanizmlarning aylanish tezligi p ga mutanosib bo‘ladi. O‘zgarmas tok taxogeneratorining sxemasi 8.4-rasm, a da ko‘rsatilgan. Undan olinadigan elektr yurituvchi kuch (EyuK):

$$e = S_e \cdot p. \quad (8.2)$$

Kollektor bilan cho‘tka orasidagi qarshilikning o‘zgaruvchanligi taxogeneratoridan chiquvchi signal e ning qiymatiga ta’sir qiladi. Ish vaqtida taxogeneratoridan chiqadigan ovozning yuqoriligi, gabarit o‘lchamlari va massasining katta

bo'lishi taxogeneratorning asosiy kamchiliklari hisoblanadi. Bunday kamchiliklardan bir muncha holi bo'lganligi uchun hozirgi paytda o'zgaruvchan (asinxron, sinxron) tok taxogeneratorlari keng qo'llanilmoqda.



8.4 – rasm. Taxogeneratorlar

- a,b – o'zgaruvchan tok taxogeneratori va uning xarakteristikasi;
 v,g – o'zgaruvchan tok taxogeneratori va uning stakansimon rotori;
 1 va 2 – stator chulg'amlari

8.4-rasm, v da asinxron taxogeneratorning tuzilish sxemasi ko'rsatilgan. Asinxron taxogenerator statorida o'zaro 90° ga burilgan ikki chulg'am o'rnatilgan. Birinchi chulg'am 1 o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi. Ikkinchi chulg'amdan olinadigan E_{yK} esa tezlikni o'lchash uchun xizmat qiladi. Taxogeneratorning rotori 1 jez yoki alyuminiydan stakansimon kilib yasalgan bo'lib, uning vali 2 stakanning tub tomonida bo'ladi (8.4-rasm, g).

Statorning manbaga ulangan chulg'amida hosil bo'ladigan pulsasiyalanuvchi oqim F_1 rotor devorlarida induksiyalanadigan o'zaro 90° burchakka burilgan ikki xil tok va ular tufayli vujudga keladigan F_d va F_q oqimlarni hosil qiladi. Taxogeneratorning ikkinchi chulg'amida induksiyalanadigan

EYuK qiymati rotorning aylanish tezligi p ga mutanosib ($F_q = \text{const}$) bo'lgani uchun

$$e_q = C_e \cdot n \quad (8.3)$$

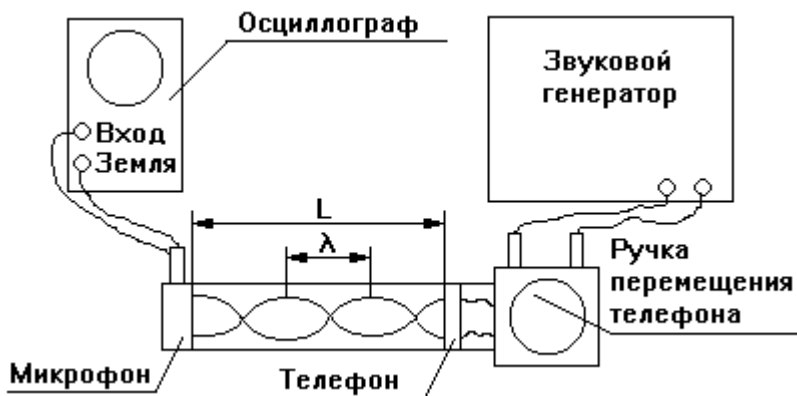
bo'ladi. Bunday EYuK ni ko'rsatuvchi millivoltmetr shkalasidan texnologik mashinaning aylanish chastotasi (tezligi) p aniqlanadi. *Elektron taxometrlarning ishlash prinsipi* berilgan barqaror vaqt oralig'ida birlamchi o'zgartkichdan chiqadigan impulslar sonini elektron qurilma yordamida sanashga asoslangan. Birlamchi o'zgartkich o'zgaruvchan tokni kuchaytiruvchisi bo'lgan magnitoelektrik o'zgartkichdan iborat. Nazorat qilinayotgan ob'ektning valida mahkamlangan ferromagnit materialdan yasalgan tishli disk aylanganda, birlamchi o'zgartkichning chulg'amida o'zgaruvchan kuchlanishli impulslar paydo bo'lib, ular kuchaya boradi va taxometrning elektron blokiga keladi. Impulslarning chastotasi tishli diskning aylanish chastotasiga mutanosib, demak, nazorat qilinayotgan ob'ektning aylanish chastotasiga ham mutanosib bo'ladi. Elektron blokiga kelayotgan impulslarning o'zgarishi o'lchangan aylanish chastasining zarur tarzda axborot berishini ta'minlashga imkon beradi, shuningdek, berilgan aylanishlar soniga etganda elektr signali agregati tomonidan boshqarish tizimiga signal berishga va chiqarishga imkon beradi. Aylanish tezliklarini o'lchash oraliqlari 2—4000 ayl/min. Asosiy o'lchashning yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi ko'pi bilan 0,5%. Taxometr atrof havosining harorati 10÷50°C bo'lganda va nisbiy namlik 80% gacha bo'lganda ishlash uchun mo'ljallangan.

8.5 Tezlanish va tebranishni o'lchash

8.6 Kuchni o'lchash

8.7 Aylanadigan o'qning burovchi momentini o'lchash

Generatordan (2-rasm) tovush chastotasi kuchlanishi telefon qurilmasiga uzatiladi, bu esa membranani tebranishiga olib keladi.



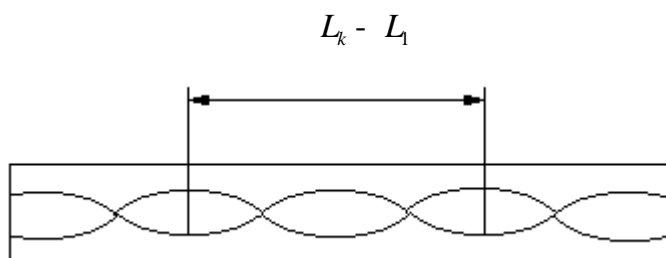
8.5-rasm. Uskuning printsipl sxemasi

Olingan tovush to'liqini quvur orqali tarqaladi va mikrofon tomonidan qabul qilinadi va tebranishlarni elektr signaliga aylantiradi. Ushbu signal ossilografning vertikal plastinalarida qo'llaniladi va ekranda chiziq sifatida ko'rsatiladi. Tushuvchi va mikrofondan aks ettirilgan to'lqinlarning interferentsiyasi (aralashuvi), agar rezonans sharti bajarilsa, turg'un to'lqin paydo bo'lishiga olib keladi:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad (n = 1, 2, 3, 4, \dots). \quad (8.4)$$

Bunday holda, ossilografga qo'llaniladigan signal rezonansli maksimumga ega, ya'ni chiziqning vertikal o'lchamlari maksimal bo'ladi. Telefonni rezonans holatidan rezonans holatiga o'tkazish orqali (3-rasm) (4) ga asoslanib quyidagini yozish mumkin.

$$L_k - L_1 = (k - 1) \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2(L_k - L_1)}{(k - 1)}. \quad (8.5)$$



8.6-rasm. Birinchi L_1 va oxirgi L_k rezonansli holatlarning tasvirlari

Har bir o'rnatilgan ν chastotada tovushning v tezligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$v = \lambda \nu \quad (8.6)$$

Doimiy aylanuvchi valda burovchi momentni o'lchash ancha qiyin ishdur. Uni hal qilishning bir necha yo'li mavjud, lekin eng ko'p ishlatiladigan burovchi momentni o'qni aylantirish uchun zarur bo'lgan quvvat miqdori asosida hisoblashdir. Aslida, bu odatda harakatni ta'minlaydigan vosita uchun qo'llaniladigan tok miqdorini o'lchashni anglatadi. Bunday o'lchash oddiy, tushunarli, ammo juda noto'g'ri, chunki tok iste'moli ham bir qator omillar spektriga bog'liq: tezlik, quvvat manbai kuchlanishi, podshipnik agregatlarining holati, harorat va boshqalar.

Tenzometrik deformatsiya o'lchagichlar bilan burovchi momentni o'lchash

Aniqroq usul - deformatsiya o'lchagich yoki sirt akustik to'lqin (SAT) datychigi yordamida o'qning burilishini o'lchash. Bu to'g'ri, lekin juda murakkab texnika bo'lib, aylanuvchi o'qdagi yuk

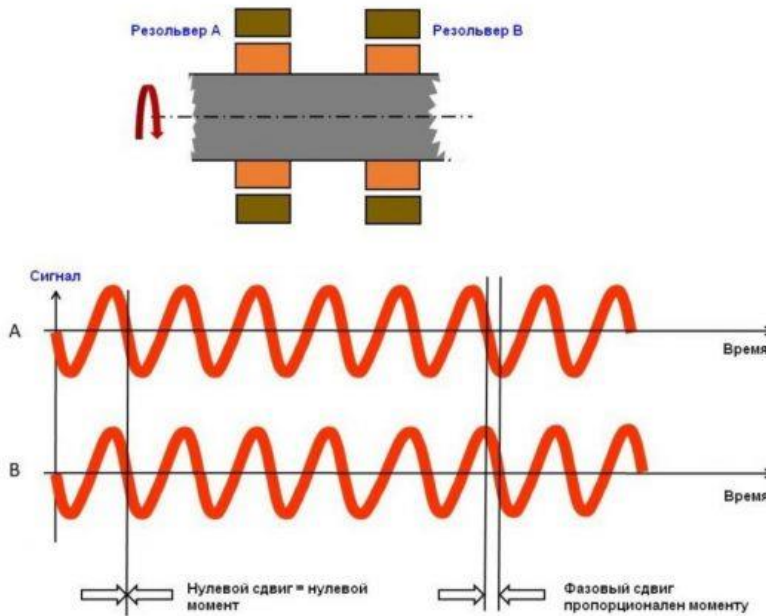
tenzodatchigi va tashqi dunyo o'rtasida VKU yoki simsiz aloqa qurilmalaridan foydalanishni talab qiladi. Deformatsiya o'lchagichlar bilan shug'ullangan har qanday muhandislar singari, biz ham o'zimiz keskin ifoda etamiz - deformatsiyali tenzo o'lchagichni o'lchash nazariyasi va bunday datchiklardan foydalanish amaliyoti o'rtasidagi farq juda katta. Katta harorat koeffitsientlariga ega bo'lish va o'lchash sharoitlari yomonlashganda o'lchash yuzasidan uzilish qobiliyatiga ega bo'lgan kuchlanish o'lchagich datchiklariga xosdir. Tenzodatchikli deformatsiya o'lchagichlar yoki SAT datchiklari yordamida burovchi momentni aniqlash laboratoriya sharoitida o'rinli, ammo bu ko'pchilik sanoat qurilmalari uchun umuman real emas.

Aylanadigan burchak datchiklari yordamida burovchi momentni o'lchash

Boshqa usul(yo'l) bor. Bu yangilik emas, lekin muvaffaqiyatli unutilganga o'xshaydi. Ushbu variant birinchi marta 1950-yillarda ichki yonuv dvigatellarida momentni o'lchash uchun ishlatilgan - eng aniq Hercules va C-130 og'ir yuk samolyotlarining turboreaktivli dvigatellarida. Mutaxassislar o'qga o'rnatilgan va tekislangan ikkita ko'p davrli rezolver o'rtasidagi faza siljishi miqdorini o'lchash orqali burilish miqdorini va shuning uchun momentni o'lchaydi. "Ko'p davrli" atamasi rezolverning chiqishini anglatadi - shuning uchun ikki davrli rezolver mutlaq pozitsiyani 180° aniqlik bilan aniqlaydigan siklik chiqish signaliga ega; 36-davrli hal qiluvchi mutlaq pozitsiyani 10° aniqlik bilan aniqlaydigan siklik chiqish signaliga ega.

O'q aylanganda, har bir rezolver ikkita signal hosil qiladi: birinchisi sinusoidal qonunga muvofiq o'zgaradi, ikkinchisi -

kosinusga muvofiq. Oddiylik uchun quyidagi 1-rasmda faqat ikkita demodulyatsiya qilingan sinusoidal signal ko'rsatilgan.



8.7-rasm. Ko'p davrli rezolverlar yordamida burash momentini o'lchash.

Nol moment qo'llanilganda, ikkala rezolverning signallari bir xil bo'ladi va fazalar siljishi yo'q. Haqiqiy moment o'qqa qo'llanilganda, bitta rezolverning signali boshqa rezolver signaliga nisbatan faza siljishiga ega. Ushbu faza siljishining kattaligi qo'llaniladigan momentga to'g'ridan-to'g'ri proporsionaldir. Ko'p davrli (masalan, 128) ko'p siklli rezolverlardan foydalangan holda, hatto kichik burilish bilan ham, nisbatan katta miqdordagi fazalar siljishi shaklida javob olish mumkin. Boshqacha qilib aytganda, bu usul o'qning burilishini nafaqat 1° dan kam qiymatlarda, balki hatto $0,1^\circ$ dan past darajalarda ham o'lchash uchun etarlicha aniq bo'ladi. Bundan kelib chiqadiki, o'lchash o'tkaziladigan o'q uzun bo'lishi shart

emas. Haqiqatan ham, muvaffaqiyatli o'lchashlar uchun zarur bo'lgan o'qning uzunligi 25 mm dan kam bo'lishi mumkin. Bunga egiluvchanligi ma'lum bo'lgan o'qdan foydalanish yoki rezolvelarni konsentrik ravishda - biri ikkinchisining ichiga - joylashtirish va o'qning tashqi va ichki qismlarini burama prujina yordamida ulash orqali erishish mumkin.

Tenzometrik deformatsiya o'lchagichlardan farqli o'laroq, rezolvelar o'zlarining ishonchliligi, mustahkamligi va aniqligi bilan mashhur va ko'pincha kosmos, mudofaa va neft va gaz texnikalarida yuqori aniqlik va og'ir muhitlarga qarshilik talab qilinadigan joylarda qo'llaniladi. Resolver kontaktsiz o'lchash moslamasi bo'lganligi sababli, tok kollektorlari yoki radiochastotali ma'lumotlar uskunasiga bo'lgan ehtiyoj ham yo'q qilinadi.

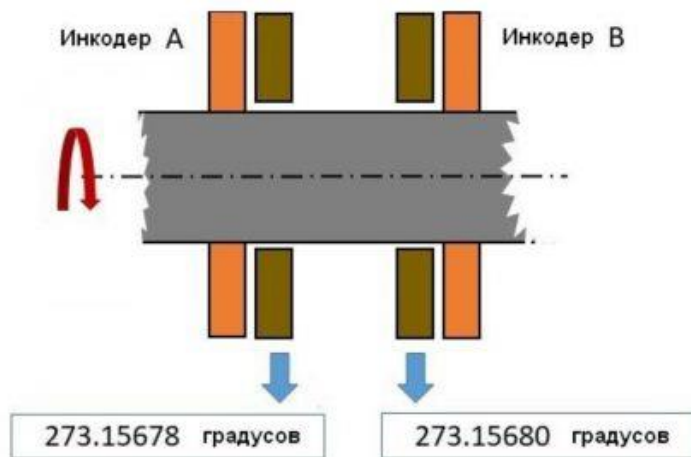
Xo'sh, nega bu o'lchash texnikasi moda bo'lib qoldi? Buning sabablaridan biri, ehtimol, hal qiluvchilarning (rezolvelaning) o'zlari mashhurligini yo'qotgan. Burovchi momentni o'lchashda foydalanish uchun ideal bo'lgan parallel va tekis katta ichi bo'sh o'qli rezolvelari ochiqchasiga qimmat. Bundan tashqari, rezolvelar motorlarining boshqaruv elektronikasi bilan kombinatsiyasi juda murakkab bo'lishi mumkin. Muhandislar endi raqamli elektronikaga ko'proq o'rganib qolganligi sababli, ular analog elektronikaning o'zi va undan ham ko'proq analogli o'zgaruvchan signallarning faza siljishlarini o'lchash bilan shug'ullanishni juda istamaydilar.

Induktiv datchiklarning yangi avlodi

Hozirgi vaqtda rezolvelar deyarli butunlay zamonaviyroq qurilmalar - induktiv enkodlovchilar yoki "inkodlovchilar" bilan almashtirildi. Inkoderni o'lchash texnologiyasi rezolvelarda

qo'llaniladigan bir xil induktiv printsiplarga asoslanadi, ammo inkoderlarda katta va qimmat transformator o'tkazgich simlari o'rniga bosilgan elektron platalar mavjud. Bu datchiklarning hajmini, og'irligini va narxini sezilarli darajada kamaytirishga imkon beradi va shu bilan birga o'lchash imkoniyatlarini sezilarli darajada oshiradi. Shuningdek, inkoderlar oddiy va qulay elektr interfeysi bilan ta'minlangan - doimiy kuchlanish va ketma-ket ulangan ma'lumotlar shinasi. Inkodlovchilar rezolverlar bilan bir xil fizik printsiplarga asoslanganligi sababli, ular bir xil o'lchash imkoniyatlarini ta'minlaydi - hatto og'ir ekologik sharoitlarda ham yuqori o'lchash aniqligi va ishonchliligiga ega. Bundan tashqari, inkoderlar burchak o'lchashlari uchun optimal shakl omiliga ega - katta ichi bo'sh milga ega tekis dizayn. Bu o'qning inkoder statorining markazidan o'tishiga imkon beradi va inkoder rotori bevosita o'lchashlar olinadigan aylanadigan o'qga o'rnatiladi. Bu xuddi rezolverdan foydalanganda bo'lgani kabi, VKU lardan foydalanish zaruratini yo'q qiladi.

Elektronikani maxsus tanlash va ularni alohida joylashtirishning hojati yo'q, chunki sensorlar uchun zarur bo'lgan barcha elektronika bevosita inkoder statorida joylashgan. Shunisi e'tiborga loyiqki, inkoderlar bir aylanishda 4 million impulsgacha bo'lgan ruxsatlarga ega, shuning uchun yuqori aniqlikdagi moment o'lchashlarini ta'minlash uchun o'qning minimal burilishi etarli.



8.8-rasm. Induktiv inkodlovchilar yordamida moment va mutlaq pozitsiyani o'lchash

Inkodlovchining harorat koeffitsientlari eng yaxshi tenzodatchikli kuchlanish o'lchagichlari yordamida olinishi mumkin bo'lgan narsalarga nisbatan kichikdir va o'qning yuqori tezlikda aylanishi natijasida yuzaga keladigan har qanday dinamik buzilish takt(vaqt) signali yordamida tekislanishi(nivelirlanishi) mumkin - ikkala inkoder uchun ham bir xil, ma'lumotlarni o'qishning sinxronlanishini ta'minlaydi.

Tenzometrik deformatsiya o'lchagich texnologiyasidan farqli o'laroq, inkoderlar bilan haddan tashqari yoki impulsiv burovchi momentni qo'llash holatlarida uskunaning shikastlanishi xavfi yo'q. Eng muhimi shundaki, texnologiya ikki turdagi o'lchashlarni - moment va aylanish burchagini bir vaqtning o'zida va faqat tenzometrik deformatsiya o'lchagichlar bilan momentni o'lchash narxidan kamroq xarajat bilan amalga oshirish imkonini beradi.

Bu eski texnologiya modadan chiqib ketgan, chunki hal qiluvchilar mashhurligini yo'qotgan. Zamonaviy induktiv enkoderlar burchak o'lchashlarini bajarish uchun induktiv printsiplardan foydalanishni qayta tiklaydi, shu bilan birga moment va aylanish burchagini boshqarishning qulay, ishonchli va samarali usulini qaytaradi.

<https://www.celeramotion.com/zettflex/ru/поддержка/технические-документы/измерение-крутящего-момента-с-помощью/>

Texnologik jarayonlarda mashina va mexanizmlarning alohida qismlariga ta'sir qiladigan kuchlar va bu kuchlar ta'sirida vujudga keladigan deformasiyalarni (cho'zilish, qisilish, bukilish va hokazo) o'lchash uchun ko'pincha tenzometrik o'lchagichlar qo'llaniladi. Bunday o'lchash o'tkazgich yoki yarim o'tkazgich similar aktiv qarshiligining deformasiya natijasida o'zgarish samaraciga asoslanadi. Bu samara tenzosezuvchanlik deb ataladi. Tenzometrik o'lchagichlarning tenzosezuvchanlik koeffisienti

$$S_T = \frac{\Delta R_H}{\Delta l}, \quad (8.7)$$

bilan xarakterlanadi,

bu yerda $\Delta R_H = \frac{\Delta R}{R}$ — qarshilikning nisbiy o'zgarishi; $\Delta l_H = \frac{\Delta l}{l}$ — cho'zilish yoki qisilishning nisbiy o'zgarishi; l — tenzoo'lchagichning deformasiyagacha bo'lgan uzunligi; Δl — tenzoo'lchagichning deformasiya natijasida cho'zilishi, R — tenzoo'lchagichning deformasiyagacha bo'lgan aktiv qarshiligi; ΔR — tenzoo'lchagich qarshiligining deformasiya natijasida o'zgarishi.

Hozirgi vaqtda juda ingichka sim, folga va yarim o'tkazgich materiallardan tayyorlangan tenzometrik o'lchagichlar texnikada keng qo'llanilmoqda. Simdan yasalgan tenzoo'lchagichning tuzilishi, mashina va mexanizmning tekshirilishi lozim bo'lgan qismiga o'rnatilish sxemasi va tavsifi 7.5-rasm, a, b, v larda ko'rsatilgan. Undagi tenzoo'tkazgich diametri 0,02...0.05 mm gacha bo'lgan ingichka zigzag shakliga ega bo'lgan sim bo'lagidan tuzilgan va yupqa qog'oz yoki plyonka orasiga olinib, elim bilan yopishtirilgan bo'ladi. Bunday tenzoo'lchagich statik yoki dinamik deformatsiyasi o'lchanishi kerak bo'lgan mashina va mexanizmning tekshirilishi kerak bo'lgan qismiga elimlab mustahkam yopishtiriladi. Bunda sim zigzaglarining uzun tomoni l mashina va mexanizmning deformatsiyasi o'lchanishi kerak bo'lgan qismiga ta'sir qiladigan kuch f yo'nalishiga mos yo'nalgan bo'lishi kerak (8.9-rasm, a).

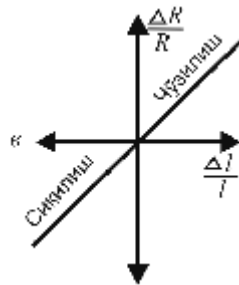
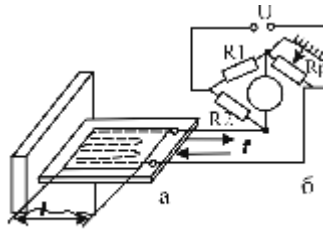
Shunda kuch yo'nalishi bo'yicha vujudga kelgan deformatsiya (cho'zilish, qisilish) tenzoo'lchagich simining uzunligi l ni ham o'zgartiradi. Natijada simning ko'ndalang kesimi S va solishtirma qarshiligi ρ_k ham o'zgaradi. Agar simning cho'zilgunga qadar bo'lgan qarshiligi

$$R = \rho_k \frac{1}{S}$$

bo'lsa, cho'zilgandan keyingi qarshiligi $R + \Delta R$ bo'ladi.

Amalda tenzoo'lchagich qarshiligining o'zgarishi ΔR muvozatlanadigan ko'prik sxema yordamida o'lchanadi (8.9-rasm, a, b). Simli tenzoo'lchagichlar ko'pincha konstantan yoki nixromdan tayyorlanadi. Chunki bu simlarning solishtirma qarshiligi ρ_k katta, qarshilik o'zgarishiga haroratning ta'siri juda kam bo'ladi. Simli tenzoo'lchagichlarning xarakterli o'lchamlari: nominal qarshiligi $R = (50 — 400)$ Om; simning kuch yo'nalishi bo'yicha uzunligi $l = (15 — 45)$ mm; eni $b = 7—10$ mm; sezuvchanlik koeffisienti

$$S_T = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = 1.8 \div 2.5,$$



8.9 – rasm. Tenzoo‘lchagich

a – tenzodatchikning o‘rnatilish sxemasi; b – muvozanatlashadigan ko‘prik sxemasi; b – tenzoo‘lchagichning statik xarakteristikasi.

massasi juda ham kichik bo‘ladi. So‘nggi paytlarda texnikada yarim o‘tkazgichli tenzoo‘lchagichlar keng qo‘llanila boshlandi. Bunday tenzoo‘lchagichlar asosan germaniy yoki kremniy plastinalaridan tayyorlanadi. Plastinalar yupqa qog‘oz yoki plyonka orasiga olinib, elimlanadi va tekshirilishi kerak bo‘lgan mashina qismiga elim bilan mustahkam yopishtiriladi.

Afzalliklari: tenzosezuvchanlik koeffisienti sim yoki folganikiga nisbatan 60 marta katta, plastinaning aktiv uzunligi 3—10 mm. Tashqi muhit harorati - 160 + 300°C gacha o‘zgarganda ham normal ishlayveradi. Nisbiy deformatsiya + 01% o‘zgarganda ham tavsifining to‘g‘ri chiziqliligi saqlanadi.

Kamchiliklari: plastinalarning elastikligi kam, bir turdagi tenzoo‘lchagichlarning tavsiflari har xil va to‘g‘ri chiziqli emas.

Masala 8.2

120-0 qarshiligiga ega to'rtta elkali (kvadratli) ko'prik uchun formulalarda qabul qilingan chiziqqlanishdan (linearizatsiyadan) oldin bitta kuchlanish o'lchagichining qarshiligi (8.22) formula bo'yicha qanchalik o'zgarishida 5% xatolikka olib keladi?

Yechilishi:

Bu ta'sirni (8.21) tenglama yordamida baholashimiz mumkin. Nochiziqsizlik maxrajidagi ΔR xad tufayli sodir bo'ladi. Chiziqqli taxmin uchun (8.21) tenglama quyidagicha bo'ladi

$$V_{\text{out.lin}} = \frac{V_S R_1 \Delta R_3}{(R_2 + R_3)(R_1 + R_4)}$$

Bu tenglamani (8.21) tenglamaga bo'lib, biz quyidagini olamiz

$$\frac{V_{\text{out.nonlin}}}{V_{\text{out.lin}}} = \frac{R_2 + R_{3i}}{R_2 + R_{3i} + \Delta R_3} = \frac{120 + 120}{120 + 120 + \Delta R_3} = 0.95$$

- 8.2 DA3 uchun echim, biz 12,6 Ω yoki R3 ning 10% ni olamiz. O'lchash koeffitsienti 2 uchun bu taxminan 50,000 μ deformatsiyaning (5% cho'zilish) deformatsiyasi a ga to'g'ri keladi. Bu deformatsiya ko'pchilik metallarning chiqish nuqtasidan yuqori bo'ladi.

SILJISH O'LCHASHLARI

Bu yerda eng keng tarqalgan chiziqqli va burchakli o'lchash asboblari muhokama qilinadi. Optik tolali joy almashtirish sensori 9.4.3 -bo'limda muhokama qilinadi.

Potentsiyometr

Chiziqqli potentsiyometr - bu 8.9-rasmda ko'rsatilgandek, kontaktli surgichning holatiga qarab qarshilik o'zgaradigan qurilma. Ko'rsatilgan ta'minot kuchlanishida chiqish kuchlanishi noldan ta'minot kuchlanishigacha o'zgaradi. Potentsiyometr - sozlanuvchi kuchlanish bo'luvchi hisoblanadi. Potentsiyometrlar kundalik hayotda juda keng tarqalgan. Burchak potentsiyometrlari, 8.10 -rasmda ko'rsatilgandek, radio va televizor kabi keng tarqalgan qurilmalarda tovush va ohangni boshqarish moslamasi sifatida ishlatiladi. Chiziqqli potentsiyometr uchun chiqish kontaktli surgich holatining oddiy chiziqqli funktsiyasidir:

Shaklda ko'rsatilganidek. 8.18, joy almashtirishni o'lchash uchun sig'imli o'zgartirgichni ishlatishning ikki yo'li mavjud. Shakl. 8.18 (a) bitta plastinka d masofani siljitadi, u parallel elektrodlar orasidan farq qiladi. Shu bilan bir qatorda [rasm. 8.18 (b)]parallel elektrodlardan biri boshqa plastinkaga parallel siljishi mumkin, shunda qoplama maydoni o'zgaradi. Birinchi holda, sig'im-bu noaniqlikning chiziqli bo'lmagan funktsiyasi, ikkinchisida-sig'imning taxminiy chiziqli funktsiyasi. Sig'imli datchikning chiqishida kuchlanish yo'qligi sababli signalni konvertatsiya qilish kerak. 8.19. rasmda ko'rsatilgandek, bu maqsadda o'zgaruvchan tok bilan ishlaydigan Uitston ko'prigidan foydalanish mumkin. Agar mos yozuvlar kondansatorning asl sensori kondansator bilan bir xil qiymatga ega bo'lsa va ikkita qarshilik bir xil bo'lsa, chiqish kuchlanishi kondansator sig'imi o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Imkoniyatlarni o'lchash uchun tijorat signal o'zgartirgichlari mavjud.

Masala 8.3

Siljish kondansatori 25 mm diametrli ikkita diskdan iborat. Agar ular orasidagi masofa quyidagicha bo'lsa, imkoniyatlar qanday bo'ladi

- (a) 0,025 mm,
- (b) 0,05 mm va
- (v) 0,10 mm?

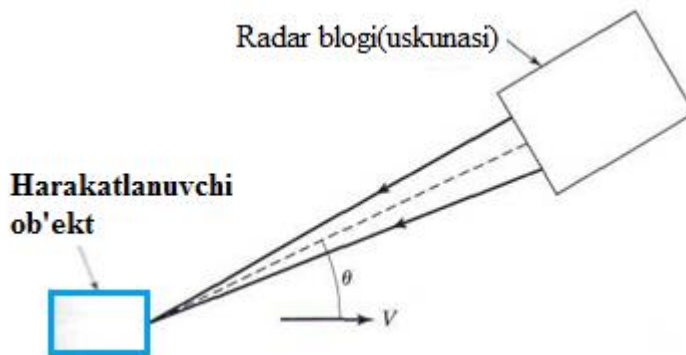
Yechilishi:

- (a) (8.26) tenglamadan foydalanib 0,025 mm masofa uchun biz quyidagini olamiz

$$C = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\pi(0.025)^{2/4}}{0.000025}$$

Yechish orqali biz $C = 1.738 \times 10^{-10}$ ni 1.738×10^{-4} \square F uchun kichik sig'imni olamiz.

(b, v) 0,05 va 0,10 mm masofalar uchun qiymatlar mos ravishda $0,866 \times 10^{-4}$ va $0,4345 \times 10^{-4}$ F ga teng.



8.10 – rasm. Tezlikni Doppler effekti yordamida o‘lchash sxemasi

harakatlanayotgan narsaga yo‘naltirilgan nurlanish ifodasi quyidagi bilan aniqlanadi

$$f_D = \frac{2V \cos \theta}{\lambda} \quad (8.27)$$

Masala 8.4

Avtomobil to‘g‘ridan-to‘g‘ri Doppler radar qurilmasi tomon harakatlanmoqda, u 10 000 Gts chastotada ishlaydi. Agar mashina 30 m/s tezlikda harakat qilsa, chastota qanday o‘zgaradi?

Yechilishi: Radio to‘lqinlarning chastotasi va to‘lqin uzunligi o‘zaro quyidagicha bog‘liq

$$f\lambda = c$$

bu yerda c - yorug‘lik tezligi va qiymati $3 \cdot 10^8$ m/s. Shunday qilib, radar to‘lqin uzunligi

$3 \times 10^8 / 10\,000 = 30$ m, keyin (8,27) tenglamadan foydalanib, chastota siljishini quyidagicha aniqlaymiz.

$$f_D = 2 \times 30 \times \frac{1}{0.03} = 2000 \text{ Gts}$$

Siljish va tezlanish datchiklar(sensorlar) yordamida tezlikni aniqlash

Siljish va tezlashtirish sensori tezlikni aniqlash uchun ishlatilishi mumkin bo‘lgan ma’lumotlarni beradi. Agar siljish ma’lumotlari $x(t)$

shaklida mavjud bo'lsa, tezlikni bu ma'lumotlarni differentsiyallash orqali quyidagicha olish mumkin:

$$V = \frac{dx(t)}{dt} \quad (8.28)$$

Biroq, bu yondashuv ba'zi muammolarga ega. Bu siljishlar, birinchi navbatda, potentsiometrik datchiklar ishlatilsa, nobarqaror birinchi hosilaga ega bo'lishi mumkin. Bu differentsiyallash jarayonining artefaktlari bo'lgan tezlik sakrashlariga olib keladi. L: tezlashishning ma'lumotlari (g) shaklida mavjud, keyin tezlikni integrallab, biz buni quyidagicha baholashimiz mumkin

$$V(t) = V_0 + \int_{t_0}^t a(t)dt \quad (8.29)$$

bu yerda V_0 - t_0 vaqtning boshlang'ich momentidagi tezlik. Agar tezlanish ma'lumotlari yuqori sifatli bo'lsa, tezlikni aniqlash uchun bu integratsiya jarayoni juda ishonchli bo'lishi kerak. Signallarning integrallanishi va differentsatsiyalanishi matematik tarzda test ma'lumotlari bo'yicha yoki b mos keladigan signal o'zgartirgichlari yordamida amalga oshirilishi mumkin. (3 -bobga qarang.)

Masala 8.5

Ob'ekt 88 m / s tezlikda harakatlanmoqda. Tormoz tizimi qo'llaniladi va akselerometrdan quyidagi tezlanish ma'lumotlari olinadi:

Vaqt(sek)	0	2	4	6	8	10	12
Tezlanish (g)	-0.95	-0.95	-0.92	-0.93	-0.92	0	0

6 soniyadan keyin tezlikni baholang.

Yechilishi: Tezlanish 0 dan 6 s gacha unchalik katta farq qilmagani uchun, o'rtacha tezlanish yordamida ΔI ga taxminiy javob olishimiz mumkin. Bu qiymat 0,9375 g yoki 0,9375 X 9,8 = 9,19 m / s². (8.29) tenglama yordamida tezlikni quyidagicha aniqlaymiz

$$V(6) = 88 + \int_0^6 -9.19dt = 32.9 \text{ m/s}$$

Shu bilan bir qatorda, biz trapetsiyas qoidasi yordamida nuqta ma'lumotlarini birlashtira olamiz. Ma'lumotlarni integrallash uchun

operatsion kuchaytirgichlardan foydalangan elektron sxemalar ham ishlatilishi mumkin.

8.4. BURCHAK TEZLIGINI O'LCHASH

Ko'pgina an'anaviy mashinalarda aylanadigan vallar mavjud, ularda burchak tezligini o'lchashlari kerak, ular odatda valning(o'qning) tezligi deb ataladi. Ushbu funktsiyani bajaradigan bir nechta turdagi qurilmalar mavjud va ular odatda taxometr deb ataladi.

8.4.1 Elektr generatorlarining taxometrlari

Ushbu yondashuvda valning uchiga kichik elektr generatori birlashtirilgan. T generatorning chiqishi - bu o'qning burchak tezligiga bog'liq bo'lgan kuchlanish bo'ladi. Arzon ko'rsatkichlar uchun kuchlanish to'g'ridan -to'g'ri voltmetrga ulanishi mumkin, yoki, shu bilan bir qatorda chiqish to'g'ridan -to'g'ri kompyuterning ma'lumot yig'ish tizimiga ulanishi mumkin. Shu bilan bir qatorda, o'zgartirgich chastotali-kuchlanishli o'zgartirgichga ulanishi mumkin, natijada burchak tezligiga mutanosib ravishda kuchlanish deformatsiyasi sodir bo'ladi. Ko'pgina hollarda, o'qqa maxsus tishli uzatma ulanadi. Shu bilan birga, an'anaviy tishli uzatmalar yoki hatto o'qqa olti burchakli gaykalar yordamida qoniqarli ishlashga erishish mumkin. Magnitli datchiklar nisbatan arzon va juda ishonchli bo'lgani uchun ular statsionar tizimlar uchun ajoyib tanlovdur. Magnitli datchik dvigatel tezligini va uchqun vaqtini o'lchash uchun ko'plab zamonaviy elektron yonish vositalarining distribyutorida ishlatiladi. Magnit sensorlar, shuningdek, avtomobil qulflashga qarshi tormoz tizimlarida g'ildirak burchak tezligi datchigi sifatida ishlatiladi.

Masala 8.6

Har safar tishli magnit datchigi orqali o'tganda, bitta musbat impuls hosil bo'ladi. Agar hisoblagich sekundiga pulslar sonini ko'rsatsa, tishli aylanish/minut tezligini ko'rsatishi uchun qancha tishli bo'lishi kerak?

Yechilishi: N tishli tishli g'ildirakni bir daqiqada N aylanish yoki sekundiga 760 marta aylanish uchun ko'rib chiqaylik. Datchik sekundiga N ta namuna olishini xohlaymiz. Har soniyada hisoblar quyidagicha bo'ladi

$$\text{count} = N = (\text{pulses/rev}) \times (\text{rev/s}) = n \times N/60$$

n ni echib, biz 60 tishni olamiz. Hisoblagich har soniyada o'qiladi, lekin

u to'g'ridan -to'g'ri aylanish-daqiqalarda ko'rsatiladi.

8.4.3 Stroboskopik taxometr

O'qning tezligini o'lchash uchun keng tarqalgan laboratoriya qurilmasi 8.26. rasmda sxematik tarzda ko'rsatilgan stroboskopik takometrdir. Bu qurilma foydalanuvchi aniqlaydigan tezlikda miltillovchi yorug'lik chiqaradi. Bu yorug'lik bitta aylana holatida belgisi bo'lgan o'qqa yoki shkivga porlaydi. Chiroqning miltillovchi chastotasi o'q ustidagi belgi harakatsiz qolishi uchun sozlangan. Ushbu qurilmalar odatda aylanish daqiqani to'g'ridan -to'g'ri o'qiydi va juda aniq, chunki miltillovchi chastota kvarts kristalli tomonidan boshqariladi va o'qdagi siqilishni o'lchaydi; qolgan ikkitasi ko'ndalang o'rnatiladi va diametral diformatsiyali cho'zilishni o'lchaydi.

Tenzodatchikning keng tarqalgan turlari (a) konsolli balka; (b) koaksial(ichi bo'sh) silindr

Ko'ndalang kuchlanish(deformatsiya) faqat Puassonning o'qdagi deformatsiyaga nisbati bo'lgani uchun, chiqish bitta eksenli kuchlanish o'lchagichining chiqishidan to'rt baravar kam. Puasson nisbati 0,3 bo'lsa, chiqish bitta oqdagi yuk xujayrasining chiqishidan taxminan 2,6 baravar ko'p bo'ladi. Tijorat vazn datchiklari untsiyadan bir necha yuz ming funtgacha mavjud. Oddiy tuzilishi(dizayni) tufayli har qanday assortimentni osongina ishlab chiqarish mumkin.

Akselerometrlardan farqli o'laroq, tijorat yuk datchiklarining chastotali xarakteristikasini ko'rsatishning ma'nosi yo'q. Buning sababi, asboblarni tizimining massasi va moslashuvchanligi dinamik javobni boshqaradi. Bundan tashqari, o'rnatilgan yuk datchigi tizimga moslashuvchanlikni qo'shadi va dinamik javobga ta'sir qiladi. Agar yuk xujayralarining egiluvchanligi juda yuqori bo'lsa, piezoelektrik yuk xujayralari sotuvda mavjud, ularning qattiqligi ancha yuqori (8.5 -bo'limga qarang).

Masala 8.7

8.34 (b) rasmda ko'rsatilgan turdagi ichi bo'sh silindrli yuk datchigi, tashqi diametri 1 dyuem va devor qalinligi 0,040 dyuem. U 10 X 106 lbf / in² modulli va Poisson nisbati 0,3 bo'lgan alyuminiydan qilingan. O'qdagi

kuchlanish 20000 psi hosil qilish uchun qanday aksenel kuch kerak? Agar bizda har biri nominal qarshiligi 120-11 va o'lchash koeffitsienti 2.06 bo'lgan to'rtta faol datchik va 10 V ta'minot manbasi bo'lsa, bu kuch bilan elektr quvvati chiqishi qanday bo'ladi?

Yechilishi:

O'qdagi kuchlanish(zo'riqish) - bu kesm yuzasiga ta'sir qiluvchi oddiy kuch:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi(D_0^2 - D_1^2)/4}$$

$$F = 20,000x \frac{\pi[1^2 - (1 - 2x0.004)^2]}{4} = 2412 \text{ lb}$$

Bu bir o'qli katta yuklanishli vaziyat, shuning uchun biz o'qdagi deformatsiyani hisoblash uchun (8.1) tenglamadan foydalanishimiz mumkin. O'qdagi deformatsiya u holda $\epsilon = \sigma / E = -20,000 / 10 \times 10^6 = -2000 \times 10^{-6}$ deformatsiyaga teng. (8.6) tenglamaga asoslanib, ko'ndalang kuchlanish $-0.3 \times -2000 = 600 \times 10^{-6}$ dan iborat bo'ladi. 8.5 -rasmga murojaat qilib, biz R2 va R4 holatlarida(pozitsiyalarida) ikkita o'qdagi kodlovchi va R1 va R3 holatlarida(pozitsiyalarida) ikkita ko'ndalang o'qdagi holat datchiklaridan foydalanamiz. Har bir oqdagi kuchlanish o'lchagich uchun qarshilik o'zgarishini (8.8) tenglamadan olish mumkin. R4 datchigi uchun qarshilikning o'zgarishi quyidagiga teng

$$V = \frac{\Delta R_4}{R_4} = S_{\epsilon_4} = 2.06x(-2000x10^{-6}) = -4120x10^{-6}$$

Xuddi shu usuldan foydalanib, $\Delta R_2 / R_2 = -4120x10^{-6}$ va $\Delta R_1 / R_1 = \Delta R_3 / R_3 = 1236x10^{-6}$. Bu qiymatlarni (2.23) tenglamaga qo'yish mumkin:

$$V = \frac{10x120x120}{(120x120)^2} (1236x10^{-6} + 1236x10^{-6} + 4120x10^{-6} + 4120x10^{-6}) = 26.8 \text{ mV}$$

8.6.2 Sinov(tekshirish) halqalari

Kichik kuch o'lchash moslamalarini kalibrlashda odatda aniq og'irliklar to'plamidan foydalanish mumkin. Bu 50,000 funt kabi katta kuchlar uchun amaliy emas. Mazkur yuqori kuchlar uchun foydali qurilma - bu ushlab

turuvchi halqa (8.35 -rasm), bu ko'ndalang yuk bilan deformatsiyalangan oddiy metall halqa. Oddiy geometriya tufayli boshqaruv halqalarini aniq ishlab chiqarish mumkin va tahlil asosida kuch va burilish o'rtasidagi munosabatlar aniqlanadi. Rouke va Yangga asoslangan (1989), rasmda ko'rsatilgandek yuklangan ingichka halqa uchun. 8.35, vertikal burilish δ va F kuch o'rtasidagi bog'liqlik quyidagi ifoda bilan berilgan

$$F = \frac{\delta EI}{R^3(\pi/4 - 2/\pi)}$$

bu yerda E - elastiklik moduli, I - halqaning kesimi yuzasining inersiya momenti, R - halqaning markazidan to tortishish markazigacha bo'lgan radius. Qalinroq halqalar yanada murakkab formulalarni talab qiladi.

9 -bob Bosim, harorat va namlikni o‘lchash

9.1 Bosim o‘lchami

9.2 Haroratni o‘lchash

9.3 Namlikni o‘lchash

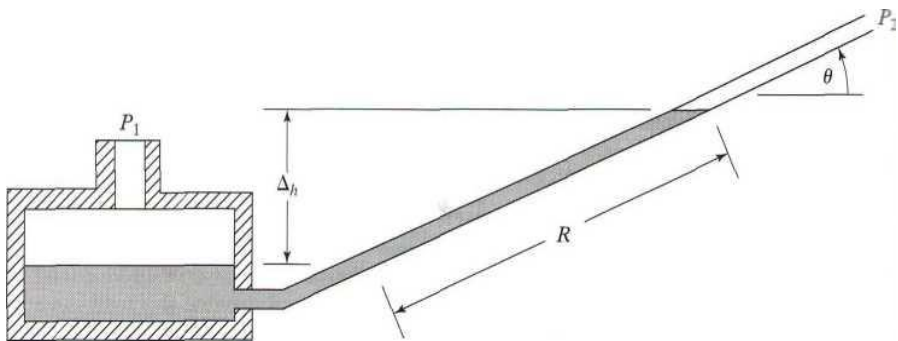
Manbalar

Muammolar

9.1 Bosim o‘lchami

Ma'lumki, bosim texnologik jarayonlarning asosiy parametrlaridan biridir. Iqtisodiyotda ishlab chiqarish jarayonlarining to'g'ri olib borilishi, ko'pincha, bosim kattaligiga bevosita bog'liq bo'ladi.

Ta'rif: Tekis sirtga normal ta'sir ko'rsatuvchi tekis taqsimlangan kuch bosim deb ataladi.



9.1-rasm. Qiya joylashgan manometr.

0,1 dyuym suv ustuni qiya joylashgan naycha suyuqlik balandligidagi ozgina o'zgarishni keltirib chiqaradi va shaffof naycha tomon katta siljishni keltirib chiqaradi. Gazlar uchun,

$$\Delta P = \Delta h \rho g = R \sin \theta \rho g \quad (9.1)$$

bu yerda R - o'qish shkalasi va θ - manometr naychasi va gorizontal yo'nalish orasidagi burchak. Odatda zichligi suvdan

past bo‘lgan moy ishlatiladi. Ko‘pgina hollarda, ko‘rsatkichlar mos bosim birliklarida bo‘lishi uchun manometrda shkala cho‘zilib ketadi. Vertikal quduq manometriga kelsak, suyuqlik sezgir suyuqlik bo‘lsa, formulalar yanada murakkablashadi. Tafsilotlar uchun o‘quvchi White (1999) ga murojaat qilishi mumkin.

Ko‘pgina laboratoriyalarda mutlaq atmosfera bosimini aniqlash uchun barometr ham mavjud (9.1-rasm). Ushbu qurilma mohiyatan manometr bo‘lib, unda bitta oyoq evakuatsiya qilinadi, shu sababli bu oyoq ustidagi bosim simob bug‘ bosimi bo‘ladi. Barometrlar simobning dyuymida (yoki mm) to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘qiyotganda, simobning bug‘ bosimi va simobning differentsial issiqlik kengayishi va o‘lchash shkalasini hisobga olish uchun kichik haroratni to‘g‘rilash kerak.

Manometrlarning boshqa bir qator o‘zgarishlari(turlari) mavjud, ular bu yerda muhokama qilinganidan yuqori yoki past bosimlarda ishlatilishi mumkin. Yuqori bosim uchun bosim o‘tkazgichlari kabi noanometrik qurilmalar (keyinroq muhokama qilinadi) odatda manometrik qurilmalardan afzalroqdir. Mikromanometr deb nomlangan turli xil qurilmalar past bosim uchun ishlatiladi. Vakuum (juda past) bosim uchun ko‘pincha McLeod gage deb nomlangan manometrik moslama ishlatiladi. (9.1.3-bo‘limga qarang.)

9.2 Haroratni o‘lchash

Harorat mahalliy parametrlardan biri sifatida. Harorat maydoni

Tutash(uzluksiz) muxitlar fizikasi haroratni, ya’ni o‘lchamlari atrof-muhitning bir jinsli bo‘lmaganligiga nisbatan ancha kichik va atom zarralari (atomlar, ionlar, zarralar, neytronlar, zarrachalar, molekula va boshqalar)ga nisbatan ancha

katta bo'lgan, mahalliy makroskopik o'zgaruvchi sifatida hisoblaydi. Harorat qiymati nuqtadan nuqtaga (bir elementar hajmdan boshqasiga) qarab o'zgarishi mumkin; Ma'lum bir qaralayotgan davrda fazodagi haroratning taqsimlashi haroratning skalyar maydoni(harorat maydoni) tomonidan beriladi. Harorat maydoni statsionar bo'lmagan (vaqt davomida o'zgaruvchan) yoki vaqtga bog'liq bo'lmagan - statsionar bo'lishi mumkin. Har bir nuqtada bir xil harorat qiymatiga ega bo'lgan muhit termik jihatdan bir hil deb ataladi.

Termodinamik yondoshuv tarixi

Ma'lumki, "Issiqlik" so'zi, odamlar isitadigan jismlar kamroq isitilganlarga nisbatan ko'proq isitilganlarida maxsus moddalar bo'lganligiga, ya'ni jismlarning haroratga ega ekanligiga ishonishar edi. Shuning uchun harorat modda aralashmasi kuchi sifatida qabul qilindi. Shuning uchun ham spirtli quvvat va haroratni miqdor kattaliklari bir xil darajalarda(graduslarda) ifodalanadi. Boshqa tarafdand, "daraja" deb ataladigan harorat birliklarining nomlanishi, u vaqtda har qanday tarozi (burchak, harorat, va boshqalar)ning taqsimlanishi deb atalganligi va shunga o'xshash nomlarning(atamalarining) o'xshashligi o'sha paytda umumiy nomlash tamoyillari bilan izohlanadi, faqat o'zaro almashuvchanlik hisobiga emas, balki.

Muvozanatda, harorat tizimning barcha makroskopik qismlari uchun bir xil qiymatga ega. Tizimda ikkita jism bir xil haroratga ega bo'lsa, zarralar kinetik energiyasi (issiqlik) ularning o'rtasida bo'lmaydi. Agar harorat farqi bor bo'lsa, unda issiqlik yuqori haroratli jismdan quyi haroratli jismga o'tadi.

Tirik to'qima issiqlik chiqarib yuborishi yoki uni yutib olishi bilan bog'liq harorat, shuningdek, "issiq" va "sovuq" kabi subjektiv hissiyotlar bilan ham bog'liq. Ba'zi kvant mexanikli

tizimlar (masalan, teskari tartibda(inversli) joylashishi mavjud boʻlgan sathlar(darajalar)ga ega lazer ishchi organi) entropiya koʻtarilmaydigan holatda boʻlishi mumkin. Lekin energiya qoʻshilganda kamayadi, bu rasmiy manfiy mutlaq haroratga mos keladi. Biroq, bunday holatlar "mutlaq nol" ning ostida emas, balki "abadiylik ustida", chunki bunday tizim har qanday ijobiy haroratga ega boʻlgan jism bilan aloqa qilganda energiya tizimdan jismga oʻtadi.

Haroratning xususiyatlari fizikaviy boʻlim - termodinamikada oʻrganiladi. Atrof-muhitning koʻplab sohalarida, jumladan, fizikaning boshqa sohalarida, shuningdek, kimyo va biologiya sohalarida ham muhim rol oʻynaydi.

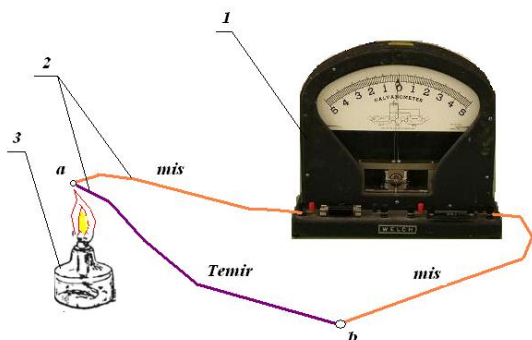
Muvozanat va muvozanat harorati tahrirlash kodi.

Termodinamik muvozanat holatidagi tizim doimiy issiqlik maydoniga ega. Agar bunday tizimda adyabatik (energiya bilan taʼminlangan) qismlar boʻlmasa, tizimning barcha qismlari bir xil haroratga ega. Boshqacha aytganda, termal bir hil tizimning muvozanat harorati aniq vaqtga bogʻliq emas (lekin kvazistatik jarayonlarda oʻzgarishi mumkin). Umumiy holda muvozanat boʻlmagan tizimda statsionar boʻlmagan harorat maydoni mavjud boʻlib, unda har bir elementar miqdori oʻrtacha muvozanatli haroratga ega, bu aniq vaqtga bogʻliq.

Zeebek effekti kashfiyotining tarixi

Maʼlumki, 1821-yili nemis fizigi **T.I. Zeebek** (1770-1831) quyidagicha tajriba(9.2-rasm) oʻtkazdi. Bunda 1 – galvanometr, 2 – termojuftlik simlari, 3 – spirtli chiroq. Tasvirda temir va ikkita mis sim galvanometrغا ulangan. Simlarning ulanish joyida haroratlar bir xil boʻlsa, tok hosil boʻlmaydi. Ammo, simlarning oʻzaro kontaktga keltirilgan uchlaridan biri, masalan, a uchi spirtli chiroq yordamida qizdirilsa, u holda galvanometr tok hosil

bo‘lganligini aniq ko‘rsatadi. Furiye va Ersted termoelektrik ta’sir superpozitsiyaning xususiyatiga ega ekanligini isbotladi va uchta termojuftliklardan tashkil topgan birinchi termal-elektr batareyani qurib, uchta termojuftliklar vismut bilan almashtirildi va ular olti burchakni hosil qilish uchun uchida elektrodlardan iborat qilib tayyorlandi.



9.2-rasm. Zeebek effektini o‘rganish bo‘yicha sxema tasviri



9.3-rasm. Ko‘chadagi harorat oddiy Selsiy shkalasiga ega termometr bilan o‘lchanganida -17°C ni ko‘rsatmoqda

Keyinchalik Melloni tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, u hozir foydalanadigan prizmatik modelni ishlab chiqardi. Melloni akkumulyatori va galvanometrda foydalangan holda Nobili 1830 yilda shunday sezgirlikning termal kuchaytiruvchisi bo‘lib, inson tanasining issiqligiga 18-20 tirsak masofada ta’sir o‘tkazgan.

Zeebek effektning ta’rifi

O‘tkazgichlarda harorat farqi tufayli yuzaga keladigan elektr

hodisalari termoelektrik hodisalar deb aytiladi. Mazkur hodisalarga quyidagilar kiradi: Zeebek, Pelt'e va Tomson effektlari. **Zeebek effekti** ikki xil elektr o'tkazgichlar juftligidan iborat bo'lgan yopiq zanjirida aloqa nuqtalarida haroratlar differensial hisobidan elektronlar harakati tufayli termo-EYuK paydo bo'lishiga asoslanadi. Faqat ikkita bir-biridan farq qiladigan konstruksiyalardan iborat bo'lgan kontaktga termoelement yoki termojuftlik deyiladi. Natijada paydo bo'lgan termo- EYuK ning qiymati birinchi taxminan faqat konduktorlarning materiallariga va issiq (T_1) va sovuq (T_2) kontaktlarning haroratlariga bog'liq.

Kichik harorat oralig'ida termo- EYuK (E) harorat farqi bilan mutanosib ravishda hisoblanishi mumkin:

$$E = \alpha_{12} (T_2 - T_1), \quad (9.2)$$

bu yerda α_{12} juftning termoelektrik quvvati (yoki termo- EYuK koeffitsienti).

Eng oddiy holatda, termo- EYuK koeffitsienti faqat konduktorlarning materiallari bilan aniqlanadi, lekin qat'iy, bu ham haroratga bog'liq, va ba'zi hollarda harorat o'zgarishi bilan, α_{12} o'zgarish ko'tsatkichi.

9.3 Namlikni o'lchash

Namlik - bu havodagi suv bug'lari miqdorining o'lchovidir. Havodagi suv bug'lari zichlikka ta'sir qiladi va ko'plab tizimlarning ish faoliyatini aniqlash uchun namlikni o'lchash zarur. Havobug' aralashmasining xususiyatlari ko'pgina termodinamik matnlarda muhokama qilinadi, masalan, Van Uaylen (1994) va boshq. Namlik bir qator parametrlar yordamida

aniqlanishi mumkin, ulardan ikkitasi eng keng tarqalgan - namlik nisbati va nisbiy namlik. Namlik koeffitsienti suv bug‘lari massasining aralashmadagi quruq havo massasiga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$\omega = \frac{\text{suvning bug‘linish massasi}}{\text{quruq havo massasi}} \quad (9.3)$$

devorlarda material to‘planib qoladigan oqimlarga mos kelmaydi, chunki kalibrlash sezilarli darajada o‘zgaradi.

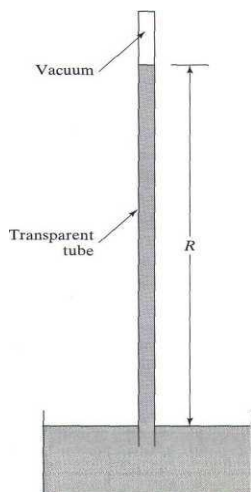
Muammolar

Masala 9.1

U - simon manometrning oyoqlariga 125 kPa gaz differentsial bosimi uzatilmoqda. Bosim o‘lchagich tarkibida solishtirma og‘irligi 13,6 bo‘lgan simob mavjud. Bosim o‘lchagich ko‘rsatkichini aniqlang.

Yechilishi: $P_s = 0$ bo‘lgan (9.2) tenglamadan foydalanib, biz quyidagini olamiz

$$R = \frac{\Delta P}{\rho_m g} = \frac{\Delta P}{S \rho_{suv} g} = \frac{125,000}{13.6 \times 1000 \times 9.8} = 0.938 \text{ m}$$



9.4-rasm. Simobli barometr.

Masala 9.4 1 fut=0,3048 m 1 in = 0.0254 m

1 psi [psi] = 0,0680459639099759 физическая атмосфера [атм]

101325 Pa

58*0,068*101325 Pa=399 625,8

Bosim 399625,8 Pa da berilgan. Ushbu bosim dyuym simob(S = 13,6) ustunida va futlardagi suv ustunida qanday ifodalanadi?

Yechilishi: $\rho_s = 0$ bo'lganda (9.3) tenglamadan foydalanib, biz quyidagini olamiz

Bir dyuem simob ustuni uchun bu quyidagicha bo'ladi

$$\Delta h = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

$$\begin{aligned} \Delta h &= \frac{399625,8 \text{ Pa} * 144 \frac{\text{in}^2}{\text{fut}^2} 32.17 \frac{\text{lbf} - \text{sec}^2}{\text{lbm} - \text{ft}}}{13.6 * 62.43 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^3} 32.17 \frac{\text{ft}}{\text{sec}^2}} = 9.84 * 3,048 \text{ mm Hg} \\ &= 29.99 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

Xuddi shunday, biz suvning futdagisi uchun ham quyidagiga ega bo'lamiz

$$\begin{aligned} \Delta h &= \frac{399625,8 \text{ Pa} * 144 \frac{\text{in}^2}{\text{fut}^2} 32.17 \frac{\text{lbf} - \text{sec}^2}{\text{lbm} - \text{ft}}}{62.43 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^3} 32.17 \frac{\text{ft}}{\text{sec}^2}} = 133.8 * 3,048 \text{ mm H}_2\text{O} \\ &= 407,82 \text{ mm H}_2\text{O} \end{aligned}$$

Sharh: E'tibor bering, ushbu topshiriqda biz ikkita birlik o'zgartirilishini (o'zgartirishini) bajarishimiz kerak bo'ldi. Dastlab biz kvadrat dyuymdagi funtlarni fut-kuch / fut² ga aylantirdik, so'ngra funt-futni zichlikka aylantirish uchun g_c ga kirishimiz kerak bo'ldi.

Masala 9.3

Gaz bosimi quduq turidagi manometring quduq teshigiga qo'llaniladi. Ustun porti atmosferaga ochiq va bosim o'lchagich suyuqligining solishtirma og'irligi 2,0 ga teng. Agar ko'rsatkich 47,5 sm bo'lsa, qo'llaniladigan bosimni kamaytiring.

Yechilishi: (9.2) tenglamadan foydalanib, biz quyidagini olamiz

$$P_1 - P_2 = P_1 - 0 = Rg\rho_m = 0.475 \times 9.8 \times 2.0 \times 1000$$

$$P_1 = 9.31 \text{ kPa}$$

Masala 9.4. 0,01 dyuymli suv ustunining 0 dan 3 dyuymgacha bo'lgan gaz bosimini o'lchash uchun moyil bosim o'lchagichini loyihalashtirish maqsadga muvofiqdir. Bosim o'lchagichining suyuqligi suv bo'lib, o'lchamlari 0,05 dyuym bo'lgan egilgan shkalani o'qish mumkin. θ burchagi qanday bo'lishi kerak va og'gan quvur uzunligi qancha bo'lishi kerak?

Yechilishi:

Aniqlik xossasiga qo'yiladigan talablar asosida burchakni aniqlash mumkin; 0,01 dyuem vertikal ravishda qiyaligi bo'lgan quvurdagi 0,05 ga teng. Shuning uchun $\sin\theta = 0,01 / 0,05$, $B = 11,5^\circ$. Quvurning uzunligi 3 dyuem bo'lganligi sababli, $\sin B = 3 / L$, $L = 15$ dyuem.

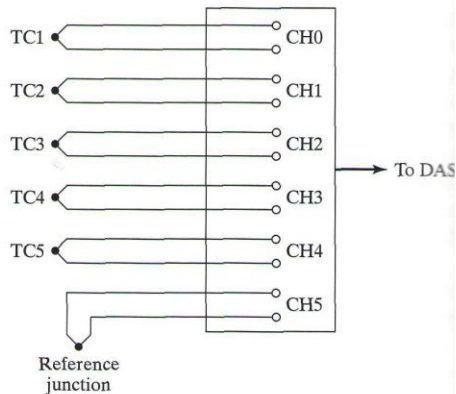
Bordon o'lchagichi

9.5 -rasmda bosimni o'lchash uchun eng keng tarqalgan vosita bo'lgan Burdon o'lchagichi ko'rsatadi. Bu suyuqlik bosimining tez ko'rsatkichlarini olish uchun oddiy qurilma. Amaliyotning asosiy printsipi shundaki, egilgan yassilangan naycha (Bourdon naychasi) ichki bosim ta'sirida o'zini to'g'rilashga harakat qiladi. Naychanning uchi terish ko'rsatkichi bo'lgan tortqi bilan bog'langan. Nisbatan arzon Burdon o'lchash asboblari past vakuumdan 1500 atmosferaga yoki undan yuqori bosimgacha o'lchash uchun olish mumkin. Arzonroq bo'lgan qurilmalar odatda unchalik aniq emas - odatda to'liq shkala xatoligining 5% gacha. Qimmatbaho sensorlarning aniqligi juda yaxshi bo'lishi mumkin - to'liq hajmning taxminan 0,5%. Burdon naychalari yumshoq, masofadan turib bosimni o'lchash moslamalari sifatida ishlatiladigan vaqt. Naychanning burilishi LVDT yoki potentsiyometr yordamida aniqlanadi, bu ma'lumot yig'ish punktiga elektr signalini yuboradi.

Yuk ko'tarish sinov qurilmasi

9.5-rasmda sxematik tarzda ko'rsatilgan porshenli vazn sinov qurilmasi, ko'pincha boshqa bosim o'lchash moslamalarini o'rtacha yoki yuqori bosim ostida kalibrlash uchun ishlatiladigan asbobdir. Kalibrlangan bosimni

o'lchash moslamasi kameradagi yog' bosimini o'lchaydi. Kameraning yuqori qismiga porshenli silindrli moslama biriktirilgan va porshenga og'irliklar qo'yilishi mumkin. Kamera hajmini sozlash uchun alohida vint va porshendan foydalanish mumkin, shunda tortilgan porshen mumkin bo'lgan harakat oralig'ida bo'ladi. Suyuqlik bosimi bu porshen maydoniga bo'linadigan porshen og'irligi yig'ilishining og'irligi. Qurilma juda aniq, chunki porshen maydoni



9.5-rasm. Ma'lumot yig'ish tizimlariga termojuftliklarning ulanishlari.

Masala 9.5

Muzli mos yozuvlar bilan ishlaydigan R tipidagi termojuftlik tizimi 9,1 mV signalga ega. Sezgir o'tish birikmasining harorati qanchaga teng ?

Yechilishi:

9.2-jadvalda 7,949 mV 800 °C haroratga, 9,203 mV esa 900 °C ga to'g'ri keladi. Chiziqli interpolatsiya 9,1 mV uchun 891,8 °C haroratni beradi. To'liq jadvallar to'plamidan foydalanish 892,1 °C haroratni beradi.

Masala 9.6

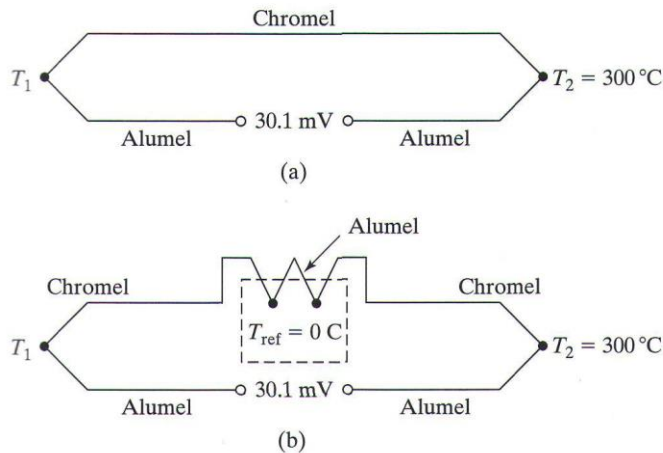
Ikkita K tipidagi termojuftliklar to'plami [E9.6-rasm (a)] 30,1 mV kuchlanish farqini o'lchaydi. Sovuqroq tutashuv 300 ° C haroratga ega ekanligi mustaqil ravishda ma'lum. Ikki bog'lanish orasidagi haroratlar farqi qanchaga teng ?

Yechilishi:

Ushbu qurilmada standart sovuq o'tish joyiga ega bo'lmagan elektron ishlatiladi. Agar -130.200 mV da 9.2-jadvalga kirsak, biz 721.7 harorat farqini olamiz. Biroq, bu butunlay to'g'ri emas, chunki termojuftlikni kalibrlash chiziqli emas. Buning o'rniga, biz E9.6 (a) -rasmidagi sxema 9.6 (b) -rasmida ko'rsatilgan sxemaga teng ekanligini ta'kidlashimiz kerak. Ikkita mos yozuvlar birikmasi kiritilgan, ammo ularning har biri qarama-qarshi ishorasi bilan bir xil kuchlanishni beradi. To'liq sxema chiqish kuchlanishlari farqini o'lchash uchun ulangan ikkita alohida standart sxemalardan iborat. Bu,

$$V_{\text{out}} = V_{T1} - V_{T2} = 30.1 \text{ mV}$$

$300 \text{ }^\circ\text{C}$ da $V_{T2} = 12.207 \text{ mV}$ standart zanjir uchun 9.2-jadvaldan topamiz. Keyinchalik yuqori haroratda termojuftlik uchun $V_{T1} = 12.207 + 30.100 = 42.307 \text{ mV}$ ni tashkil qiladi. Jadvaldan biz yuqori harorat $1027.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ekanligini aniqlaymiz, keyin farq $1027 - 300 = 727 \text{ }^\circ\text{C}$ ni tashkil qiladi. Jadvallardan noto'g'ri foydalanish bu holda $5,3 \text{ }^\circ\text{C}$ xatolikka olib keladi.



9.6-rasm. Ikkita K tipidagi termojuftliklar to'plami.

Sharh:

Shuni ta'kidlash kerakki, jadvallarning nochiziqli bo'lganligi sababli, biz mustaqil ravishda o'tishlardanning birining haroratini bilmasdan

kuchlanishlar farqidan harorat farqini aniq baholay olmaymiz.

Resistance-Temperature Detectors

Metallarning umumiy xarakteristikasi shundaki, elektr qarshiligi metallning haroratiga bog'liq. Shunday qilib, metall simning bir qismi qarshilikni o'lchash moslamasi bilan birgalikda haroratni o'lchash tizimini tashkil qiladi. Haroratning metallning qarshiligiga ta'siriga asoslangan harorat sensori RTD deb nomlanadi. RTD'lar Xalqaro harorat shkalasi tomonidan interpolatsiya maqsadida ishlatiladi. (2-bobga qarang.) Termojuftliklar bilan taqqoslaganda platina RTD'lari aniqroq (ba'zi laboratoriya o'lchovlarida $\pm 0,001$ °C gacha) va chiziqli chiqishga ega. Ular termojuftlarga nisbatan emas, balki to'g'ridan-to'g'ri haroratni o'lchash uchun ishlatilishi mumkin. Ular, shuningdek, barqarorroq bo'lishga moyildirlar; ya'ni xususiyatlar kimyoviy yoki boshqa ta'sirlar tufayli vaqt o'tishi bilan o'zgarishi ehtimoli kam. Boshqa tomondan, RTDlar odatda jismonan termojuftliklardan kattaroqdir, natijada fazoviy aniqlash darajasi yomonlashadi va vaqtinchalik javob sekinlashadi.

Ko'pincha RTD platinadan tayyorlanadi, ammo boshqa metallardan, shu jumladan nikel yoki nikel qotishmalaridan foydalanish mumkin. Platina uchun qarshilikning haroratga bog'liqligi Kalendar-Van Dyusen tenglamasi bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$R_T = R_0 \{1 + \alpha [T - \delta(0.01T - 1)(0.01T) - \beta(0.01T - 1)(0.01T)^3]\} \quad (9.4)$$

R formulasi:

$$R_{RTD} = R_3 \frac{V_{\text{supply}} - 2V_o}{V_{\text{supply}} + 2V_o} - R_{\text{lead}} \frac{8V_o}{V_{\text{supply}} + 2V_o} \quad (9.5)$$

3 simli ko'prikda bo'lgani kabi, nominal qo'rg'oshin qarshiliklari aniq bir o'lchashlarda nosimmetrik o'lchash tizimlari uchun ma'lum bo'lishi kerak.

Qarshilikni o'lchash zanjiriga joylashtirilganda tok RTDlar orqali o'tishi sababli, quvvat sarflanadi; shuning uchun RTD o'zini o'zi isitadi. Odatda suyuqlik haroratini o'lchashda bu muammo bo'lmaydi, lekin gaz haroratini o'lchashda xatolikka olib kelishi mumkin. Ushbu o'z-o'zini isitish effektini statik haroratni o'lchashda ikki xil ta'minot kuchlanishlari yordamida baholash mumkin. Qarshilikdagi har qanday farq potensial o'z-o'zini isitish muammosini ko'rsatadi. O'z-o'zidan isitishni kam quvvatli

kuchlanish yordamida kamaytirish mumkin; ammo, bunda sezgir elektronning chiqishi kamayadi.

Yuqorida aytib o‘tilganidek, RTD'lar juda yuqori aniqlikka ega ($\pm 0,001$ °C), ammo haqiqiy muhandislik o‘lchovlarida aniqlik sezilarli darajada yomonlashadi. Ko‘prik rezistorlaridagi va kuchlanishni o‘lchaydigan qurilmalardagi xatoliklar aniqlikni cheklaydi. Ushbu bobda keyinroq muhokama qilinganidek, haroratni o‘lchashga ta’sir qiluvchi bir qator muhim xatoliklar mavjud, ayniqsa issiq gazlar uchun. RTD o‘lchash tizimlari haqida ko‘proq ma’lumot olish uchun Benedikt (1984) ga qarang.

Masala 9.7

RTD 0 °C da 100 Om qarshilikka ega. Kallendar-Van Dyusen konstantalari $D = 0.00392$, $ph = 1.49$ va $T > 0$ °C uchun $\beta = 0.350$ °C da qarshilik qancha bo‘ladi?

Yechilishi: (9.10) tenglamaga qo‘yib biz quyidagini olamiz

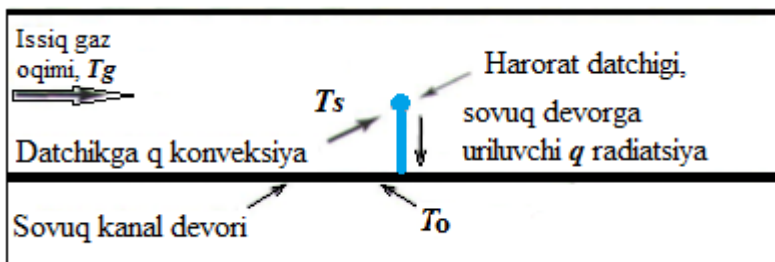
$$R_T = 100\{1 + 0.00392[350 - 1.49(0.01 \times 350 - 1)(0.01 \times 350) - 0.0(0.01 \times 350 - 1)(0.01 \times 350)^3]\} = 232.08\Omega$$

Bu qarshilikning sezilarli o‘zgarishi - deformatsiyani o‘lchashlarida kuzatilganidan ancha katta. Shu bilan bir qatorda, biz 9.3-jadvaldan foydalanishimiz va $R = 231.89$ Om ni olishimiz mumkin bo‘ladi.

9.2.3 Termistorli va integralli harorat datchiklari

RTD singari, termistor ham haroratga bog‘liq bo‘lgan qurilmadir. Shu bilan birga, termistor, yarimo‘tkazgichli qurilma, haroratga nisbatan qarshilikning RTD ga qaraganda ancha katta o‘zgarishini ko‘rsatadi. Termistorning qarshiligining haroratga o‘zgarishi juda katta, har bir daraja Selsiy bo‘yicha 4%. Termistorlar haroratga nisbatan qarshilikning ijobiy yoki salbiy nishabligiga ega bo‘lishi mumkin. Biroq, eng keng tarqalgan termistor qurilmalari salbiy nishablikka ega; ya’ni haroratning ko‘tarilishi RTD dan farqli o‘laroq qarshilikning pasayishiga olib keladi. Ular qarshilik va harorat o‘rtasidagi logarifmik munosabatni ko‘rsatib, juda noxiziqli bo‘ladi:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln R + C (\ln R)^3 \quad (9.6)$$



9.7-rasm. Gaz haroratini o'lchashda issiqlik o'tkazuvchanlik xatoligi manbaining tasviri.

Keyingi qism. Hech bo'lmaganda taxminan, datchik bilan zondni 9.33-rasmda ko'rsatilgandek qanot deb o'ylash mumkin. Sirt haroratini o'lchashda biz qovurg'a biriktiruvchi nuqtaning haroratiga qanday ta'sir qilishiga qiziqdik. Bu yerda biz asosning(bazaning) qovurg'aning boshqa uchidagi haroratga qanday ta'sir qilishiga qiziqamiz. Holman (2002) haroratni cheklangan uzunlik bo'ylab taqsimlash uchun quyidagi formulani keltiradi:

$$\frac{(T - T_{\infty})}{(T_0 - T_{\infty})} = \frac{\cosh[m(L-x)]}{\cosh mL} \quad m = \sqrt{\frac{hP}{kA}} \quad (9.7)$$

bu yerda x - qovurg'a tagidan masofa, L - qovurg'a uzunligi. Oxirida $x = L$ va T datchikning harorati T_s , shuning uchun

$$\frac{(T_s - T_{\infty})}{(T_0 - T_{\infty})} = \frac{1}{\cosh mL} \quad (9.8)$$

O'tkazuvchanlik xatoligini minimallashtirish uchun biz T_s ga ham yaqinlashishni xohlaymiz. Bu $\cosh mL$ (va shuning uchun mL) maksimal darajada bo'lsa sodir bo'ladi. Dumaloq qovurg'a uchun mL bo'ladi

$$mL = \sqrt{\frac{4xh}{kxD}} L \quad (9.9)$$

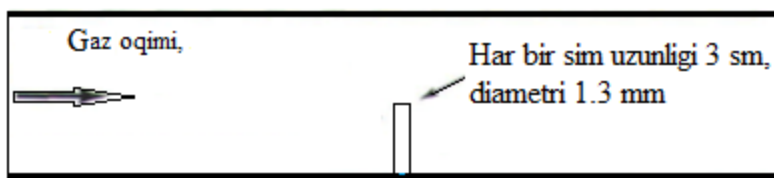
mL ni maksimal darajaga ko'tarish uchun bizga katta h , katta L , kichik D va kichik k kerak. Konvektiv issiqlik uzatish nazariyasi shuni ko'rsatadiki, diametrning pasayishi bilan h ko'payadi, shuning uchun diametrning pasayishi h ni o'sishining qo'shimcha foydasiga ega. Suyuqliklardagi h qiymatlari kattaroq bo'lgani uchun, bu turdagi o'tkazuvchanlik xatoligi suyuqlik haroratini o'lchashda muammo bo'lishi mumkin emas.

Termojuftlik zondlarining haqiqiy tuzilishi ko'pincha murakkab

(masalan, 9.17-rasmga qarang) va tahlil yuqorida tavsiflangan oddiy qanotlar nazariyasiga qaraganda ancha murakkab. (Sonli elementlar usuli bilan termal tahlil mos keladi.) Biroq, qanotlar nazariyasi oddiy zond geometriyalari uchun va murakkab vaziyatlar uchun taxminiy sifatida ishlatilishi mumkin. Quyidagi misol ushbu yondashuvning qo'llanilishini namoyish etadi.

Masala 9.8

Gaz oqimining haroratini o'lchash uchun ishlatiladigan termojuftlik E9.8-rasmda ko'rsatilgandek ikkita yalang'och simlardan iborat. Simlarning diametri 1,3 mm va uzunligi 2 sm, bitta simning issiqlik o'tkazuvchanligi 19,2 Vt / m-K, ikkinchisining issiqlik o'tkazuvchanligi esa 29,8 Vt / m-K ni tashkil qiladi. Gaz va har bir sim o'rtasidagi issiqlik uzatish koeffitsienti 200 Vt / m²-K ni tashkil qiladi. Termojuftlik 375 K ni ko'rsatadi



9.8-rasm. Gaz oqimining haroratini o'lchash uchun ishlatiladigan termojuftlik.

va kanal devori 320 K da, gaz haroratini o'lchashda o'tkazuvchanlik xatoligini baholang.

Yechilishi:

Biz zondni yuqori issiqlik o'tkazuvchanligiga ega ikkita sim sifatida ko'rib chiqamiz. (Bu xatolikni biroz oshirib yuboradi.). (9.23) tenglama yordamida biz quyidagini olamiz

$$mL = \sqrt{\frac{4 \times 200}{29.8 \times 0.0013}} = 4.311$$

(9.21) tenglamaga qo'yib biz quyidagini olamiz

$$\frac{(T_o - T_\infty)}{(T - T_\infty)} = \frac{1}{\cosh \cdot 4.311} = 0.0268 = \frac{375 - T_\infty}{320 - T_\infty}$$

Yechim, $T_{oo} = 376,5 \text{ K}$. 275 K ni ko'rsatgan datchik $1,5 \text{ K}$ xatolikga ega.

Sharh:

Biz simlarni uzunroq va / yoki kichikroq diametrlilik qilib, bu xatolikni sezilarli darajada kamaytira olamiz.

Radiatsiya xatoliklari

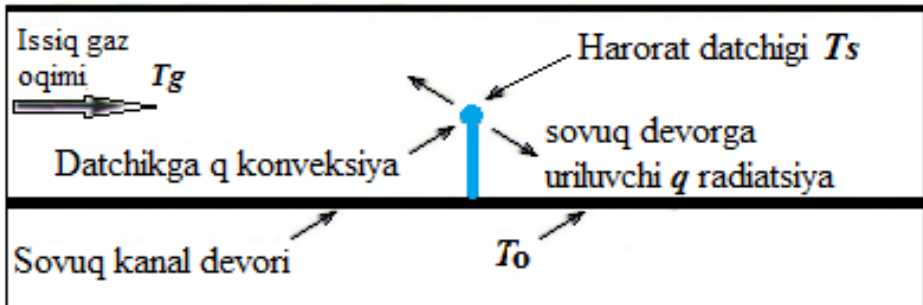
Radiatsion xatoliklar, rasmda ko'rsatilgandek, issiq gaz haroratini o'lchashda odatda muammo tug'diradi. 9.35. Bunday holda, issiqlik gazning konvektiv issiqlik uzatilishi tufayli termojuftlik birikmasiga kiradi, ammo kanalning sovuqroq devorlariga radiatsion issiqlik uzatilishi tufayli tashqariga chiqadi. Konvektiv issiqlik uzatish quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$q = hA(T_{gas} - T_s) \tag{9.10}$$

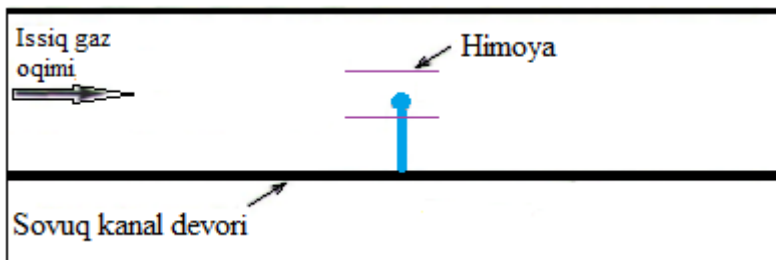
bu yerda h - issiqlik uzatish koefitsienti, A - o'tishning sirt yuzasi(maydoni). Qo'shimchadan kanal devoriga radiatsiyaviy issiqlik uzatilishi quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi

$$q = \epsilon A \sigma (T_s^4 - T_w^4) \tag{9.11}$$

bu yerda ϵ - emissivlik deb ataladigan bo'g'im sirtining xususiyati, T_w - kanal devorining harorati va σ - Stefan-Boltsman doimiysi, $5.669 \times 10^{-8} \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}^4$. Birlashtirish



9.9-rasm. Radiatsion(issiqlik nurlanishidagi) xatoliklar



9.10-rasm. Radiatsiyaviy himoya bilan radiatsiya xatoligini kamaytirish.

quyidagi tenglamalarni tuzamiz:

$$T_{gas} - T_s = \frac{\epsilon}{h} \sigma (T_s^4 - T_w^4) \quad (9.12)$$

Ideal holda, T_{gaz} T_s ga teng bo'lishi kerak, shuning uchun $T_{gaz} - T_s$ o'lchash xatoligi. T gazini kamaytirish uchun ϵ ni minimallashtirish va h ni maksimal darajaga ko'tarish kerak. Chokdagi yaltiroq sirtlari minimallashtiradi. Qo'shish uchun issiqlik uzatish koeffitsienti diametrining pasayishi bilan ortadi. Afsuski, issiq gaz muhitida ko'pgina termojuftlik materiallari tezda zanglaydi va kichik diametrlari bilan ular qisqa xizmat ko'rishadi. Demak, radiatsiyaviy noaniqlik va chidamlilik o'rtasida o'zaro kelishuv mavjud. Radiatsion xatoliliklarni kamaytirish usuli 9.36-rasmda ko'rsatilgandek, bir yoki bir nechta quvurli radiatsiya qalqonlarini o'rnatiladi. Ekran gaz harorati va devor harorati orasidagi harorat oralig'iga etadi. Termojuftlik issiqroq sirtni samarali ravishda chiqaradi va shuning uchun radiatsiya xatoligi kamroq bo'ladi. Ushbu printsip yordamida tijorat zondlari mavjud.

Masala 9.9

Kanal orqali oqib o'tadigan gazning haroratini o'lchash uchun termojuftlik ishlatiladi. Termojuftlik 900 °C ni o'qiydi va devor harorati 600 °C ga teng, termojuftlik qobig'ining (plyonkasining) nurlatish xossasi (emissivligi) 0,1 ga teng va issiqlik uzatish koeffitsienti 80 Wt / m²-K ga teng. Termojuftlik o'qishining radiatsiya xatoligini baholang.

Yechilishi: (9.26) tenglamaga qo'yib biz quyidagini olamiz

$$\begin{aligned}
T_{gas} - T_s &= \frac{\epsilon}{h} \sigma (T_s^4 - T_w^4) \\
&= \frac{0.1}{80} 5.669 \times 10^{-8} [((900 + 273)^4 - (600 + 273)^4)] \\
&= 93 \text{ }^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Ushbu xatolik, 93 °C, ulangan zondlar bilan issiq gazlarni aniq o‘lchovini olish qanchalik qiyinligini ko‘rsatadi. Agar biz radiatsion qalqonni joylashtirsak va bu qalqon 800 °C da bo‘lsa, xatolik 40 °C ga tushadi, bu hali ham sezilarli darajadagi xatolik.

Qayta tiklash xatollikari

Boshqa haroratni o‘lchash xatoligi Qayta tiklash xatollikari deb nomlanadi. Bu ko‘pincha yuqori tezlikli gaz oqimlari va shuning uchun yuqori Max raqamlari bilan bog‘liq (Max raqami - bu gaz tezligining bir xil gazdagi tovush tezligiga nisbati). Gazning termodinamik harorati yoki statik harorati - bu gaz tezligida harakatlanadigan asbob bilan o‘lchanadi. Shu bilan birga, yuqori tezlikli gaz sezilarli kinetik energiyaga ega va agar gaz sekinlashsa, uning harorati ortadi. Yopishqoqlik(qovushqoqlik) effekti ta’siri tufayli gaz oqimidagi datchik yuzasidagi suyuqlik nol tezlikka qadar sekinlashadi. Bu tutashuv haroratini oqayotgan suyuqlikning statik haroratidan yuqori haroratga ko‘taradi. Agar birikma(bo‘g‘in) yuzasida boshqa issiqlik uzatish sodir bo‘lmasa, u adiabatik devor harorati deb nomlangan haroratga etadi. Bu harorat (Shapiro, 1953) tomonidan berilgan,

$$T_{aw} = T_{statik} + R \frac{V^2}{2c_p} \quad (9.13)$$

bu yerda R - tiklanish koeffitsienti, V - gaz tezligi va c_p - gazning doimiy bosimdagi solishtirma issiqligi. Suyuqlik, Max soni, yo‘nalishi va zond shakliga bog‘liq bo‘lgan tiklanish koeffitsienti 0,68 dan 0,86 gacha (Moffat 1962). Haroratni o‘lchashdagi xatoliklar haqida ko‘proq ma’lumot olish uchun Benedikt (1984) ga qarang.

Masala 9.10

Markqazdan qochma havo kompressorini sinovdan o‘tkazishda termojuft sensori 325 °C ni o‘qiydi va havo tezligi 16 <m / s ni tashkil qiladi. Qayta tiklash koeffitsienti 0,86, gazning solishtirma issiqligi esa 1055 J / kg-K ni tashkil qiladi. Statik havo haroratini baholang.

Yechilishi: (9.58) tenglamani echib, biz T_s uchun quyidagini olamiz

$$T_s = T_{aw} - R \frac{V^2}{2c_p} = 325 - 0.86 \frac{160^2}{2 \times 1055} = 325 - 10.4 = 314.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sharh:

Ushbu misol T_{aw} o'lchovi asosida statik haroratni taxmin qiladi. Ushbu effekt qaralayotgan misolda juda yaxshi, lekin tezloik yuqoriroq bo'lgan vaziyatlarda (aslida Maxning sonlari yuqori bo'lgan vaziyatlarda) yanada katta bo'ladi. Ko'pgina hollarda, gaz ham juda issiq va sezilarli darajada radiatsiya xatolari ham yuzaga keladi. Ko'pincha yuqori tezlikda ishlaydigan issiq gazlarda gazning haroratini o'lchash ancha qiyin bo'ladi.

10 -bob Suyuqlik oqimi, suyuqlik tezligi, suyuqlik darajasi va yonish ifloslantiruvchi moddalarni o'lchash.

10.1 Suyuqlik oqimini o'lchash tizimlari

10.2 Suyuqlik tezligini o'lchash tizimlari

10.3 Suyuqlik sathini o'lchash

10.4 Havoni ifloslantiruvchi moddalarni o'lchash

Muammolar

Masala 10.1

ASME spetsifikatsiyasiga muvofiq ishlov beriladigan kirish konusida ishlab chiqarilgan venturi naychasi diametri 3 "bo'lgan 4" ID quvurga kiritiladi. Agar oqayotgan suyuqlik 60 °F suv bo'lsa, bosimni o'lchash chiziqlari suv bilan to'ldirilgan va bosim o'lchagichi kvadrat dyemiga 4 funtni ko'rsatsa, suv oqimi qancha?

Yechilishi: Qo'shimcha B-dagi B.2-jadvaldan 60 °F haroratli suv uchun $p = 62.34 \text{ lb} / \text{ft}^3$ va $\rho = 2.71 \text{ lb} / \text{soat-ft}$. Yechim topish uchun biz tenglamadan foydalanamiz. (10.6). $A_2 M_t = (D_2 / A)^2$ ekanligini unutmang - ishlov berilgan konusning 10.1-jadvalida $C = 0.995$ berilgan. Reynolds sonini keyinroq tekshirib ko'ramiz. Bizda quyidagi bor

$$Q = \frac{C A_2}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = \frac{0.995\pi \left(\frac{3}{12}\right)^2}{4} \sqrt{\frac{2(2 \times 144)}{\frac{62.34}{32.17}}} = 1.44 \text{ fut}^3/\text{sek} \quad (10.1)$$

E'tibor bering, barcha dyuymli birliklar futga aylantirildi va biz zichlikni gc ga bo'lishimiz kerak edi. Shuni ham unutmangki, 10.2-rasmdagi bosim ko'rsatkichi bosimning o'zgarishini emas, balki aslida P + gaz o'zgarishini o'lchaydi. Quvur ichidagi suyuqlik tezligi quyidagiga teng:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1.44}{\pi(4/12)^2/4} = 16.5 \text{ fut}/\text{sek} \quad (10.2)$$

va Reynolds soni keyin quyidagicha bo'ladi

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{(62.34/32.17) \times 16.5 \times 4/12}{2.71/(32.17 \times 3600)} = 455,000 \quad (10.3)$$

Shunday qilib, Venturi naychasi 10.1-jadvalda ko'rsatilgan ma'lumotlar oralig'ida ishlaydi.

Masala 10.2

Agar 10.1-misolda maksimal va minimal yuzalarning mintaqalarning diametrlari $\pm 0,002$ dyuymga to'g'ri kelmasa va bosimning pasayishi $\pm 0,05$ psi ga to'g'ri kelmasa, oqim tezligini o'lchashda sistematik xatolik nimaga teng?

Yechilishi:

Biz noaniqlikni (7.4) tenglama yordamida baholaymiz. Shunday qilib, C, D, ga nisbatan Q ning xususiy hosilalari kerak. D_2 , D_1 - bosim o'zgarishi. G va p-dagi noaniqliklar ahamiyatsiz deb hisoblanadi. Ushbu hosilalar (10.6) tenglama yordamida olinadi:

$$\frac{\partial Q}{\partial D_1} = C \left(\frac{\pi}{4} \right) \frac{-2 \left(D_2/D_1 \right)^5 D_2}{\left[1 - \left(D_2/D_1 \right)^4 \right]^{3/2}} \sqrt{\frac{2x\Delta P}{\rho}} = -3.99 \text{ fut}^3/\text{sek} \cdot \text{fut} \quad (10.4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial D_2} &= C \left(\frac{\pi}{4} \right) \frac{-2D_2}{\left[1 - \left(D_2/D_1 \right)^4 \right]^{1/2}} + \frac{2 \left(D_2/D_1 \right)^4 D_2}{\left[1 - \left(D_2/D_1 \right)^4 \right]^{3/2}} \sqrt{\frac{2x\Delta P}{\rho}} = \\ &= 16.84 \text{ fut}^3/\text{sek} \cdot \text{fut} \end{aligned} \quad (10.5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial C} = \frac{\pi \cdot D_2^2/4}{\sqrt{1 - \left(D_2/D_1 \right)^4}} \sqrt{\frac{2x\Delta P}{\rho}} = 1.447 \text{ fut}^3/\text{sek} \quad (10.6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \Delta P} = \frac{C \left(\pi \frac{D_2^2}{4} \right)}{\sqrt{1 - \left(D_2/D_1 \right)^4}} \cdot \frac{\left(\frac{1}{2} \right)^2 \frac{\rho}{\sqrt{2x\Delta P}}}{\sqrt{\frac{2x\Delta P}{\rho}}} = 0.00125 \left(\frac{\text{fut}^3}{\text{sek}} \right) / \left(1b/\text{fut}^2 \right) \quad (10.7)$$

O'zgaruvchilarning noaniqliklari quyidagiga teng

$$w_{D_1} = \frac{0.002}{12} = 1.666 \times 10^{-4} \text{ fut} \quad (10.8.1)$$

$$w_{D_2} = \frac{0.002}{12} = 1.666 \times 10^{-4} \text{ fut} \quad (10.8.2)$$

$$w_C = 0.00995(10.1 - \text{jadval bo'yicha } 0,995 \text{ dan } 1\%)$$

$$w_{\Delta P} = 0.05 \times 144 = 7.2 \text{ lbf/fut}^2$$

(7.4) tenglamadan Q ning sistematik noaniqligi quyidagiga tengdir

$$w_Q = \left[\left(\frac{\partial Q}{\partial D_1} w_{D_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial D_2} w_{D_2} \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial C} w_C \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial \Delta P} w_{\Delta P} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (10.9)$$

$$w_Q = [(3.99 \times 1.666 \times 10^{-4})^2 + (16.84 \times 1.666 \times 10^{-4})^2 + (1.447 \times 0.00995)^2 + (0.00125 \times 7.2)^2]^{1/2}$$

$$w_Q = [44.187 \times 10^{-4} + 7.87 \times 10^{-6} + 2.07 \times 10^{-4} + 8.1 \cdot 10^{-5}]^{1/2}$$

$$w_Q = 0.019 \text{ fut}^3/\text{sek}$$

10.1-misolda oqim tezligi $1,44 \pm 0,019 \text{ fut}^3/\text{sek}$.

Sharh: Noaniqliklarda sarf koeffitsienti va bosimlar farqining xadlari ustunlik qiladi, mazkur holda o'lovli atamalar kichik hissa qo'shadi. Hosilalarni hisoblash aniq algebraik jihatdan qiyin. Asl formulani elektron jadval dasturiga qo'shish va hosilalarni sonli ravishda aniqlash osonroq. Masalan, quvur diametri 0,1% ga oshirilishi va oqim tezligining o'zgarishini taxmin qilish mumkin. $\partial Q/\partial D_i$, keyin $\Delta Q/\Delta D_i$.

Masala 10.3

Metaldan yasalgan gorizonta Venturi sarf o'lchagichi ichki diametri 60 sm bo'lgan payvandlangan po'lat quvurga o'rnatilishi kerak, oqadigan suyuqlik 40 ° C haroratda suv bo'lib, maksimal oqim tezligi 0,563 m³ / sek ni tashkil qiladi va bosimning ruxsat etilgan pasayishi 20 kPa. Kesik konus(tomoq) sohasini aniqlang.

Yechilishi:

Suvning xususiyatlarini B.2-jadvaldan olish mumkin: $r = 992,2 \text{ kg} / \text{m}^3$ va $m = 0,656 \times 10^{-3} \text{ Nxs} / \text{m}^2$. Ayni paytda biz B yoki Re ni bilmaymiz, ammo 10.1-jadvaldagi C qiymati 0.984 ni to'g'ri deb hisoblaymiz. A1 quvur liniyasining yuqori oqimi maydoni $p0.6^{2/4} = 0.2827 \text{ m}^2$. Kesik konus(tomoq) sohasini olish uchun (10.6) tenglamadan foydalanamiz:

$$Q = \frac{CA_2}{\sqrt{1-(A_2/A_1)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (10.10)$$

$$0,563 = \frac{0,984A_2}{\sqrt{1-(A_2/0,2827)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2(20,000)}{992,2}}$$

A₂ ga nisbatan yechib 0,086 m² ni olamiz, bu esa 33 sm diametrga to'g'ri keladi. Natijada 10.1-jadvaldagi ma'lumotlar oralig'ida B 33/60 = 0,55 qiymatiga ega bo'ladi. Quvur ichidagi suyuqlik oqim tezligi Q/A = 0,565/0,2827 = 2,00 m/s ni tashkil qiladi. U holda Reynolds soni quyidagiga teng

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{992,2 \times 2,00 \times 0,6}{0,656 \times 10^{-3}} = 1,82 \times 10^6$$

bu 10.1-jadvalga kiradi. Agar Re kattaroq bo'lsa, sarf koeffitsienti sezilarli darajada o'zgarishi mumkin emas.

Sharh:

SI birliklarining katta soddaligi 10. 3-misol bilan 10.1-misolni taqqoslash orqali namoyish etiladi.

Oqim soplosi

10.4 rasmda ko'rsatilgan oqim soploli Venturi ekseliga o'xshaydi, u suyuqlik minimal oqim maydonidan o'tgandan so'ng, oqim maydoni to'satdan quvurning maydonigacha kengayadi. Bu suyuqlikdagi energiyani ancha katta yo'qotishlariga olib keladi. I-turi naychasida bo'lgani kabi, oqim nasadkalari o'lchovli standartlarga muvofiq ishlab chiqilgan. ASME bor

Oqim soplolarining maxsus holatini alohida ta'kidlash kerak. Bu gazlarning, shu jumladan bug 'massasining oqimini o'lchash uchun juda muhim oqim soplolaridir. Agar soploning kesik konussimon qismining orqasidagi bosim etarlicha past bo'lsa, u holda soploning minimal mintaqasidagi tezlik mahalliy ovoz tezligiga teng bo'ladi. Bunday holda, oqim yopiq (kritik) deb hisoblanadi va chiqish bosimining yanada pasayishi massa oqimiga ta'sir qilmaydi. Ideal gazlar uchun bu sodir bo'ladigan

absolyut bosim quyidagi ifoda bilan belgilanadi

$$P_{crit} = \frac{P_0}{[(\gamma+1)/2]^{\gamma/(\gamma-1)}} \quad (10.11)$$

bu yerda γ - gazning o'ziga xos issiqlik quvvati. **Subscript 0** tezlikni nolga teng bo'lgan yuqori oqimdagi umumiy shartlarni, bosimning (va haroratning) qiymatini bildiradi. Amalda, agar soplo oldidagi quvurning maydoni shtutserning maydonidan besh baravar ko'p bo'lsa, suyuqlik kirish bosimi umumiy bosimning 1% atrofida bo'ladi. Ko'pgina gazlar uchun kritik bosim umumiy bosimning yarmiga teng. Agar soplo chiqadigan atrof-muhit bosimi P_{crit} dan kam bo'lsa. soploning kesik konussimon qismidagi (tomog'idagi) bosim pastki orqa bosim emas, balki P_{crit} bo'ladi.

Ideal gazning kritik oqim tezligini quyidagi tenglamadan aniqlash mumkin (Shapiro, 1953)

$$\dot{m} = \frac{A_2 P_0}{\sqrt{T_0}} \sqrt{\frac{\gamma}{R} \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{(\gamma+1)(\gamma-1)}} \quad (10.12)$$

bu yerda R - oqayotgan gaz uchun gaz doimiysi va T_0 - umumiy harorat. Ushbu tenglama yordamida hisoblangan oqim tezligi maksimal hisoblanadi; Ishqalanish effektlari oqim tezligini biroz pasaytiradi va natija oqim koeffitsientiga ko'paytirilishi kerak. Oqim tezligi kritik oqim soplolari uchun yuqori bo'lsa ham (yuqori Reynolds sonlari uchun 0,99 tartibida), ASME (1971) kritik oqim soplolarini moslashtirilgan kalibrlashni taklif qiladi. Bug' va sovutgichlar kabi ko'plab keng tarqalgan sanoat gazlari haqiqiy gazga nisbatan sezilarli xatti-harakatlarni namoyish etadi. Haqiqiy gaz harakati ularning ideal gaz harakatlaridan sezilarli darajada chetga chiqishlarini anglatadi. Bug' kabi haqiqiy gazlarga bo'lgan yondashuv ASME (1971) da keltirilgan. Kritik oqim soplосining asosiy afzalligi shundaki, faqat kirish suyuqligi sharoitlarini o'lchash kerak. Asosiy kamchilik ular bosimni sezilarli darajada yo'qotishiga olib keladi.

Masala 10.4

Havo oqimini 2 funt m / s gacha o'lchash uchun forsunkani 2 dyuem (ID = 2.067") trubaga kiritish kerak. Soplo oldida havo bosimi 150 kvadrat dyuemga funt, harorat esa 300 °F. havo uchun γ qiymati 1.4 ga teng. Quvurning devorlari uchun kranlarni ishlatish kerak va soplo bo'ylab maksimal bosim tushishi 5 kvadrat dyuemga funt bo'lishi kerak. soplo uchun

tegishli minimal yuzasini aniqlang.

Yechilishi:

Havoning xususiyatlarini B.4-jadvaldan olish mumkin. $\rho = 0,05748 \text{ lb / m}^3 / \text{h-ft}$. Zichlik @ 14,7 psi Bir dyuym $0,05221 \text{ lb / ft}^3$ ni tashkil qiladi, shuning uchun 150 psi. Dyuum $p = 0,05221 (150 / 14,7) = 0,533 \text{ lb / ft}^3$. Biz bu masalani tenglamani echish orqali hal qilamiz. (10.8) A2 uchun. Buning uchun bizga C va Y kerak, ular uchun β kerak, bu esa o'z navbatida A2 yakuniy javobini talab qiladi. Biroq, biz muammoni takroriy ravishda hal qilishimiz mumkin.

Birinchidan, C = 1 va Y = 1 deylik, A2 ni baholaylik, C va Y ni hisoblab va keyin A2 ni qayta hisoblaymiz. Ai ni 0,0233 ft2 deb hisoblab, uni tenglamaga qo'shishimiz mumkin. (10.8):

$$Re_D = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{0.533 \cdot 32.17 \times 161 \times 2.067 / 12}{0.05748 / (32.17 \times 3600)} = 925,800$$

$$\dot{m} = \frac{C Y A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{2 \rho_1 (P_1 - P_2)}$$

$$\frac{2}{32.17} = \frac{1 \times 1 \times A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{0.0233}\right)^2}} \sqrt{2 \times \left(\frac{0.533}{32.17}\right) (5 \times 144)}$$

Yechib, biz A ni olamizmi? $A = 0,0112 \text{ fut}^2$, bu minimal soplning diametri 1,43 dyuemga teng. $R = 145/150 = 0.967$ va $\beta = d / D = 1.43 / 2.067 = 0.692$ ekanligini hisobga olsak, (10.9) tenglamadan Y ni olamiz:

$$Y = \left[0.967^{2/1.4} \left(\frac{1.4}{1.4 - 1}\right) \left(\frac{1 - 0.967^{(1.4 - 1/1.4)}}{1 - 0.967}\right) \left(\frac{1 - 0.692^4}{1 - 0.692^4 \cdot 0.967^{2/1.4}}\right) \right]^{1/2} = 0,974$$

Biz (10.10) tenglamadan C ni olamiz, C ni topish uchun Reynolds sonini quvur diametri asosida hisoblashimiz kerak. 1-qismdagi tezlik $V) = \dot{m} p \cdot A^{\wedge} = 2 / (0,533 \times 0,0233) = 161 \text{ fut/s}$. Keyin Reynolds soni quyidagiga teng bo'ladi

Sharh:

Ushbu vazifada bosimning pasayishi kichik (5 kvadrat dyuemga funt 150 kvadrat dyuemga funt kirish bosimiga nisbatan), ammo kengayish koeffitsienti 0,974 ga teng, bu esa 2% dan ortiq.

A2 uchun yechim $A_2 = 0.0116 \text{ ft}^2$ yoki $d = 1.46 \text{ dyuem}$ beradi.

A2 uchun yechim $A_2 = 0.0116 \text{ fut}^2$ yoki $d = 1.46 \text{ dyuemni}$ beradi.

$$C = 0.9975 - 0.00653 \left(10^6 x \frac{0.692}{925,800} \right)^{0.5} = 0.992$$

$$\frac{2}{32.17} = \frac{0.992 x 0.974 x A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{0.0233} \right)^2}} \sqrt{2x \left(\frac{0.533}{32.17} \right) (5x144)}$$

Masala 10.5

1 dan 3 atm gacha (mutlaq) bosimlarda ishlashga mo'ljallangan kameraga havo oqimini o'lchash uchun muhim oqim nozuli taklif qilingan. Ushbu dastur uchun siqilgan havo 690 kPa (o'lchov bosimi) va atrof-muhit haroratida (20 ° C) mavjud. Tizimga taxminan 0,1 kg / s havo kerak. Havo uchun $\gamma = 1,4$ va $R = 287 \text{ J / kg-K}$.

(a) Kritik oqim soplosi ushbu dastur uchun mos keladimi?

b) iloji bo'lsa, soploneg kesik konussimon qismining yuzasini hisoblang.

v) sarfni aniq hisoblash uchun qanday o'lchashlar kerak?

d) kamera bosimi o'zgarganda oqim qanday o'zgaradi?

Yechilishi:

(a) Bosim 1 dan 3 atm gacha o'zgarganda, soppo orqali oqim bloklangan bo'lib qoladimi yoki yo'qligini tekshirishimiz kerak. Bizda quyidagi bor

$$\begin{aligned} \text{Ta'minot bosimi} &= \frac{690}{101.3} = 6.8 \text{ atm (kattalik miqdori)} \\ &= \frac{P_C}{P_S} = \frac{3}{6.8 + 1} = 0.38 \end{aligned}$$

kamera va liniyadagi bosimning maksimal nisbati.

Мы должны сравнить это значение с критическим отношением, полученным из уравнения. (10.11). Для воздуха ($\gamma = 1.4$),

$$\frac{P_{crit}}{P_0} = \frac{1}{[(1.4 + 1)/2]^{1.4/(1.4-1)}} = 0.528$$

$$\frac{P_c}{P_s} \leq \frac{P_{crit}}{P_0},$$

bo'lgani uchun

oqim yopiladi va kritik oqim sopluga mos keladi.

b) Soplo konussimon qismining (tomog'ining) yuzasini hisoblash uchun biz formuladan foydalanamiz. (10.12):

$$\dot{m} = \frac{A_2 P_0}{T_0^{1/2}} \left[\left(\frac{\gamma}{R} \right) \frac{2}{(\gamma + 1)^{(\gamma+1)(\gamma-1)}} \right]^{1/2}$$

$$0,1 = (A_2 \times P_0 \times \frac{101,325}{293^{1/2}} \left[\left(\frac{1.4}{287} \right) \frac{2}{(1.4 + 1)^{(1.4+1)(1.4-1)}} \right]^{1/2}$$

$$A_2 = 5.36 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = 0.536 \text{ cm}^2$$

$$\text{diametr} = 8.3 \text{ mm}$$

(c) Oqimni aniq o'lchash uchun forsunka kalibrlangan bo'lishi kerak. Keyingi o'lchovlar uchun kirish joyidagi harorat va bosimni o'lchash kerak. Oqimning yopilishini ta'minlash uchun har bir ish sharoitida chiqish bosimini ham o'lchash kerak.

(d) oqim soploda bloklangan ekan, kameradagi bosim unga ta'sir qilmaydi. T: oqimini o'zgariring, kirish bosimini (va ehtimol haroratni) o'zgartirish kerak. Kirish bosimi o'zgartirganda, oqim tezligi juda muhim bo'lib qolishiga ishonch hosil qiling.

Masala 10.6

10.5-misolda havo oqimining tezligini daqiqada standart kubometrda (SCMM) hisoblang.

Yechilishi:

Oqim tezligini standart sharoitga o'tkazish uchun (odatda 1 bar, 20 = C deb belgilanadi). Biz ommaviy sharoitda (ρ_0) massa havo oqim tezligini havo zichligiga bo'lishimiz kerak. Biz ideal gazdan foydalanamiz.

$$\rho_0 = \frac{P}{RT} = \frac{101,325(\text{Pa})}{287 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \right) \times 293(\text{K})} = 1.20 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{SCMM} = \frac{\dot{m}}{\rho_0} = \frac{60 \times 0.1}{1.20} = 50 \text{ SCMM}$$

ushbu maqsad uchun munosabat,

Diafragmali o'lchagich

10.6 (a) rasmda ko'rsatilgan diafragma o'lchagich eng mashhur differentsial bosimni o'lchash moslamalaridan biridir, chunki uni o'rnatish oson va nisbatan arzon. Suyuqlikning energiya yo'qotilishi Venturi naychalariga qaraganda ancha katta. 10.6 (a) rasmda ko'rsatilgandek, suyuqlik oqimining minimal kesimi teshikda emas, balki quyi oqimda joylashgan joyda sodir bo'ladi. Ushbu minimal oqim bo'limi qisqargan tomir deb ataladi. ASME (1989) da tasvirlangan teshik o'lchagich 10.6 (b) -rasmda ko'rsatilgan to'rtburchak teshik turi. Teshik - yupqa plastinkada kesilgan dumaloq teshik. Keyin tuynuk ingichka qirrasini qoldirish uchun quyi oqim tomondan olib tashlanadi. Yupqa qirrasini va kirish yuzasi 90 ° o'tkir burchak hosil qilishi kerak. Keyin plastinka trubka birikmasidagi gardish orasiga burab o'rnatiladi. 10.7-rasmda ko'rsatilgandek uchta standart bosim kranlari mavjud. Flanetsli kranlar uchun bosim portlari diafragma yuzalaridan 1 "oldin va 1" keyin joylashgan bo'lishi kerak. D-YI2D burilishlari uchun burmalar teshikning yuqori qismida bitta quvurning diametri va pastki qismida 1/2 quvurning diametri joylashgan. Burchakli kranlar quvur devori va diafragmaning kesishgan joyidagi bosimni kirish va chiqish joyida o'lchaydilar. Bosim kranlarining joylashishi diafragma diametridan mustaqil bo'lganligi sababli, turli diametrli diafragmalar o'zgarishi mumkin.

Teshik orqali oqim tezligi ham (10.61) tenglama yordamida

hisoblanadi. ASME (1989) 10.7-rasmda ko'rsatilgan har bir bosimli smola joylashuvi uchun oqim tezligi formulalarini taqdim etadi. Burchakli kranlarning formulasi uchun

$$C = 0.5959 + 0.0312\beta^{2.1} - 0.184\beta^8 + \frac{91.71\beta^{2.5}}{Re_D^{0.75}} \quad (10.13)$$

Diametrlarning nisbati β ni 0,2 dan 0,7 gacha chegaralash tavsiya etiladi. 2 dyemdan 36 dyemgacha bo'lgan quvurlar uchun oqim koeffitsienti dopusklari quvurning Reynolds soniga yoki β ga bog'liq. 10000 dan yuqori bo'lgan Reynolds sonlari uchun xatolik 0,6 dan / 3 gacha 0,2 dan 0,6 gacha va \pm (uchun 3% / 3 dan 0,6 dan 0,75 gacha. 2000 dan 10 000 gacha bo'lgan Reynolds sonlari uchun $\pm (0,6 \pm / 3) \% 10000$ va / 3 = 0.65 dan yuqori bo'lgan Reynolds sonlari uchun noaniqlik $\pm 0.65 \text{ }^\circ \text{C}$ dir. ASME (1989) boshqa bosim o'lchashini o'tkazuvchi nuqtalar uchun oqim tezligi formulalarini beradi ASME (1971) shuningdek, 2 dyumdan kam quvurlarda teshikli sarf o'lchagichlarni loyihalash bo'yicha ko'rsatmalar beradi.

Siqiladigan oqimga ega bo'lgan orifis o'lchagichlari uchun tenglama. (10.8) bevosita(to'g'ridan-to'g'ri) amal qiladi. Teshikli sarf o'lchagichining kengayish koeffitsienti Y ning ifodasi quyidagicha berilgan:

$$Y = 1 - (0.410 + 0.35\beta^4) \frac{P_1 - P_2}{P_1 \gamma} \quad (10.14)$$

Bu/UA - 0,75 uchun to'g'ri keladi(o'rinli bo'ladi). Teshik o'lchagichlari uchun Y bo'yicha noaniqlik bx [4 (Pi - P2) IPi]%. Masalan, (Pj - P ^ / Pi = 0,1 bo'lsa, xatolik 0,4% bo'ladi.

Gaz o'lchagichlari Venturi naychalari yoki soplolarga qaraganda quvurlar yoki quvur devorlarini ifloslantiradigan suyuqliklarga ta'sir qilish ehtimoli kamroq. Diafragmaning chekkasida quyqalarning paydo bo'lishi ehtimoli venturi va soplolar devorlariga qaraganda kamroq. Shu bilan birga, tuynukli sarf o'lchagichlari, tuynuk chetini buzadigan va aniqlikka ta'sir qiladigan abraziv suyuqlik ta'siriga tushishi ehtimoli ko'proq.

Masala 10.7

2 dyumli gorizontal quvur (ichki diametri 2,067 dyumli)da suv oqimini o'lchash uchun o'tkir qirrali teshik va burchakli jumraklardan foydalanish kerak. . Maksimal oqim bir daqiqada 7 kub fut atrofida bo'lishi kutilmoqda. Maksimal bosim farqi taxminan kvadrat dyumda 2 funt bo'lsa, teshik diametrini aniqlang.

Yechilishi:

Biz ushbu maqsadlar uchun (10.6) va (10.13) tenglamalardan foydalanamiz. Birinchidan, biz quvurdagi Reynolds sonini aniqlashimiz kerak. B.2-jadval yordamida biz $p = 62.34 \text{ lb / fut}^3$ va $\mu = 2.71 \text{ lb / hr-fut}$ ekanligini aniqlaymiz. Quvurning ko'ndalang kesimi yuzasi $X_j = \frac{\pi \cdot 2.0672^2}{4} = 0.0233 \text{ fut}^2$. Quvur ichidagi suyuqlik tezligi quyidagiga teng:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{5.00 \text{ fut}^3/\text{sec}}{0.0233}$$

$$v = 214.59 \text{ fut/sec}$$

11 -bob Dinamik xatti -harakatni o'lchash tizimlari

11.1 Dinamik o'lchash tizimlarining tartibi

11.2 Nol tartibli o'lchash tizimlari

11.3 Birinchi va ikkinchi darajali o'lchash tizimlari

Xulosa

Muammolar

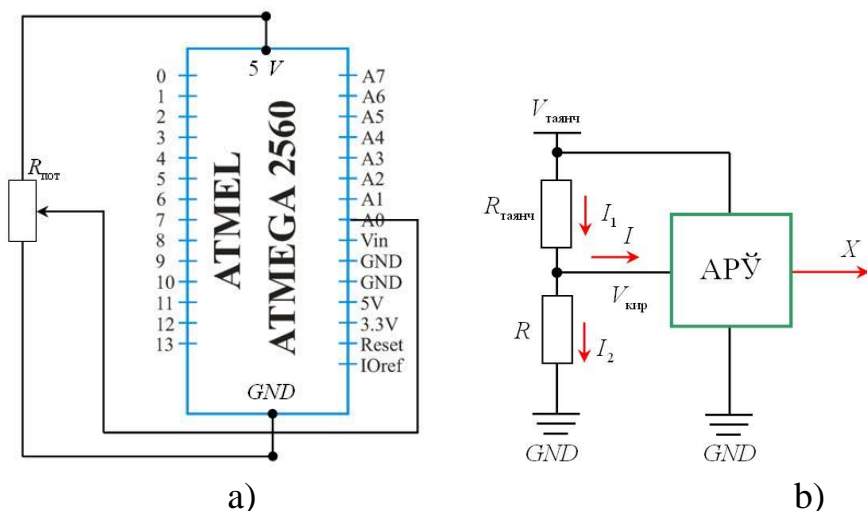
Gidrotexnik zatvorning burilish burchagini elektr qarshilikka o'zgartirishda hosil bo'ladigan xatolikni tadqiq etish.

Ushbu bo'limda potensiometr qarshiligini raqamli signalga o'zgartirishda hosil bo'ladigan xatolikni hisoblaymiz. Umuman so'ngi yillarda o'lchash texnikasida raqamli sistemalardan foydalanishda Arduino platformasidan keng foydalanilmoqda.

SHuning uchun suv sathi va sarfini o'lchash datchigidan olingan signalni qayta ishlashda va eksperiment o'tkazishda Arduino Mega 2560 R3 platformasidan foydalanamiz.

Birinchi navbatda biz potensiometr qarshiligini analog raqamli o'zgartirishda (ARO) kodga o'zgartirish xatoligini hisoblashimiz va uni eksperimentda tekshirishimiz zarur. Uning uchun quyidagicha elektr sxemasini yig'amiz.

Arduino Mega 2560 R3 platformasi kirish kuchlanishi $0 \div 5$ V ni tashkil qiladi. Quyida 11.1-rasmda biz oddiy kuchlanish bo'lgich sxemasidan foydalanamiz. Bu sxemada $V_{\text{tayanch}} = 5$ V va $R_{\text{tayanch}} = 10$ kOm bo'lib undagi R qarshilik ARO ning chiqish signali n ning funksiyasidan iborat.



11.1-rasm. Oddiy kuchlanish bo‘lgich sxemasi

Sxemada keltirilgan I toki sizish toki (tok utechki) deyiladi va uning qiymati hisobga olmaydigan darajada kichik. R_{tayanch} – qarshilikning qiymatini tanlashda standart ravishda 10 kOm va ruxsat etilgan qiymat 1% dan iborat potensiometr tanlaymiz. Yuqorida keltirilgan (11.1 (b) - sxema) kuchlanish bo‘lgich sxemasi bo‘lganligi sababli V_{kir} kuchlanishini quyidagicha yozish mumkin.

$$V_{\text{kir}} = I_{\text{ум}} \cdot R = \frac{V_{\text{таянч}}}{R + R_{\text{таянч}}} \cdot R \quad (11.1)$$

Arduino Mega 2560 platformasida 10 bitlik ARO‘ ishlatilgan. Shuning uchun ARO‘ ning chiqish signali N ta raqamda yoki $N=2^{10}=1024$ ga teng bo‘ladi. SHuning uchun kirish kuchlanish V_{kir} ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$V_{\text{kir}} = \frac{n}{N} \cdot V_{\text{таянч}} \quad (11.2)$$

Bu erda n – ARO‘ ning chiqish signali bo‘lib u raqamli koddan iborat va uning qiymati 0 dan $N-1$ gacha yoki 1023 gacha bo‘lishi mumkin. Qiymati noma’lum bo‘lgan R qarshilik esa

quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$R = \frac{R_{\text{маянч}} \cdot n}{N - n} \quad (11.3)$$

(11.3) formuladan ma'lumki R ning qiymati V_{tayanch} kuchlanish qiymatiga bog'liq emas. SHuning uchun Arduino Mega 2560 R3 platformasiga berilayotgan tayanch kuchlanish $V_{\text{tayanch}}=5$ V ning o'zgarishi yoki uning xatoligiga bog'liq emas. SHuni qayd etish kerakki agar siz Arduino Mega 2560 R3 platformasining kompyuter USB portidan kuchlanish manbai sifatida foydalanayotgan bo'lsangiz u holda shuni inobatga olish zarurki USB kuchlanishi 5 V turg'un emas, balki u $4,95 \div 4,98$ V ga o'zgarib turishini inobatga olish zarur. ARO' ning chiqish signali X faqat butun sonlardan iborat ekanligi uchun kvantlash xatoligi mavjud va bu xatolik oldingi bo'limlarda tahlil etilgan. ARO' ideal emas, shuning uchun uning boshqa xatoliklari ham mavjud.

Odatda 10 bitlik ARO' larning chiqish kodlari xatoligi 2 birlik yoki $\Delta n = \pm 2$ ga teng deb hisoblanadi.

Potensiometr qarshiligini raqamli signalga aylantirishda bu qiymat qancha bo'lishini aniqlashimiz uchun biz quyidagi nazariy tahlil va eksperiment ma'lumotlarini tadqiq etamiz. Buning uchun esa R ni n ning funksiyasi ekanligini inobatga olib quyidagi ifodani yozamiz:

$$\frac{dR}{dn} = \frac{d\left(\frac{R_{\text{маянч}} \cdot n}{N - n}\right)}{dn} = \frac{R_{\text{маянч}} \cdot n}{(N - n)^2} \quad (11.4)$$

Kichik chetlanishlarni inobatga olgan holda qarshilikning xatoligi quyidagicha yozilishi mumkin:

$$|\Delta R_x| = \frac{dR}{dn} \cdot \Delta n = \left| \frac{R_{\text{маянч}} \cdot N}{(N-n)^2} \cdot \Delta n \right| \quad (11.5)$$

Nisbiy xatolikni esa quyidagicha hisoblaymiz:

$$\left| \frac{\Delta R_x}{R} \right| = \left| \frac{\frac{R_{\text{маянч}} \cdot N}{(N-n)^2} \cdot \Delta n}{\frac{R_{\text{маянч}} \cdot n}{N-n}} \right| = \left| \frac{N \cdot \Delta n}{N-n} \right| \quad (11.6)$$

Bundan tashqari R_{tayanch} qarshilik ham ba'zi bir xatoliklarga ega, shuning uchun undan hosil bo'ladigan xatolikni ham yuqorida etilgan usulda hisoblaymiz.

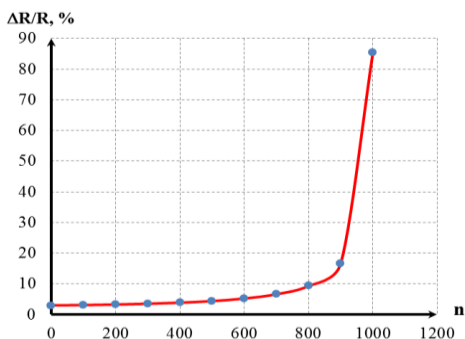
$$\frac{dR}{dR_{\text{маянч}}} = \frac{n}{N-n} \quad (11.7)$$

$$|\Delta R_y| = \left| \frac{dR}{dR_{\text{маянч}}} \cdot \Delta R_{\text{маянч}} \right| = \left| \frac{n}{N-n} \cdot \Delta R_{\text{маянч}} \right| \quad (11.8)$$

Natijada nisbiy xatolikning umumiy qiymati quyidagiga teng:

$$\left| \frac{\Delta R}{R} \right| = \left| \frac{\Delta R_x}{R} \right| + \left| \frac{\Delta R_y}{R} \right| = \left| \frac{N \cdot \Delta n}{(N-n)} \right| + \left| \frac{\Delta R_{\text{маянч}}}{R_{\text{маянч}}} \right| \quad (11.9)$$

(11.10) ifodadan foydalanib nisbiy xatolikning ARO' chiqish signali n ga bog'liqlik xarakteristikasini R_{tayanch} qarshilikning 1% ruxsat etilgan qiymati va uning $\Delta n = \pm 2$ birlik xatoligi uchun chizamiz.



11.2-rasm. Nisbiy xatolikning ARO‘ ning chiqish signali n ga bog‘liqligining hisoblangan grafiqi

11.1-jadval

Nisbiy xatoliklarning qiymatlari

№	n	ΔR/R, (%)
1	0	3
2	100	3,118794
3	200	3,290124
4	300	3,535761
5	400	3,891426
6	500	4,420116
7	600	5,244251
8	700	6,637394
9	800	9,361607
10	900	16,63722
11	1000	85,35677

Qarshilikni o‘lchash natijalarini quyidagi 11.2-jadvalga kiritamiz:

11.2-jadval

Qarshilikni o'lchash natijalari

№	R, Ом 0,1 % (намуна)	Ҳисобланган $\Delta R/R$, (%)	Arduino Mega 2560 R3 платформасида ўлчанган қиймат	
			R, Ом	$ \Delta R/R $, (%)
1	10000	86,35705	166,0156	61,26906
2	10000	11,45645	878,9063	12,5705
3	10000	6,605437	1855,469	6,845109
4	10000	5,242063	2832,031	5,321225
5	10000	4,842051	3808,594	4,855925
6	10000	4,956397	4785,156	4,925002
7	10000	5,536855	5761,719	5,454487
8	10000	6,783845	6738,281	6,615794
9	10000	9,422857	7714,844	9,048339
10	10000	16,65391	8691,406	15,43414
11	10000	85,35733	9667,969	60,26964

Arduino Mega 2560 R₃ platformasi yordamida qarshilikni o'lchash uchun quyidagi programma kodini yozamiz:

```
# define R_tayanch 10000.0
# define O`RTACHA 10 // o'lchash diapazoni 10 ta
void setupe ( )
{
  analogReference (default);
  Serial.begin (9600);
}
void loop ( )
{
```

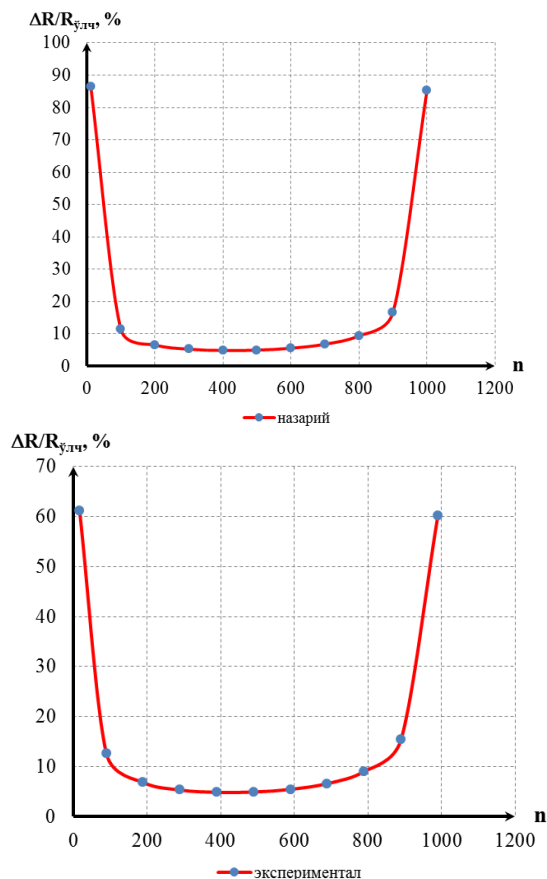
```

float resistance;
uint16_t;
static float cumulativeResistance=0;
Static uint8_t i=0
n=analogRead (A0);
resistance=(R_tayanch*n)/(1024,0-n)
cumulativeResistance=cumulativeResistance+resistance;
i++;
if (i==O‘RTACHA)
{
Serial.println(cumulativeResistance/o‘rtacha);
cumulativeResistance=0;
i=0;
}
delay (500/O‘RTACHA);
}

```

Nazariy hisoblangan va eksperimental o‘lchangan natijalarni solishtirish va tahlil qilish maqsadida ikkita natijani quyidagi 3.3-rasmda birgalikda quramiz.

11.3-rasmdan ma’lumki Arduino Mega 2560 R₃ platformasi yordamida qarshilikni o‘lchashda uning ARO‘ chiqish kodlari qancha katta bo‘lsa o‘lchash xatoligi shuncha kam. ARO‘ ning chiqish signali 100 dan kam bo‘lganda esa ARO‘ ning absolyut xatoligi biz yuqorida qabul qilganimiz singari $\Delta n = \pm 2$ emas balki undan bir necha barobar katta. Shuning uchun ARO‘ ning chiqish signalini mos ravishda 300 yoki undan yuqori bo‘lgan kodlarda ishlatish maqsadga muvofiq. Bunday diapazonni tanlash esa C++ programmasida juda qulay va oson amalga oshiriladi.



11.3-rasm. Nisbiy xatolikning hisoblangan va eksperiment natijasida olingan qiymatlari grafigi

Buning uchun quyidagicha C++ programmalash tili funksiyasidan foydalanish zarur.

`map (analogRead(A0); 0; 1023; 300; 1023);` (11.10)

Ushbu funksiya yordamida ARO' ning chiqish signalini 0 da 1023 gacha sizni qanaoatlantiradigan dapazonni tanlashingiz mumkin.

Bob bo'yicha xulosalar

O'lchash texnikasining rivoji uchun yangi o'lchash usullari asos bo'lib xizmat qiladi. Keyingi paytlarda yangi o'lchash usullarining paydo bo'lishi nafaqat atrof muhitni tekshirish uchun foydalanish mumkin bo'lgan yangi fizikaviy hodisalarning ochilishi, balki yangi hususiyatlarga ega bo'lgan birlamchi o'lchash o'zgartkichlarini(datchiklarni) ishlab chiqarish texnologiyasining tez rivojlanishiga bevosita bog'liqdir. Uchinchi bobda yuqorida bayon qilinga ma'lumotlar bilan bir qatorda eksperiment natijalarini statistik ishlov berishning zamonaviy usullari bo'yicha ishlanmalar keltirilgan.

12 -bob Tajribalarni rejalashtirish va hujjatashtirishning eng yaxshi amaliyotlari

12.1 Tajriba dasturiga umumiy nuqtai nazar

12.2 Sinov loyihalaridagi umumiy ishlar

12.3 Xulosa

O‘lchash texnikasining hozirgi kundagi holati

O‘lchash texnikasidagi yangi va avtomatlashtirilgan tizimlar

O‘lchash texnikasining rivoji uchun yangi o‘lchash usullari asos bo‘lib xizmat qiladi. Keyingi paytlarda yangi o‘lchash usullarining paydo bo‘lishi nafaqat atrof muhitni tekshirish uchun foydalanish mumkin bo‘lgan yangi fizikaviy hodisalarning ochilishi, balki yangi hususiyatlarga ega bo‘lgan birlamchi o‘lchash o‘zgartkichlari ishlab chiqarish texnologiyasining tez rivojlanishiga ham bog‘liqdir. Bunday yangi o‘lchash usullari ichida yarim o‘tkazgichli o‘zgartkichlardan, yorug‘lik o‘zgartkichlaridan, yupka plyonkali o‘zgartkichlardan, O‘YuCh-o‘zgartkichlardan foydalanishga mo‘ljallangan usullarni aytib o‘tish mumkin.

Mikroprotessorli axborotlarni qayta ishlash vositalarining yangi, zamonaviy turlarini yaratilishi o‘lchashlar nazariyasi va amaliyotining rivojiga salmoqli turtki bo‘ldi.

Mikroprotessor - sonlarning ikkili kodidan iborat muayyan arifmetik va mantiqiy amallarni bajarishga mo‘ljallangan qurilmadan iborat. Mikroprotessorlarning aniq turiga bog‘liq ravishda bu operatsiya (komanda) lar yig‘indisi sifat hamda mazmun jihatdan ham keskin farq qilishligi mumkin. Lekin har qanday holda ham komandalar yig‘indisi uchun ular kombinatsiyasi orqali har qanday talab qilingan sonlar o‘zgartirishini ta’minlaydigan komandalar yig‘indisining to‘lalik

sharti bajarilishi kerak. Odatda, mikroprotessor bir yoki bir nechta integral mikrosxemalar ko‘rinishida yasaladi. Mikroprotessorlarning kichik o‘lchamlari va nisbatan arzonligi ularni o‘lchash asboblari va tizimlari tarkibida muhim o‘zgartkichlardan biri sifatida ishlatish imkonini beradi.

Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari (ALT) nazariyasining muvaffaqiyati o‘lchash vositalarini ishlab chiqarish amaliyotining ehtiyoji tufayli yuzaga keldi. ALT loyihalash muddatlarini bir necha marta qisqartirish bilan birgalikda loyihalash sifatining oshishini ta’minlaydi. ALT ning maqsadi loyihalashdagi o‘ta qiyin va mayda ishlarni EHM yordamida bajarishdan iboratdir. Bunday operatsiyalarga quyidagilar mansubdir:

- mavjud texnikaviy echimlar haqidagi axborotlarni qidirish;
- mumkin bo‘lgan echim variantlarini ajratib olish;
- tavsiflarni hisoblash va parametrlarni maqbullashtirish (optimallashtirish);
- loyiha hujjatlarini tayyorlash.

O‘lchash vositalarini ishlab chiqishni tezlashtirish va sifatini sezilarli darajada oshirish bir xil metrologik asosdagi kompleks loyihalash tizimlarini yaratish va keng ko‘lamda tadbiiq etish evaziga erishilishi mumkin. Bunday usul elementlari o‘lchash tizimlarining keng avtomatlashtirilgan loyiha tizimlarida (O‘TKALT) ishlatilgan.

O‘TKALT tizimlarini uslubiy ta’minlash asosida quyidagilar yotadi:

- o‘lchash vositalarining informatsion tavsiflarini baholash;
- informatsion operatorlar yordamida informatsion jarayonlarni modellashtirish;

- informativ signallarni o'zgartirishning operatorli tenglamalaridan foydalanib strukturali sxemalarni sintez qilish;
- alohida loyihali echimlarining dastlabki berilmalari majmui asosida muqobillashtirish usullaridan foydalanish.

Sun'iy yaratish yo'lida to'rtta asosiy masalani echish lozim bo'ladi:

1. Fikrlash qonunlarini tekshirish va ularga mos keladigan algoritmlarni yaratish;
2. EHM ga kelib tushayotgan axborotlarni, hamda fikrlashning "sotsial" aspektlarini to'g'ri tushunishni ta'minlovchi juda ko'p miqdordagi boshlang'ich bilimlar bazasini EHM da yig'ish;
3. Bilim va rivojlanish jarayonining asosi sifatida sun'iy ong tizimlarning amaliy faoliyatini ta'minlovchi vositalar yaratish, ya'ni birinchi navbatda inson qo'lini modellashtirish;
4. Sun'iy sezgi organlari va obrazlarni aniqlash (tanish, ilg'ash) tizimlarini yaratish.

Yuqoridagi sanab o'tilgan masalalardan oxirgisi o'lchash texnikasining yutuqlariga tayanadi. Uni echishda olimlar o'z oldilariga inson sezgi organlariga yaqin tavsiflarga erishish masalasini qo'yishmaydi. Avvalroq biz inson sezgi organlari qanchalik mukammal emasligi xaqida gapirgan edik. Shuning uchun tabiat tomonidan yaratilgan narsalarni ko'r-ko'rona takrorlash shart ekanmi? Ko'rinishidan suniy ong tizimlari ixtisoslashtirilib, har bir ixtisoslashtirish doirasida ularning sezgi organlari xilma-xil va insonnikidan mukammalroq bo'ladi. Masalan, yaqin kelajakda tibbiyot bo'yicha ixtisoslashgan suniy ong yaratilishini juda katta ehtimollik bilan aytish mumkin.

Bunday tizim ko'rinishidan, nafaqat ko'rish va eshitish qobiliyatiga, balki temperatura va elektr potentsiallari aniq

o‘lchash vositalariga, tashhisning ultratovush vositalariga va boshqa o‘lchash qurilmalariga ega bo‘ladi. Albatta, mukammal o‘lchash vositalari bilan ta‘minlangan boshqa ixtisoslashgan ongli tizimlar ham yaratiladi.

Ilmiy-texnik taraqqiyotning bosh yo‘nalishlaridan biri keng ko‘lamli informatsion tarmoqlarni rivojlantirish bo‘lib, bunda etakchi rollardan biri o‘lchash texnikasiga tegishlidir. Bunday tarmoqlarning ilg‘or yutuqlari tadbiqini tezlashtirish, rejalash va boshqarishni koordinatsiyalash hamda mukammallashtirishda ulkan ahamiyatga ega bo‘lib, ilmiy-texnikaviy adabiyotlarda ham, hukumatning muhim qarorlarida ham bir necha marotaba ta‘kidlangan. Ammo, afsuslar bo‘lsinkim, hamisha ham bu muammoni echishning o‘ta muhim tomonlaridan biri - tarmoqqa haqiqiy ma‘lumot kiritishga diqqat qilinmayapti.

Ma‘lumot manbai informatsion tarmoqqa o‘lchash qurilmasi va hujjatlarini kiritayotgan operator-inson bo‘lishi mumkin. Agar birinchi ikki manbadan kelayotgan axborotlarda xatolar va aqliy chalkashtirishlar bo‘lishi mumkinligini hisobga olinsa, bunda informatsion tarmoqlarning samaradorligini ta‘minlashdagi o‘lchash qurilmalarining ulkan roli aniq bo‘ladi.

Informatsion tarmoq tarkibiga birinchi navbatda kiritilishi lozim bo‘lgan o‘lchash qurilmalari ichida dastavval xom-ashyo, materiallar, tayyor mahsulotlar, energetik va boshqa resurslarni hisoblovchi har xil vositalarni aytib o‘tish kerak. Bu ob‘ektiv va muqobil rejalash imkonini berib, yuqoridagi mahsulotlar uchun korxonalar, tashkilotlar va alohida kishilar orasidagi hisoblash ishlarini osonlashtiradi va avtomatlash-tirish imkonini beradi. Keng ko‘lamli informatsion tarmoqlar tarkibiga alohida korxonalarining o‘lchash informatsion tizimlarini kiritish, uning imkoniyatlarini keskin oshiradi.

Bunday informatsion tarmoqlar samaradorligining zarur sharti-tarmoq uchun mo'ljallangan o'lchash axborotlarini standartlashtirilgan formada tasvirlovchi, etarli darajada arzon va oddiy, hamda ishonchli o'lchash asboblari ommaviy ishlab chiqarishdir. Ushbu shartni ta'minlash uchun metrolog-olimlar, muhandislar, loyihachilar, Davlat metrologiya va standartlashtirish organlari, ishlab chiqaruvchilar hali ko'p faoliyat ko'rsatishlariga to'g'ri keladi.

Mikrokontrollerlar va mikroprotsektorlar asosida ishlaydigan o'lchash asboblari yana ham ko'paymoqda. Bu esa, turli ishlab chiqarish va texnologik jarayonlarning samaradorligini yanada oshirishda qo'shimcha imkoniyatlar yaratadi. Darhaqiqat, mikrokontrollerlar va mikroprotsektorlarning o'lchash asboblari va qurilmalarida keng qo'llanilishi o'lchash amalini birmuncha soddalashtiradi, sarf-harajatlarni kamaytiradi, o'lchash aniqligini esa oshiradi. Bu esa ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning sifatlari jahon andozalariga mos bo'lishini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etuvchi omillardan biri bo'lib hisoblanadi.

O'lchash texnikasining hozirgi kundagi holati va rivojlanish istiqbollari

O'lchash texnikasi fundamental ilmiy izlanishlarga bevosita bog'langan bo'lib, tabiiy fanlarning eng yaxshi yutuqlarini o'zida mujassamlashtirgan. Bu esa unga ulkan imkoniyatlar va rivojlanish istiqbollarini yaratish bilan bir qator muammolarni keltirib chiqardi. Birinchi navbatda quyidagilarni aytib o'tish lozim:

- o'lchashlar birliligini ta'minlash muammosi;
- umumiy o'lchashlar nazariyasining rivojlanishi;

- yangi fizikaviy usullar va har xil hisoblash qurilmalariga asoslangan o'lchash amallarini soddalashtirib, bir vaqtning o'zida ularning samaradorligini oshirish;
- yangi analiz va sintez usullariga asoslangan, tavsiflari oldindan aytiladigan o'lchash vositalarini ishlab chiqarishni tezlashtirish;
- loyihalashni avtomatlashtirish;
- ishlab chiqarishni texnologik tayyorlashga asoslangan yangi o'lchash vositalarini yaratish va tadbiq qilish.

Yuqorida qayd etilgan jarayonlar garchand muhim va keng bo'lsa ham, alohida olingan aspektlarini, shu bilan birga behisob izlanishlar, tekshirishlarni, xususiyl usullarni hamda o'lchash tartiblarini ko'rib chiquvchi bir qator o'lchash nazariyalari mavjud. Ular bu jarayonning alohida bo'lsa ham, etarli darajada farqli va har xil aspektlarini qaraydi. Xususiyl usul va o'lchash prinsiplarini ichida quyidagilarni eslatamiz:

- o'lchash qurilmalarining aniqlilik nazariyasi;
- statistik o'lchashlar nazariyasi;
- o'lchash o'zgartkichlarining umumiy energetik nazariyasi;
- o'lchashning informatsion nazariyasi;
- dinamik o'lchashlar nazariyasi;
- o'lchash qurilmalarining invariantlik nazariyasi;
- o'lchashlarning algoritmik nazariyasi;
- o'lchash vositalarining moslashuv nazariyasi.

O'lchashlar aniqligi nazariyasi asosida o'lchash natijalarining xatoliklarini baholash va tekshirish usuli yotadi.

Esingizda bo'lsa kerak, "xatolik" deganda o'lchash amalida olingan natija qiymatining o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan tafovuti tushuniladi. Aniqlik nazariyasining tub ma'nosini xatolik va uning tashkil etuvchilarini baholash,

xatoliklar hosil bo'lishining manba va sabablarini aniqlash hamda xatoliklarni kamaytirish usullari tashkil etadi.

Zamonaviy o'lchash texnikasi iqtisodiyotning hamma sohasi bilan yagona bog'lamda rivojlanib bormoqda. Ilmiy-texnik taraqqiyotni ta'minlashda uning roli juda kattadir. Shu sababdan olimlar va muhandis-asbobsozlar oldida turgan muhim vazifalardan biri ilmiy texnik taraqqiyot yo'lida ortda qolmaslik, bu taraqqiyot yo'lidagi to'siq bo'lmasdan, aksincha, uni olg'a siljituvchi qudratli omil bo'lishdir! Albatta bu oson emas.

Bizning oldimizda juda ko'p, o'ta murakkab, hal qilinishi lozim bo'lgan muammolar turibdi. Bulardan **birinchisi** - yangi, progressiv yutuqlarni tez va keng ko'lamda ishlab chiqishga tadbiq etish va xalq xo'jaligida qo'llash. Bu muammoni echish uchun asbobsozlikdagi rejalash va boshqarish prinsiplarini tubdan qayta qurish kerak. **Ikkinchi** muammo-o'lchash asboblarining sifatini keskin oshirish. Bu masalani echish uchun faqat asbobsozlarning harakatlarini o'zi kamlik qiladi. Statik asbob uskunalarning aniqligi va ishonchliligini oshirish, yuqori sifatli materiallar ishlab chiqarishni kengaytirish, elektron texnikasi mahsulotlarining tavsiflarini yaxshilash va ishonchliligini oshirish lozim.

Ko'rinib turibdiki, bu masalalarni echish uchun o'z navbatida o'lchash-nazorat texnikasini mukammallashtirish zarurdir. Bu jarayonning dialektik birligi ilmiy-texnik taraqqiyot muammolariga hamma talablarni chuqur tahlil qilish asosida atroflicha yondoshish lozimligini ta'kidlaydi. Shubha yo'qki, bu muammolar echilib, ular ortidan yangilari, yanada murakkabliroqlari kun tartibiga qo'yiladi. Ilmiy-texnik tafakkurning oldingi qatorlarida doimo olg'a qarab harakat qilish - metrologiya fanining asosiy shioridir.

MICROSOFT EXCEL dasturi

Zamonaviy kompyuterlarning dasturiy ta'minotining tarkibiy qismiga kiruvchi MICROSOFT OFFICE paketidagi asosiy vositalardan biri jadval protsessori deb ataluvchi EXCEL dasturidir. EXCEL WINDOWS operatsion qobig'i boshqaruvida elektron jadvallarni tayyorlash va ularga ishlov berishga mo'ljallangan.

Elektron jadvallar asosan iqtisodiy masalalarni yechishga mo'ljallangan bo'lsada, uning tarkibiga kiruvchi vositalar boshqa sohaga tegishli masalalarni yechishga ham, masalan, formulalar bo'yicha hisoblash ishlarini olib borish, grafik va diagrammalar ko'rishga ham katta yordam beradi. Shuning uchun EXCEL dasturini o'rganish muhim ahamiyat kasb etadi va har bir foydalanuvchidan EXCEL bilan ishlay olish ko'nikmasiga ega bo'lish talab etiladi.

Inson o'z ish faoliyati davomida ko'pincha biror kerakli ma'lumot olish uchun bir xil, zerikarli, ba'zida esa, murakkab bo'lgan ishlarini bajarishga majbur bo'ladi. MICROSOFT EXCEL dasturi mana shu ishlarni osonlashtirish va qiziqarli qilish maqsadida ishlab chiqilgandir.

DIAGRAMMALAR BILAN ISHLASH

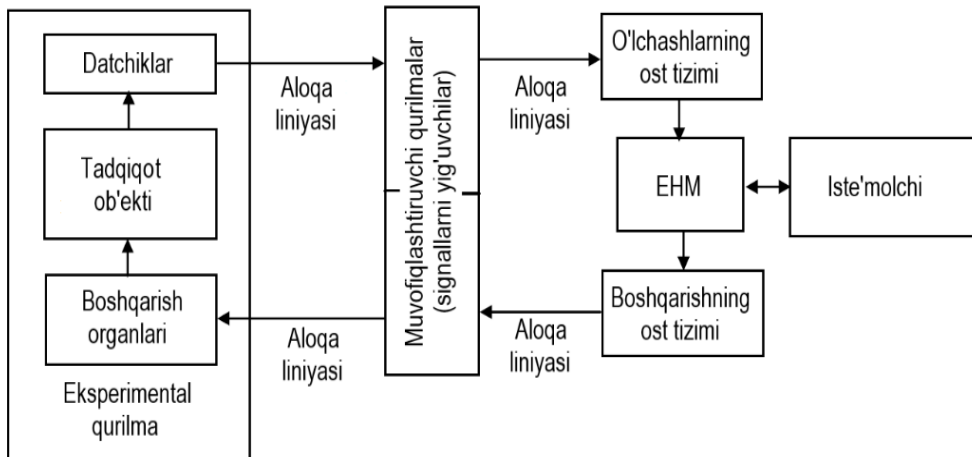
Diagrammalar grafiklar deb ham ataladi. Ular elektron jadvallarning ajralmas qismidir.

Diagramma — sonli jadval ko'rinishida berilgan axborotlarni ko'rgazmali namoyish etish usulidir.

Ma'lumotlarni diagramma shaklida namoyish etish bajarilayotgan ishni tez tushunishga va uni tez hal qilishga yordam beradi. Jumladan, diagrammalar juda katta hajmdagi sonlarni ko'rgazmali tasvirlash va ular orasidagi aloqadorlikni aniqlashda juda foydalidir.

Diagrammalar asosan sonlar bilan ish yuritadi. Buning uchun ishchi jadval varag‘iga bir necha son kiritiladi, so‘ng diagramma tuzishga kirishiladi. Odatda, diagrammalar uchun foydalanilayotgan ma‘lumotlar bir joyda joylashgan bo‘ladi. Ammo bu shart emas. Bitta diagramma ma‘lumotlarni ko‘p sonli ishchi varaqlar va xatto ishchi kitoblardan ham olishi mumkin.

Ilmiy tadqiqotlarning avtomatlashgan tizimi eksperimentlarni oqilona o‘tkazishda tadqiqotchiga yordam beradi. Quyida ushbu tizimning tasviri keltirilgan(12.1-rasm).



12.1 – rasm. Ilmiy tadqiqotlarning avtomatlashgan tizimi

Xulosalar

EXCELda tuzilgan diagrammalarni joylashtirishning ikki xil varianti mavjud:

1. Diagrammani varaqning ichki elementi sifatida bevosita varaqqa qo'yish. (Bu diagramma joriy qilingan diagramma deb ataladi.)

2. Ishchi kitobning yangi diagrammalar varag'ida diagramma qo'yish. Diagramma varag'i ishchi kitobning varag'idan bitta diagrammani saqlashi va yacheykalari bo'lmaganligi bilan farq qiladi.

Agar diagramma varag'i faollashtirilsa, unda EXCEL menyusi u bilan ishlash uchun mos holda o'zgaradi.

Diagrammani joylashtirish usullaridan qat'iy nazar, diagramma ko'rish jarayonini bevosita boshqarish mumkin. Ranglarni o'zgartirish, shkala masshtabini o'zgartirish, tur (setka) chiziqlariga qo'shimchalar kiritish va boshqa elementlarni qo'llash mumkin.

EXCEL diagrammasi ishchi jadval varag'ining ma'lumotlari bilan bevosita bog'liq. Ishchi jadval varag'idagi ma'lumotlar o'zgartirilsa, tezda ularga bog'liq bo'lgan diagramma chiziqlari o'zgaradi.

Diagrammalarning bir necha xil turlari mavjud: *chiziqli, doiraviy, grafik shakldagi* va boshqalar. EXCELda diagrammalarning ixtiyoriy turini tuzish mumkin. Ayrim diagrammalar juda murakkab shakllarni ham aks ettiradi. Masalan, bargli, halqasimon va x.k.

Diagrammalar hosil qilingandan keyin u o'zgarmas holatda bo'lmaydi, balki har doim uning shaklini o'zgartirib turish va maxsus bichimlash atributlarini qo'shish, yangi ma'lumotlar to'plami bilan to'ldirish, mavjud ma'lumotlar to'plamini boshqa

diapazon yacheykalardan foydalanadigan qilib ma'lumotlarni o'zgartirish mumkin.

Boshqa grafik ob'yektlar kabi diagrammalarni bir joydan ikkinchi joyga ko'chirish ham mumkin. Uning o'lchamlarini, nisbatlarini o'zgartirish, chegaralarini to'g'rilash va ular ustida boshqa amallarni bajarish ham mumkin. Joriy qilingan diagrammaga o'zgartirishlar kiritish uchun sichqoncha ko'rsatkichining chap tugmasini ikki marta bosish kerak bo'ladi. Bunda diagrammalar faollashib, EXCEL menyusi diagrammalar bilan ishlash uchun kerakli buyruqlarni ko'rsatadi. Joriy qilingan diagrammalarning asosiy afzalligi shundaki, ularni diagramma tuzish uchun foydalanilgan ma'lumotlar yoniga joylashtirish mumkin.

Alohida varaqda joylashtirilgan diagrammalar butun varaqni egallaydi. Agarda bir nechta diagramma tuzmoqchi bo'lsangiz, unda har birini alohida varaqlarga joylashtirish maqsadga muvofiq. Shunda varaqdagi diagrammalarning «ko'rinarlilik darajasi» saqlanadi. Bundan tashqari, bu usul ko'rilgan diagrammalarni tezda topish imkonini beradi, chunki bu holda diagramma varag'ining muqova yorlig'iga mos nomlar berish mumkin.

Glossary – Глоссарий- Glossariy

1. Accelerometer – Акселерометр – Akselerometr

- Device used to measure the acceleration of a solid body.

- Устройство для измерения ускорения твердого тела.

- Qattiq jismning tezlanishini o'lchash uchun moslama.

2. Accuracy – Точность – Aniqlik

- Closeness of the reading of an instrument to the actual quantity being measured. Usually expressed as +/- percentage of full-scale output or reading. In instrumentation, usually includes only those errors caused by hysteresis, nonlinearity, and nonrepeatability.

- Близость показаний прибора к фактической измеряемой величине. Обычно выражается как +/- процент от полной шкалы вывода или показаний. В контрольно-измерительные приборы обычно включаются только те ошибки, которые связаны с гистерезисом, нелинейностью и неповторяемостью.

- Asbob ko'rsatkichlarining haqiqiy o'lchash qiymatiga yaqinligi. Odatda chiqish yoki O'Vsi ko'rsatishini o'qishning to'liq ko'lamining +/- foizi sifatida ifodalanadi. Asboblarda odatda faqat gisterezisi, nochiziqligi va takrorlanmasligi bilan bog'liq xatolarnigina o'z ichiga oladi.

3. Active Filter - Активный фильтр – Aktiv Filter

- Electronic filter that combines passive elements, such as resistors and capacitors, with active elements, such as operational amplifiers.

- Электронный фильтр, который объединяет пассивные элементы, такие как резисторы и конденсаторы, с активными элементами, такими как операционные усилители.

- Rezistorlar va kondansatorlar kabi passiv elementlarni operatsion kuchaytirgichlar kabi faol elementlar bilan birlashtirgan elektron filtr.

4. Alias Frequency - Алиас Частота – Alias chastotasi

- False frequency component that appears in the recorded signal when a signal is sampled at a frequency less than twice the maximum frequency in the signal.

- Компонент ложной частоты, который появляется в записанном сигнале, когда сигнал дискретизируется с частотой, меньшей, чем в два

раза превышающей максимальную частоту в сигнале.

- Signal eng yuqori chastotaning ikki baravaridan kam bo'lgan namuna olganda yozilgan signalda paydo bo'ladigan soxta chastota komponenti.

5. Analog Multiplexer (MUX) - Аналоговый мультиплексор – Analogli Multiplexer

- Electronic switching device that can be used to connect any one of a set of inputs to a single output.

- Электронное коммутационное устройство, которое можно использовать для подключения любого из набора входов к одному выходу.

- Har qanday kirish to'plamini bitta chiqishga ulash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan elektron kommutatsiya moslamasi.

6. Analog-to-Digital (A/D) Conversion - Аналого-цифровое (аналого-цифровое) преобразование – Analog-raqamli o'zgartirish

- Process whereby an analog input signal is changed into a digital code.

- Процесс, при котором аналоговый входной сигнал преобразуется в цифровой код.

- Analog kirish signalini raqamli kodga o'tkazish jarayoni.

7. Anemometer – Анемометр – Anemometr.

- Instrument for measuring or indicating the velocity of an airflow. Sometimes used in place of a velocimeter in the general sense.

- Инструмент для измерения или индикации скорости воздушного потока. Иногда используется вместо велосиметра в общем смысле.

- Havo oqimining tezligini o'lchash yoki ko'rsatish uchun asbob. Ba'zan velosimetr o'rnida umumiy ma'noda ishlatiladi.

8. ANOVA (Analysis of Variance) - ANOVA (дисперсионный анализ) – ANOVA (dispersiyali tahlil qilish).

- Statistical technique for correlating test data.

- Статистический метод корреляции тестовых данных.

- Sinov(test) ma'lumotlari korrelyatsiyasining(o'zaro bog'liqligining) statistik usuli.

9. Calibration – Калибровка - Kalibrlash

- Test during which known measurand values are applied to the measurement device underspecified conditions and the corresponding output readings are recorded.

-Испытание, во время которого известные значения измеряемой величины применяются к измерительному устройству в заданных условиях и записываются соответствующие выходные показания.

-O'lchash moslamasiga o'lchanayotgan kattaliklari ko'rsatilgan shartlar belgilangan sharoitlarda qo'llaniladigan va tegishli chiqish ko'rsatkichlari qayd etiladigan sinov.

10. Calibration- Калибровка - Kalibrlash

- Curve Graph representing calibration data.

- Кривая График, представляющий калибровку данных.

- Kalibrlash ma'lumotlarini aks ettiruvchi egri grafik.

11. Calibration Cycle - Цикл калибровки - Kalibrlash sikli(aylanishi)

- A set of data consisting of the instrument output versus the known input values.

- Набор данных, состоящий из выходных данных прибора в сравнении с известными входными значениями.

- Ma'lum kirish qiymatlariga nisbatan asbob chiqishidan iborat ma'lumotlar to'plami.

12. Central Processing Unit (CPU) - Центральный процессор (ЦП) - Markaziy protsessor (CPU)

- Portion of the computer that controls its operation and performs arithmetic and other data-manipulation operations.

- Часть компьютера, которая контролирует его работу и выполняет арифметические и другие операции с данными.

- Uning ishlashini boshqaradigan va arifmetik va boshqa ma'lumotlar bilan ishlash operatsiyalarini bajaradigan kompyuterning bir qismi.

13. Cladding - Облицовка - Qoplama

- Material surrounding an optical fiber that causes the light rays to be reflected inside the fiber due to its smaller refractive index.

- Материал, окружающий оптическое волокно, заставляет световые лучи отражаться внутри волокна из-за его меньшего показателя преломления.

- Optik tolaning atrofidagi material, uning nur sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lganligi sababli, yorug'lik nurlari tolaning ichida aks etadi.

14. Common-Mode Rejection Ratio (CMRR) - Коэффициент подавления

синфазного сигнала (CMRR) -Umumiy rejimda rad etish nisbati (CMRR)

-Ratio of a device's differential voltage gain to common-mode voltage gain, usually expressed in decibels. Devices with high CMRR values are usually better able to reject noise signals.

- Отношение усиления дифференциального напряжения устройства к усилению синфазного напряжения, обычно выражаемое в децибелах. Устройства с высокими значениями CMRR обычно лучше, хотя и отклоняют шумовые сигналы.

- Qurilmaning differentsial kuchlanish kuchayishining umumiy rejimdagi kuchlanish kuchayishiga nisbati, odatda detsibelda ko'rsatilgan. CMRR qiymatlari yuqori bo'lgan qurilmalar shovqin signallarini rad etish uchun odatda yaxshiroqdir.

15.Comparator- Компаратор – Komparator

- Circuit that compares two input voltage values and produces one of two possible output voltages, which identifies greater input value.

- Схема, которая сравнивает два значения входного напряжения и выдает одно из двух возможных выходных напряжений, которое определяет большее входное значение.

- Ikkita kirish kuchlanishning qiymatini taqqoslaydigan va ikkita kirish kuchlanishidan birini ishlab chiqaradigan, bu katta kirish qiymatini aniqlaydi.

16.Compensation – Компенсация - Kompensatsiya

- Application of specific materials or devices to counteract and alleviate a known error.

- Применение определенных материалов или устройств для противодействия и устранения известной ошибки.

- Ma'lum bo'lgan xatolikni bartaraf etish va yumshatish uchun maxsus materiallar yoki qurilmalarni qo'llash.

17.Compliance- Соблюдение - Muvofiqlik

- In structures, the deformation of an elastic medium per unit of exerted force. It is the inverse of stiffness. Also used in pressure transducers to define the change in chamber volume per unit of applied pressure.

- В конструкциях - деформация упругой среды на единицу приложенной силы. Это противоположность жесткости. Также используется в

датчиках давления для определения изменения объема камеры на единицу приложенного давления.

- Konstruksiyalarda elastik muhitning ta'sir etadigan kuch birligiga deformatsiyasi. Bu qattqlikning teskari tomoni. Amaldagi bosim birligi uchun xona hajmining o'zgarishini aniqlash uchun bosim o'tkazgichlarida ham qo'llaniladi.

18. Confidence Interval - **Доверительный интервал** - **Ishonchlilik oralig'i**

- Estimated interval containing a population parameter.

- **Предполагаемый интервал, содержащий параметр совокупности.**

- **To'plam parametrini o'z ichiga olgan taxminiy interval.**

19. Confidence Level- **Уровень надежности**- **Ishonchlilik darajasi**

- Probability that a random variable x lies in a specified interval. The same as *degree of confidence*.

- **Вероятность того, что случайная величина x лежит в заданном интервале. То же, что и степень уверенности.**

- **X tasodifiy o'zgaruvchining belgilangan intervalda yotish ehtimolligi. Ishonchlilik darajasi bilan bir xil.**

20. Confidence Limits - **Пределы надежности** - **Ishonchlilik chegaralari**

- Two values that define the confidence interval.

- **Два значения, определяющие доверительный интервал.**

- **Ishonchlilik oralig'ini belgilaydigan ikkita qiymat.**

21. Continuous Random Variable - **Непрерывная случайная переменная**
Uzluksiz(Doimiy) tasodifiy o'zgaruvchi

- Random variable that can attain any value continuously in some specified interval.

- **Случайная величина, которая может принимать любое значение непрерывно в заданном интервале.**

- **Belgilangan oraliqda istalgan qiymatga doimiy ravishda erisha oladigan tasodifiy kattalik.**

22. Conversion Time - **Время конверсии** - **O'tkazish vaqti**

- In a data-acquisition system, the time required for an analog-to-digital converter to generate a digital output from an analog input or the time for a digital-to-analog converter to determine an analog output from a digital input.

- **В системе сбора данных - время, необходимое аналого-цифровому**

преобразователю для генерации цифрового выходного сигнала из аналогового входа или время, необходимое для цифро-аналогового преобразователя для определения аналогового выхода из цифрового входа.

- Ma'lumotlarni yig'ish tizimida analog-raqamli o'zgartirgich uchun analog kirishdan raqamli chiqish hosil qilish uchun zarur bo'lgan vaqt yoki raqamli kirishdan analog chiqishni aniqlash uchun raqamli-analogli o'zgartirgich uchun vaqt.

23. Coriolis Force - **Сила Кориолиса** - Coriolis Kuchi

- Apparent force that occurs when the motion of a body is studied in a rotating reference frame.

- Кажущаяся сила, возникающая при исследовании движения тела во вращающейся системе отсчета.

- Jismning harakati aylanuvchi mos sanoqlar tizimida o'rganilganda paydo bo'ladigan kuch.

24. Correlation Coefficient, r - **Коэффициент корреляции**, r - Korrelyatsiya koeffitsienti, r

- Measure of how well a curve fits a set of data. A value of 1 indicates perfect relationship. And a value of 0 indicates no relationship.

- Измерение того, насколько хорошо кривая соответствует набору данных. Значение 1 указывает на идеальные отношения. А значение 0 указывает на отсутствие связи.

- Egri chiziq ma'lumotlar to'plamiga qanchalik mos kelishini o'lchash. 1 qiymati mukammal munosabatlarni bildiradi. Va 0 qiymati munosabatlarning yo'qligini bildiradi.

25. Counter - **Счетчик** - Hisoblagich

- Hardware circuit for counting pulses.

- Аппаратная схема подсчета импульсов.

- Impulslarni hisoblash uchun apparatli sxemasi.

26. Crosstalk - **Перекрестные помехи** – Kesishuvch sovqinlar (Crosstalk)

- Undesirable phenomenon in which the signal on one path interferes with other signal on other paths.

- Нежелательное явление, при котором сигнал на одном пути мешает другому сигналу на других каналах.

- Bir yoʻldagi signal boshqa yoʻllardagi signallarga xalaqit beradigan kiruvchi hodisa.

27.Current Loop - Текущая петля - Joriy sikl

- Method of transmitting signals over wires in the form of a modulated current rather than voltage. Current-loop systems are less sensitive to noise pickup than voltage systems, and they are used to transmit data over long distances.
- Метод передачи сигналов по проводам в виде модулированного тока, а не напряжения. Системы с токовой петлей менее чувствительны к шуму, чем системы напряжения, и используются для передачи данных на большие расстояния.
- kuchlanishni emas, balki modulyatsiyalangan tokdan simlarni uzatish signallarini uzatish usuli. Hozirgi tsikli tizimlari kuchlanish tizimlariga qaraganda shovqinni qabul qilishga unchalik sezgir emas va ular maʼlumotlarni uzoq masofalarga uzatish uchun ishlatiladi.

28.Damping Ratio - Коэффициент демпфирования – Dempferlash koeffitsienti

- Parameter used to define the damping characteristics of secondorder linear dynamic systems.

- Параметр, используемый для определения демпфирующих характеристик линейных динамических систем второго порядка.
- Ikkinchi darajali chiziqli dinamik tizimlarning amortizatsiya xususiyatlarini aniqlash uchun ishlatiladigan parametr.

29.Data Acquisition - Получение данных - Maʼlumotlarni yigʻish

-Actual capture of information from real-world sources such as sensors and transducers.

- Фактический сбор информации из реальных источников, таких как датчики и преобразователи.
- Datchiklar va oʻzgartirgichlar kabi real manbalardan olingan maʼlumotlarning haqiqiy olinishi.

30. Data-Acquisition Board - Доска сбора данных - Maʼlumotlarni yigʻish kengashi

-Data-Acquisition system incorporated on printed circuit board that is compatible, electrically and mechanically, with a particular computer system.

- Система сбора данных, встроенная в печатную плату, электрически и механически совместима с конкретной компьютерной системой.

- Ma'lumotlarni yig'ish tizimi ma'lum bir kompyuter tizimiga mos keladigan, elektr va mexanik ravishda bosilgan elektron platalarga kiritilgan.

31.Data-Acquisition System (DAS) - Система сбора данных (ССД) - Ma'lumotlarni yig'ish tizimi (MYT)

- Automated system that takes data from measurement devices, processes them, then stores or records the data.

- Устройство для определения грузоподъемности, обычно используемое для калибровки, которое измеряет давление с помощью грузов.

- Odatda kalibrlash maqsadida ishlatiladigan o'lik vazni tekshiruvchi moslama, bu og'irlikni qo'llash orqali bosimni o'lchaydi.

32.Dead-Weight Tester - Тестер нагрузки – Yuk o'lchashni sinovdan o'tkazuvchi

- Device, usually used for calibration purposes, that measures pressure by applying weights to a piston of known area.

- Устройство, обычно используемое для калибровки, которое измеряет давление путем приложения грузов к поршню известной площади.

- Odatda kalibrlash maqsadida ishlatiladigan asbob, ma'lum bo'lgan maydonning pistoniga og'irliklarni qo'llash orqali bosimni o'lchaydi.

33.Decibel (dB) - Децибел (дБ) - Detsibel (dB)

- Logarithmic measure of the ratio of two signal levels.

- Логарифмическая мера отношения двух уровней сигналов.

- Ikki signal darajasining nisbati logarifmik o'lchash.

34.Degrees of Freedom - Степени свободы - Erkinlik darajasi

- Number of independent measurements available for estimating a sample statistic. The degrees of freedom are reduced by one for each previously calculated statistic used to calculate a new statistic.

- Количество независимых измерений, доступных для оценки выборочной статистики. Степени свободы уменьшаются на единицу для каждой ранее рассчитанной статистики, используемой для расчета новой статистики.

- Namunaviy statistikani taxmin qilish uchun mavjud bo'lgan mustaqil o'lchashlar soni. Erkinlik darajasi yangi statistikani hisoblash uchun

foydalanilgan har bir oldindan hisoblangan statistika uchun bittaga kamaytiriladi.

35. Denisty Function, $f(x)$ – Функция плотности, $f(x)$ – Zichlik funktsiyasi, $f(x)$

- Function w probability that the continuous random variable takes on any one of its permissible values.
- Функция w вероятность того, что непрерывная случайная величина примет любое из своих допустимых значений.
- uzluksiz tasodifiy o'zgaruvchining ruxsat etilgan qiymatlardan birini qabul qilish ehtimoli w funktsiyasi.

36. Digital Data – Цифровые данные – Raqamli ma'lumotlar

- Information in the form of a signal with discrete possible values. Digital data are usually represented using binary code.
- Информация в исходном состоянии сигнала с дискретными возможными значениями. Цифровые данные обычно представляются с использованием двоичного кода.
- Signalning boshlang'ich holatida diskret mumkin bo'lgan qiymatli ma'lumot. Raqamli ma'lumotlar odatda ikkilik kod yordamida namoyish etiladi.

37. Digital Encoder- Цифровой кодировщик – Raqamli kodlovchi

- Device that converts linear or angular displacement directly into a digital signal.
- Устройство, преобразующее линейное или угловое смещение непосредственно в цифровой сигнал.
- Chiziqli yoki burchakli siljishni to'g'ridan-to'g'ri raqamli signalga o'zgartiradigan qurilma.

38. Digital-to-Analog (D/A) Conversion – Цифро-аналоговое (ЦАП) преобразование – Analogga (raqamli / analog) o'tkazish

- Process whereby a digital value or code is changed into an analog signal. The electronic system performing the conversion is called a converter.
- Процесс преобразования цифрового значения или кода в аналоговый сигнал. Электронная система, выполняющая преобразование, называется преобразователем.
- Raqamli qiymat yoki kod analog signalga o'zgartiriladigan jarayon. O'zgartirishni amalga oshiruvchi elektron tizim o'zgartirgich deb ataladi.

39. Dimensional Analysis - Размерный анализ - O'lchashli tahlil

- Process of combining the variables into nondimensional groupings for the purpose of data presentation or scale-model testing.

- Процесс объединения переменных в безразмерные группы с целью представления данных или тестирования масштабной модели.

- Ma'lumotlarni taqdim etish yoki shkalali modellarni sinash maqsadida o'zgaruvchilarni o'lchashsiz guruhlariga birlashtirish jarayoni.

40. Discrete Random Variable - Дискретная случайная переменная - Diskret tasodifiy o'zgaruvchi

- Random variable that can have values only from a definite number of discrete values.

- Случайная величина, которая может принимать значения только из определенного числа дискретных значений.

- Faqat ma'lum bir diskret qiymatlarga ega bo'lishi mumkin bo'lgan tasodifiy kattalik.

41. Disk Drive – Дискковод - Disk drayveri

- Computer peripheral device that stores information by altering the magnetic properties of the surface of a rotating disk.

- Компьютерное периферийное устройство, которое хранит информацию, изменяя магнитные свойства поверхности вращающегося диска.

- Aylanadigan disk yuzasining magnit xususiyatlarini o'zgartirib, ma'lumotlarni saqlaydigan kompyuter tashqi(periferik) qurilmasi.

42. Display – Дисплей - Displey

- Device with a computer or instrument that visually presents data to user.

- Устройство с компьютером или инструментом, который визуально представляет данные пользователю.

- Foydalanuvchiga ma'lumotlarni visual taqdim etadigan kompyuter yoki asbob bilan jihozlash.

43. Doppler Effect - Эффект Доплера - Dopler effekti

- Change in the frequency of a wave when generated by or reflected from a moving object. May apply to sound or electromagnetic waves.

- Изменение частоты волны при генерации или отражении от движущегося объекта. Может относиться к звуковым или электромагнитным волнам.

- Harakatlanuvchi ob'ekt generatsiyalangan yoki aks ettirganda to'liqin chastotasining o'zgarishi. Ovoz yoki elektromagnit to'liqlarga taalluqli bo'lishi mumkin.

44.Dry-Bulb Temperature - Температура сухого термометра - Quruq termometrning harorati

- Temperature of a gas as measured with a temperature sensor. *See also* Wet-Bulb Temperature.

- Температура газа, измеренная датчиком температуры. См. Также «Температура влажного термометра».

-Harorat sensori bilan o'lgangan gazning harorati. Shuningdek, "Nam termometrning harorati" ni ham qarang.

45.Dynamic Calibration - Динамическая калибровка - Dinamik kalibrlash

-Calibration process in which a known time variation of input is applied to device and the output is recorded versus time.

-Процесс калибровки, в котором известное изменение входного сигнала применяется к устройству, а выходной сигнал записывается в зависимости от времени.

- kirish signalining ma'lum o'zgarishi qurilmaga qo'llaniladigan va chiqish signali vaqtga bog'liq yozib olinadigan kalibrlash jarayoni.

46.Dynamic Measurement - Динамическое измерение - Dinamik o'lchash

- Measurement in which the measurement system input varies with time or the measurement system output depends on time.

- Измерение, при котором входной сигнал системы измерения изменяется со временем или выходной сигнал системы измерения зависит от времени.

- O'lchash tizimining kirishi vaqtga qarab o'zgarib turadigan o'lchash yoki o'lchash tizimining chiqishini vaqtga bog'liqligi.

47.Dynamic - Динамический - Dinamik

- Range Ratio of the largest possible output of a data converter to the smallest output it can resolve.
- Отношение диапазона максимально возможного выхода преобразователя данных к наименьшему выходному сигналу, который он может разрешить.
- Ma'lumotlar o'zgartirgichining mumkin bo'lgan eng katta chiqishi va uni hal qila oladigan eng kichik chiqishning nisbati.

48. Dynamometer- **Динамометр** – **Dinamometr**

- In the most common usage, a device that is used to measure the torque of rotating shafts.

- **Чаще всего это устройство, которое используется для измерения крутящего момента вращающихся валов.**

- **Eng keng tarqalgan foydalanishda, aylanadigan vallarning momentini o'lchash uchun ishlatiladigan qurilma.**

49. Electromagnetic Interference - **Электромагнитная интерференция** - **Elektromagnit shovqin** -

- Unwanted background noise generated in measurement system by interference sources such as radio waves.

- **Нежелательный фоновый шум, создаваемый в измерительной системе источниками помех, такими как радиоволны.**

- **Radio to'lqinlari kabi shovqin manbalari tomonidan o'lchash tizimida paydo bo'lgan kiruvchi fon shovqinlari.**

50. Elemental Error - **Элементарная ошибка** – **Elementar xatolik**

- Individual source of measurement error.

- **Индивидуальный источник погрешности измерения.**

- **O'lchash xatoligining individual manbai.**

51. Error - **Ошибка** - **Xatolik**

- Difference between the value indicated by the measurement system and the true value of the measurand being sensed.

- **Разница между значением, отображаемым системой измерения, и истинным значением измеряемой величины.**

- **O'lchash tizimi tomonidan ko'rsatilgan qiymat bilan o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati o'rtasidagi farq.**

52. Excitation - **Возбуждение** - **uyg'onishi**

- External application of electrical power to a transducer for normal operation.

- **Внешнее приложение электроэнергии к преобразователю для нормальной работы.**

- **Me'yorida ishlash uchun o'zgartirgichga elektr energiyasini tashqi qo'llash.**

53. Expansion Board - **Плата расширения** – **Kengaytirish platasi**

- Plugin circuit board that increases the capabilities of computer. A data-acquisition board is one example.

- Печатная плата, расширяющая возможности компьютера. Плата для сбора данных является одним из примеров.

-Kompyuterning imkoniyatlarini oshiradigan pechatli elektron plata. Ma'lumotlarni yig'ish platasi bunga misoldir.

54.Expansion Slot - Слот расширения - Kengaytirish uyasi

- Actual space provided within a computer system for individual expansion board.

- Фактическое место в компьютерной системе для отдельной платы расширения.

- Shaxsiy kengaytiriladigan plata uchun kompyuter tizimida taqdim etilgan haqiqiy maydon(joy).

55.Flash A/D Converter - Флэш-аналого-цифровой преобразователь – Flash A / D konverteri

- Extremely fast A/D conversion technique in which an array of 2^N-1 comparators perform the conversion in a single. N equals the number of bits used to represent the converter output.

- Чрезвычайно быстрый метод аналого-цифрового преобразования, при котором массив компараторов 2^N-1 выполняет преобразование за один прием. N равно количеству битов, используемых для представления выходного сигнала преобразователя.

- 2^N-1 komparatorlari massivi o'zgartirishni bitda bajaradigan juda tez analog-raqamli o'zgartirish texnikasi. N o'zgartirgich chiqishini ko'rsatish uchun ishlatiladigan bitlar soniga teng.

56.Floating-Point Numbers - Числа с плавающей запятой - Suzuvchi nuqta raqamlari

-Real numbers that contain decimal parts or written in scientific notation.

- Действительные числа, содержащие десятичные части или записанные в экспоненциальном представлении.

- O'nli qismlarni o'z ichiga olgan yoki eksponenta shaklida yozilgan haqiqiy sonlar.

57.Flow Nozzle - Сопло потока - Oqim yo'naltirgichi

- Device that measures fluid flow rate based on the principle of the Bernoulli equation applied to an area change in a conduit.

- Устройство, которое измеряет скорость потока жидкости на основе принципа уравнения Бернулли, примененного к изменению площади

трубопровода.

- Quvvur yuzasining o'zgarishiga qo'llagan Bernulli tenglamasi printsipli asosida suyuqlik oqimi tezligini o'lchaydigan moslama.

58. Frequency Output - **Частотный выход** - Chastotani chiqarish

- Output of transducer in form of frequency that varies as value of a function of applied measurand.

- **Выходной сигнал преобразователя от частоты, которая изменяется как значение функции применяемой измеряемой величины.**

- Amaliy o'lchanayotgan kattalikning funktsiyasi qiymati sifatida o'zgarib turadigan chastotadan o'zgartirgichning chiqish signali.

59. Frequency Response- **Частотная характеристика** – Chastotali tavsif

- Variation of the output of a device with respect to the frequency of the input signal.

- **Изменение выхода устройства в зависимости от частоты входного сигнала.**

- Qurilma chiqish signalining kirish chastotasiga qarab o'zgarishi.

60. Full Bridge- **Полный мост**- To'liq ko'prik

- Wheatstone-bridge configuration utilizing four active elements or strain gages.

- **Конфигурация моста Уитстона с использованием четырех активных элементов или тензодатчиков.**

- To'rt faol element yoki tenzodatchiklardan foydalangan holda Uitston - ko'prik konfiguratsiyasi.

61. Full Scale- **Полная шкала** -To'liq o'lchash shkalasi

- Specified maximum input measurement system.

- **Указанная система измерения максимального входа.**

- **Maksimal kirishni o'lchash belgilangan(ko'rsatilgan) tizimi.**

62. Gage Factor- **Коэффициент измерения**- Gage Faktor

- Measure of ratio of the relative change of resistance to the relative change in strain applied to a strain gage.

- **Мера отношения относительного изменения сопротивления к относительному изменению деформации, приложенной к тензодатчику.**

- **Qarshilik nisbiy o'zgarishining tenzodatchikka qo'yilgan deformatsiya nisbiy o'zgarishiga nisbati o'lchashi.**

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. “Metrologiya to‘g‘risida”gi O‘zbekiston respublikasi qonuniga o‘zgartish va qo‘shimchalar kiritish haqida O‘zbekiston respublikasining qonuni, Toshkent sh., 2020-yil 7-aprel, O‘RQ-614-son.
2. А.Парпиев, А.Марахимов, Р.Ҳамдамов, У.Бегимкулов, М.Бекмурадов, Н.Тайлоқов. Янги ахборот технологиялари. /Олий таълим муассасалари учун. ЎЗМЭ давлат илмий нашриёти.-Т.: 2008, 118 б.
3. Фуломов С.С. ва бошқалар. Ахборот тизимлари ва технологиялари: Олий ўқув юрти талабалари учун дарслик /Академик С.С.Фуломовнинг умумий таҳрири остида Т.: «Шарк», 2000. 529 б.
4. Нейпевода Н.Н. Стили и методы программирования. Лекции 2004 г. М.Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2004 г. 328 с.
5. ANDERSON, DAVID R., SWEENEY, DENNIS J., AND WILLIAMS, THOMAS A. (1991). *Introduction to Statistics, Concepts and Applications*, West Publishing Co, St. Paul, Minnesota.
6. ASME (1998). *Measurement Uncertainty*, Part I, ASME PTC 19.1-1998.
7. BLAISDELL, ERNEST A. (1998). *Statistics in Practice*, Saunders College, Fort Worth, Texas.
8. DEVORE, JAY L. (1991). *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*, Brookes/Cole, Pacific Grove, California.
9. DUNN, OLIVE JEAN, AND CLARK, VIRGINIA A. (1974). *Applied Statistics: Analysis of Variance and Regression*, John Wiley, New York.
10. Baratov R.J., Denmuxammadiyev A.M. *Elektr o‘lchashlar va instrumentlar*. O‘quv qo‘llanmasi. Ro‘yxatga olish raqami No 359-359. Toshkent, TIQXMMI, 2020 y, 157 b.
11. Bokiyev A.A., Denmuxammadiyev A.M. *Elektrotexnika va elektronika asoslari*. O‘quv qo‘llanma. 2018. TIQXMMI bosmaxonasi., -215b.
12. Denmuxammadiyev A.M., Djalilov A.U., Cho‘lliyev Ya.E. *Eksperiment natijalariga statistic ishlov berishning zamonaviy usullari*., 26.09.2020y. Monografiya, TIQXMMI bosmaxonasi, 93 b.

Mualliflar haqida



Denmuxammadiyev Aktam Mavlonovich, 21.03.1963 yilda Qashqadaryo viloyati, Yakkabogʻ tumanida tugʻilgan. 1985 yili Toshkent politexnika institutini imtiyozli tamomlagan, 1985-1987 yillari Qashqadaryo viloyati “Qarshiqurilish” birlashmasida elektr montajchisi; 1987-1988 yillari Qashqadaryo viloyati “Qashqadaryovilagrosanoat” 2-sonli qurilish tresti etakchi muhandis-energetigi; 1988-1991 yillari Toshkent irrigatsiya va qishloq xoʻjaligini mexanizatsiyalashtirish injenerlari instituti aspiranti; 1991-1992 yillar davomida Toshkent shahar “Iskra” ilmiy-ishlab chiqarish kichik korxonasi ilmiy xodimi, katta ilmiy xodimi, kichik korxonada filiali direktori, ilmiy xodimi; 1993-1994 yillari Qashqadaryo viloyati Yakkabogʻ shahri oʻrta maktab fizika-matematika oʻqituvchisi; 1994-1995 yillari Toshkent Davlat texnika universiteti Qarshi filiali “Energetika fanlari” kafedrasida katta oʻqituvchisi, dotsenti, kafedra mudiri; 1995-2012 yillari Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti “Energetika fanlari” va “Elektr energetikasi” kafedrasida mudiri, dotsenti; 2012-2017 yy.- Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti “Elektrotexnika va elektr yuritma” kaedrasida dotsenti, kafedra mudiri vazifasini v.b.; 2017-2017 yilda Toshkent irrigatsiya va qishloq xoʻjaligini mexanizatsiyalashtirish muhandislari instituti (TIQXMMI) “Elektrotexnika va mexatronika” kafedrasida mudiri vazifasini vaqtincha bajaruvchi va 2017 yildan hozirgi vaqtgacha mazkur kafedra dotsenti. Ilmiy-pedagoglik faoliyati davomida 80 dan ortiq ilmiy-uslubiy ishlarni chop ettirgan (jumladan: ikkita oʻquv qoʻllanma, uchtdan monografiya va ixtirolar), 1992 yildan texnika fanlari nomzodi ilmiy darajasini va 2002 yildan dotsent ilmiy unvonini olgan.

Djalilov Anvar Urolovich – «Elektrotexnika va mexatronika» kafedrasida dotsenti. 1999 yilda Toshkent irrigatsiya va qishloq xoʻjaligini mexanizatsiyalashtirish injenerlari instituti (TIQXMI) ning «Qishloq xoʻjaligini elektrlashtirish va avtomatlashtirish» fakultetini bitirib bakalavr darajasiga ega boʻldi. 2000 yilda oʻz mehnat faoliyatini yoʻllanma asosida TIQXMIning «Qishloq va suv xoʻjaligida elektr taʼminoti» kafedrasida laboratoriya mudiri lavozimidan boshlagan. 2001-2006 yillarda axborot va texnik taʼminot boʻlimi muhandisi. 2006-2008 yillarda TIMI da magistraturada tahsil oldi. 2008 yilda TIMI «Suv xoʻjaligi elektrotexnikasi va uni avtomatlashtirish» kafedrasiga assistent lavozimiga qabul qilindi. 2010-2017 yillarda «Elektrotexnika va elektr yuritma» kafedrasida assistenti, 2017-2020 yillarda «Elektrotexnika va mexatronika» kafedrasida assistenti, katta oʻqituvchi lavozimlarida faoliyat yuritgan. 2020 yilda texnika fanlari boʻyicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olgan. 2020 yil 10 avgustdan eʼtiboran «Elektrotexnika va mexatronika» kafedrasida dotsenti lavozimida faoliyat yuritmoqda va faoliyati davomida 60 dan ortiq ilmiy va oʻquv-uslubiy ishlarni chop ettirgan. Jumladan, uchta EHM dasturi, bitta monografiya, bir qancha ilmiy maqola va oʻquv-uslubiy qoʻllanmalarning muallifidir.



Mundarija

		bet
	Annotatsiya	3
	So‘z boshi	4
	1 -bob Kirish	5
1.1	Injenerlik eksperimentlari va o‘lchashlarining qo‘llanilishi	5
1.2	Maqsad va umumiy nuqtai nazar, miqdor kattaligi(o‘lchamlar) va birliklar, metrologiyaning asosiy atamalari	7
1.3	Xulosa	10
	2 -bob O‘lchash tizimlarining umumiy tavsiflari	11
2.1	Umumlashgan o‘lchash tizimlari	11
2.2	O‘lchash ishonchliligi, o‘lchash natijalarini kafolatlash	12
2.3	Dinamik o‘lchashlar	14
2.4	Xulosa	15
	Muammolar	16
	3 -bob Elektr signallari bilan o‘lchash tizimlari	23
3.1	Elektr signallarini o‘lchash tizimlari, signallarni qayta ishlash	23
3.2	Signal shakllantirgichlari	25
3.3	Ko‘rsatuvchi va qayd etuvchi qurilmalar	27
3.4	Komponentlar orasida elektr signalini uzatish	32
	Muammolar	40
	4 -bob Kompyuterlashtirilgan ma’lumotlarni yig‘ish tizimlari	44
4.1	Kirish	44
4.2	Kompyuter tizimlari	46
4.3	Ma’lumot yig‘ish komponentlari	46
4.4	Ma’lumot yig‘ish tizimining konfiguratsiyasi	48
4.5	Ma’lumot yig‘ish tizimlari uchun dasturiy ta’minot	50
	Muammolar	52
	5 -bob Diskret namuna olish	61
5.1	Namuna olish tezligi teoremasi	61
5.2	Vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan signallarni spektral tahlil etish	62
5.3	Furye o‘zgartirishi yordamida spektral tahlil	62
5.4	Namuna olish tezligini tanlash va filtrlash	62

	Muammolar	63
	6 -bob Eksperimental ma'lumotlarning statistik tahlili	69
6.1	Kirish	69
6.2	Umumiy tushunchalar va ta'riflar	69
6.3	Ehtimolliklar	69
6.4	Parametrlarni baholash	69
6.5	Shubhali ma'lumotlar nuqtalarini rad(inkor) etish mezonlari	69
6.6	Eksperimental ma'lumotlarning o'zaro bog'liqligi	69
6.7	Tasodifiy o'zgaruvchilarning chiziqli funktsiyalari	69
6.8	Eksperimental ma'lumotlarni statistik tahlil qilish uchun kompyuter dasturlarini qo'llash	69
	Muammolar	70
	7 -bob Eksperimental noaniqlik tahlili	112
7.1	Kirish	112
7.2	Noaniqliklarning tarsiqlanishi - umumiy mulohazalar	112
7.3	Noaniqlikning tizimli va tasodifiy komponentlarini hisobga olish	112
7.4	Elementar xatolik manbalari	112
7.5	Ko'p o'lchashli tajribalarning yakuniy natijalarida noaniqlik	112
7.6	Yagona o'lchashli tajribalarining yakuniy natijalarida noaniqlik	112
7.7	Noaniqlikni tahlil qilishning bosqichma-bosqich tartibi	112
7.8	Ishlab chiqaruvchidagi noaniqlik ma'lumotlarining talqini	112
7.9	Raqamli ma'lumotlarni yig'ish tizimlarida noaniqlik tahlilini qo'llash	112
7.10	Bir martalik tajribalar uchun qo'shimcha fikrlar	113
7.11	Xulosa	113
	Muammolar	113
	8 -bob Qattiq jismning mexanik qiymatlarini o'lchash	136
8.1	Deformatsiyani o'lchash	136
8.2	Sijishni o'lchash	136
8.3	Tezlikni chiziqli o'lchash	136
8.4	Burchak tezligini o'lchash	136
8.5	Tezlanish va tebranishni o'lchash	136

8.6	Kuchni o'lchash	136
8.7	Aylanadigan o'qning burovchi momentini o'lchash	136
	Muammolar	137
	9 -bob Bosim, harorat va namlikni o'lchash	145
9.1	Bosim o'lchami	145
9.2	Haroratni o'lchash	145
9.3	Namlikni o'lchash	145
9.4	Optik tolali qurilmalar	146
	Muammolar	147
	10 -bob Suyuqlik oqimi, suyuqlik tezligi, suyuqlik darajasi va yonish ifloslantiruvchi moddalarni o'lchash.	160
10.1	Suyuqlik oqimini o'lchash tizimlari	160
10.2	Suyuqlik tezligini o'lchash tizimlari	160
10.3	Suyuqlik sathini o'lchash	160
10.4	Havoni ifloslantiruvchi moddalarni o'lchash	160
	Muammolar	161
	11 -bob Dinamik xatti -harakatni o'lchash tizimlari	171
11.1	Dinamik o'lchash tizimlarining darajasi	171
11.2	Nol darajali o'lchash tizimlari	171
11.3	Birinchi va ikkinchi darajali o'lchash tizimlari	171
11.4	Xulosa	178
	Muammolar	178
	12 -bob Tajribalarni rejalashtirish va hujjatlashtirishning eng yaxshi amaliyotlari	179
12.1	Tajriba dasturiga umumiy nuqtai nazar	179
12.2	Sinov loyihalaridagi umumiy ishlar	179
12.3	Xulosa	187
	Glossariy	189
	Foydalanilgan adabiyotlar va internet resurslar	204
	Mualliflar haqida	205
	Mundarija	206