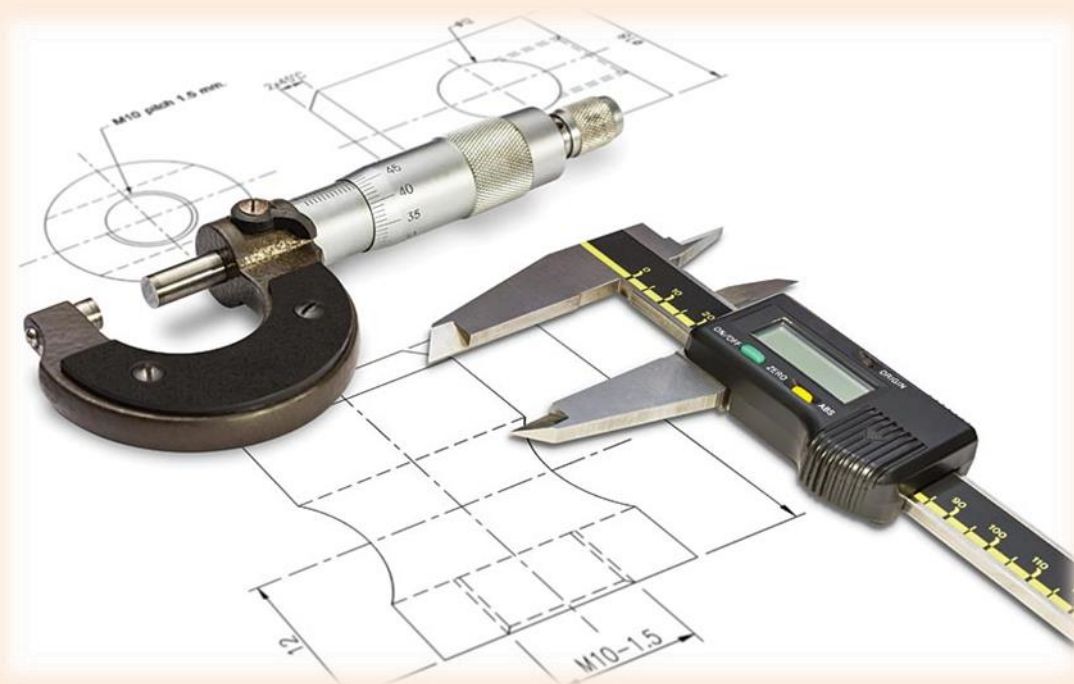


O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

Toirov B.B., Alimov A.A., Xo‘jjiyev M.Ya., Bozorov U.M.

O‘LCHASH ASBOBLARINI KONSTRUKSIYALASH



Buxoro - 2021 y.



Toirov Baxtiyor Boboqulovich

Texnika fanlari fanlari nomzodi, dotsent. 1965 yilda Buxoro viloyati Jondor tumanida tugʻilgan.

Hammualiflikda 1 ta darslik, 2 ta oʻquv-qoʻllanma, 3 ta elektron qoʻllanma va 40 dan ortiq ilmiy- uslubiy ishlar muallifi hamda xalqaro grant loyihasi ishtirokchisi. Hozirda Buxoro muhandislik – texnologiya instituti «Metrologiya va standartlashtirish» kafedrasini mudiri.



Alimov A'zam Anvarovich

Pedagogika fanlari boʻyicha falsafa doktori, dotsent. 1985 yilda Buxoro viloyati Qorakoʻl tumanida tugʻilgan.

Hammualiflikda 2 ta darslik, 3 ta oʻquv-qoʻllanma, 7 ta elektron qoʻllanma va 30 dan ortiq ilmiy- uslubiy ishlar muallifi hamda xalqaro grant loyihasi texnik koordinatori. Hozirda Buxoro muhandislik – texnologiya instituti «Neftni qayta ishlash texnologiyasi» kafedrasini mudiri.



Xoʻjjiyev Ma'murjon Yangiboyevich

1989 yilda Buxoro viloyati Olot tumanida tugʻilgan. 2 ta oʻquv-qoʻllanma, 30 dan ortiq ilmiy maqolalar va 20 dan ortiq tezislarni muallifi. Hozirda Buxoro muhandislik – texnologiya instituti «Neftni qayta ishlash texnologiyasi» kafedrasini katta oʻqituvchisi.



Bozorov Ulug'bek Muxammadovich

1968 yilda Buxoro viloyati Shofirkon tumanida tugʻilgan. 2003 yilda Oʻzbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi davlat va jamiyat qurilishi akademiyasini tamomlagan. Hozirda “Oʻzbekiston Milliy metrologiya instituti” davlat muassasasi Buxoro filiali mutaxassisi.

Mazkur O'quv-qo'llanma metrologiya va standartlashtirish texnologiyalarining GOST qo'ygan talablariga javob berishini assolashtirish o'lchov asboblari yoritadi. Ma'lumki, o'lchashni biror bir vositasiz bajarib bo'lmaydi. O'lchash vositalarining turlari xilma – xil. Ular sodda yoki murakkab, aniqligi katta yoki kichik bo'lishi mumkin. O'lchash vositalari me'yorlangan metrologik xossalarga ega bo'lishlari lozim va bu metrologik xossalarning davriy ravishda tekshirilib turiladi. O'lchash amalida o'lchanayotgan kattalikning qiymati to'g'ri aniqlanishi aynan mana shu o'lchash vositasining to'g'ri tanlanishiga va ishlashiga bog'liq. O'lchash asboblari turlari va metrologik tavsiflari, asboblarni konstruksiyalash tamoyillari, konstruksiyalash jarayoni, optimallashtirish masalalari, datchiklar. Asosiy ma'lumotlar, temperatura va bosim datchiklari h.k. kabi mavzular to'g'risida to'liq xulosa qilishga imkon beradi.

O'quv-qo'llanmadan oliy o'quv yurtlari “5310900-Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti(sanoat)” yo'nalishida tahsil olayotgan talabalar, hamda ishlab chiqarishdagi texnik muhandis xodimlar foydalanishlari mumkin.

TAQRIZCHILAR:

Buxoro muhandislik - texnologiya instituti

“Energoaudit” kafedrasining t.f.d., professor **M.I. Maxmudov**

O'zbekiston milliy metrologiya instituti davlat korxonasi Buxoro filiali
bo'lim boshligi **A.R.Muxtorov**

Buxoro- 2021 y.

ANNOTATSIYA

Ushbu o'quv–qo'llanmada metrologik standartlarga asoslangan zamonaviy o'lchash asboblari asboblari va o'lchov qiymatlarining turlari bo'yicha: yo'nalishli va burchak o'lchovlari, mexanik, issiqlik, fizikaviy va kimyoviy o'lchovlar bo'yicha bir qator yo'nalishlarga ega; elektr va magnit o'lchovlar; radio o'lchovlari; chastota va vaqtni o'lchash, radiatsiya o'lchash va hokazo o'lchov asboblari har bir yo'nalishi bo'yicha fizik miqdori kabi mavzularni o'z ichiga qamrab olgan holda yoritib berilgan.

АННОТАЦИЯ

В данном руководстве современные средства измерений, основанные на метрологических стандартах, разделены на типы средств измерений и измеряемых величин: направленные и угловые измерения, механические, термические, физические и химические измерения. Имеет ряд направлений; электрические и магнитные измерения; радиоизмерения; измерение частоты и времени, измерение излучения и т. д. охватывающие такие темы, как физическая величина в каждом направлении измерительных приборов.

ANNOTATION

In this manual, modern measuring instruments based on metrological standards are divided into types of instruments and measurement values: directional and angular measurements, mechanical, thermal, physical and chemical measurements. has a number of directions; electrical and magnetic measurements; radio measurements; frequency and time measurement, radiation measurement, etc. covering topics such as the physical quantity in each direction of the measuring instruments.

S O‘ Z B O S H I

Bu o‘quv-qo‘llanmada o‘lchash usullari va asboblariga qaratilgan. Nazariya va amaliyotda uchraydigan asosiy tushunchalar keltirilgan o‘lchovlarni metrologik qo‘llab-quvvatlash usullar va vositalari fizik kattaliklarning o‘lchovlari, shu jumladan sensorlar, ko‘prikn o‘lchash sxemalar, elektr o‘lchash asboblari va elektr bo‘lmagan o‘lchash asboblari qiymatlar. Xatolar bilan bog‘liq muammolar, har bir o‘lchov asbobining vazifasi nafaqat kerakli qiymatni aniqlashni, natijaning xatoligini baholash kabilarni ham o‘z ichiga oladi.

Innovatsion o‘lchash texnikasi xalq xo‘jaligining 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.

Bizning oldimizda juda ko‘p, o‘ta murakkab, hal qilinishi lozim bo‘lgan muammolar turibdi. Bulardan quyidagilarni aytib o‘tishimiz mumkin:

- yangi, progressiv yutuqlarni tez va keng ko‘lamda ishlab chiqishga tadbqiq etish va xalq xo‘jaligida qo‘llash. Bu muammoni yechish uchun asbobsozlikdagi rejalash va boshqarish tamoyillarini tubdan qayta qurish kerak;
- o‘lchash asboblarining sifatini keskin oshirish. Bu masalani yechish uchun faqat asbobsozlarning harakatlarining o‘zi kamlik qiladi. Statik asbob-uskunalarining aniqligi va ishonchliligini oshirish, yuqori sifatli materiallar ishlab chiqarishni kengaytirish, elektron texnika mahsulotlarining tavsiflarini yaxshilash va ishonchliligini oshirish lozim.

Ko‘rinib turibdiki, bu masalalarni yechish 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 yondashish lozimligini ta‘kidlaydi. Shubha yo‘qki, bu muammolar yechilib, ular ortidan yangilari, yanada murakkabliroqlari paydo bo‘ladi.

Ilmiy-texnik tafakkurning oldingi qatorlarida doimo olg‘a qarab harakat qilish - o‘lchashlar texnikasi va fanining asosiy shioridir.

Ilmiy-texnik taraqqiyotning bosh yo‘nalishlaridan biri keng ko‘lamli axborot tarmoqlarni rivojlantirish bo‘lib, bunda yetakchi rollardan biri o‘lchash texnikasiga tegishlidir. Bunday tarmoqlarning ilg‘or yutuqlari tadbqiqini 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 yechishning 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 mumkinligi hisobga olinsa, bunda axborot tarmoqlarning samaradorligini ta'minlashdagi o'lchash qurilmalarining ulkan roli aniq bo'ladi.

Axborot tarmog'i tarkibiga birinchi navbatda, kiritilishi lozim bo'lgan o'lchash qurilmalari ichida dastawal xomashyo, materiallar, tayyor mahsulotlar, energetik va boshqa resurslarni hisoblovchi har xil vositalarni aytib o'tish kerak. Bu obyektiv va muqohil rejalash imkonini berib, yuqoridagi mahsulotlar uchun korxonalar, tashkilotlar va alohida kishilar orasidagi hisoblash ishlarini osonlashtiradi va avtomatlashtirish imkonini beradi. Keng ko'lamli axborot tarmoqlari tarkibiga alohida korxonalarning o'lchash axborot tizimlarini kiritish, uning imkoniyatlarini keskin oshiradi.

Bunday axborot tarmoqlari samaradorligining zarur sharti - tarmoq uchun mo'ljallangan o'lchash axborotlarini standartlashtirilgan shaklda tasvirovchi, yetarli darajada arzon va oddiy, hamda ishonchli o'lchash asboblarini ommaviy ishlab chiqarishdir. Ushbu shartni ta'minlash uchun metrolog olimlar, muhandislar, loyihachilar, Davlat metrologiya va standartlashtirish organlari, ishlab chiqaruvchilar va pedagoglar hamfikrlikda faoliyat yuritish orqali o'lchash asboblaridagi muammolarining yechimini topish mumkin.

K I R I S H

Ilm-fan, zamonaviy va uzluksiz ta'lim tizimini yanada takomillashtirish zarur. "ta'lim va tarbiya beshikdan boshlanadi".

SH.M.Mirziyoyev

Ilm - ma'rifat va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish yilida Prezidentimiz Mirziyoyev Shavkat Miromonovich tomonidan 2020 yil 24 yanvar kuni xalqqa qilgan murojatnomasida.

Ilm-fan, zamonaviy va uzluksiz ta'lim tizimini yanada takomillashtirish zarur.

Xalqimizda "Ta'lim va tarbiya beshikdan boshlanadi" degan hikmatli bir so'z bor. Faqat ma'rifat insonni kamolga, jamiyatni taraqqiyotga yetaklaydi.

Shu sababli, ta'lim sohasidagi davlat siyosati uzluksiz ta'lim tizimi prinsipiga asoslanishi, ya'ni, ta'lim bog'chadan boshlanishi va butun umr davom etishi lozim.

Rivojlangan mamlakatlarda ta'limning to'liq sikliga investitsiya kiritishga, ya'ni, bola 3 yoshdan 22 yoshgacha bo'lgan davrda uning tarbiyasiga sarmoya sarflashga katta e'tibor beriladi. Chunki ana shu sarmoya jamiyatga 15-17 barobar miqdorda foyda keltiradi. Bizda esa bu ko'rsatkich atiga 4 barobarni tashkil etadi.

Binobarin, inson kapitaliga e'tiborni kuchaytirishimiz, buning uchun barcha imkoniyatlarni safarbar etishimiz shart.

Prezidentimiz tomonidan ilm-ma'rifatga berilayotgan ulkan imkoniyatlar O'zbekiston kelajagi buyuk davlatligining asosidir.

«Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida» gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 20.04.2017 yildagi PQ-2909 qarorida Oliy ta'lim tizimi professor-o'qituvchilari oldiga yangi avlod o'quv adabiyotlarini yaratish va ularni oliy ta'lim muassasalarining ta'lim jarayoniga keng tadbiiq etish, oliy ta'lim muassasalarini zamonaviy o'quv, o'quv-metodik va ilmiy adabiyotlar bilan ta'minlash, shu jumladan, eng yangi xorijiy adabiyotlar sotib olish va tarjima

qilish, axborot-resurs markazlari zahiralarini muntazam yangilab borishdek mas'uliyatli vazifalar qo'yilgan.

O'zbekiston Respublikasi prezidentining 2017 yil 27 iyuldagi "Oliy ma'lumotli mutaxassislar tayyorlash sifatini oshirishda iqtisodiyot sohalari va tarmoqlarining ishtirokini yanada kengaytirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-3151-sonli qarori ijrosini bajarish bo'yicha mazkur O'quv-qo'llanma ishlab chiqarish mutaxassislari tavsiyalari hamda xorijiy tajribalarni qo'llagan holda tayyorlangan.

Shuningdek, qarorda oliy ta'lim muassasalarini zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari vositalari bilan ta'minlash, talabalar, o'qituvchi va yosh tadqiqotchilarning jahondagi ilg'or ta'lim resurslari, ilmiy adabiyotlar va ma'lumotlar bazasi bo'yicha elektron kataloglarga kirish imkoniyatini kengaytirish dolzarb masala sifatida belgilangan.

O'zbek tilida yozilgan o'quv adabiyotlarining taqchilligi, metrologiya va standartlashtirish sohasi bo'yicha mutaxassislik fanlaridan o'quv adabiyotlarga bo'lgan ehtiyoj va o'lchash asboblari konstruksiyalash fanidan aksariyat adabiyotlarning rus tilida ekanligi qolaversa nashrlarning chiqarilganiga 20-25 yil bo'lganligi va ma'nan eskirganligi sababli, shuningdek davlatimizning oliy ta'lim tizimi professor-o'qituvchilari oldiga qo'ygan vazifalarini hal etish maqsadida mualliflar mazkur O'quv-qo'llanmani yozishga ahd qildilar.

O'lchash asboblari konstruksiyalash o'quv – qo'llanmasi orqali asboblarning xarakteristikasi va ularni ishlatish qayta ta'mirlashlar haqida bilim va ko'nikmaga ega bo'lishadi. Ilmiy tadqiqotlar jarayonida ishlatiladigan soatlarni, mikroskopni, barometrni, termometriyani, birinchi elektr o'lchash vositalarini va boshqa o'lchov vositalarini o'z ichiga oladi.

O'quv-qo'llanmada berilgan ma'lumotlar ketma-ket tarzda to'qqista bobda bayon etilgan. O'quv-qo'llanma kirish, asosiy qism, xulosa va adabiyotlar ro'yxatidan iborat.

I-BOB. KONSTRUKSIYALASH ASOSLARI

1.1. “O‘lchash asboblari konstruksiyalash” faniga kirish.

Ma'lumki, o'lchashni biror bir vositasiz bajarib bo'lmaydi. O'lchash vositalarining turlari xilma – xil. Ular sodda yoki murakkab, aniqligi katta yoki kichik bo'lishi mumkin. O'lchash vositalari me'yorlangan metrologik xossalarga ega bo'lishlari lozim va bu metrologik xossalar davriy ravishda tekshirilib turiladi. O'lchash amalida o'lchanayotgan kattalikning qiymati to'g'ri aniqlanishi aynan mana shu o'lchash vositasining to'g'ri tanlanishiga va ishlashiga bog'liq.

O'lchovlar – keng tarqalgan o'lchash vositalaridan hisoblanadi. O'lchov deb, kattalikning aniq bir qiymatini hosil qiladigan, saqlaydigan o'lchash vositasiga aytiladi. Masalan, tarozi toshi, elektr qarshiligi, kondensatori va shu kabilarni o'lchovlarga misol qilib olishimiz mumkin

O'lchash texnologiyasi qadim zamonlardan buyon mavjud. Miloddan avvalgi ming yillar davomida tovar birjasining rivojlanishi tarozi o'lchovlari va tarozilarning paydo bo'lishiga olib keldi; ibtidoiy o'lchov asboblari; kundalik va kunduzgi jadvalni o'rnatish, kalendarni ishlab chiqish (vaqtni o'lchash); astronomik kuzatishlarda va kema halokatida (burchak va masofani o'lchash). Ilmiy tadqiqot jarayonida faol davrda ba'zi o'lchovlar amalga oshirildi, masalan, nur burchaklari o'lchandi, yer meridianining yoyi aniqlandi. XV asrga qadar o'lchov texnikasi “geometriya” (Yerni o'lchash), “trigonometriya” (uchburchak o'lchovi), “uch o'lchamli maydon” va boshqalar kabi matematikadan ajratilmagan edi.

XVI-XVIII asrlarda eksperimental usullarga asoslangan o'lchash texnologiyasini takomillashtirish. Bu davr ilmiy tadqiqotlar jarayonida ishlatiladigan nisbatan soatlarni, mikroskopni, barometrni, termometriyani, birinchi elektr o'lchash vositalarini va boshqa o'lchov vositalarini o'z ichiga oladi. XVI asrning oxirlarida, XVII asrning boshlarida o'lchovlarning aniqligini oshirish inqilobiy ilmiy kashfiyotga olib keldi. Misol uchun, T. Brokning aniq astronomik o'lchovlari I. Keplerga yuzlab sayyoralarning elliptik orbitaga aylanishini aniqlashga imkon berdi. Galiley Galiley, I. Nyuton, H. Gyuygens va boshqalar katta o'lchamli asboblarni yaratishda va ularning nazariyasini ishlab chiqishda ishtirok etishdi, har bir jismoniy hodisa mos keladigan asbobda namoyon bo'ldi, bu o'z navbatida o'rganilayotgan kattalikning qiymatini aniqlashga yordam berdi va har xil miqdorlar orasidagi ta'sir o'tkazish qonunlari. Misol uchun, harorat tushunchasi asta-sekin rivojlandi va harorat o'lchovi yaratildi.

XVIII va XIX asrning birinchi yarmida bug' motorlarining tarqalishi va mashinasozlikning rivojlanishi bilan bog'liq holda mashinasozlik qismlarini aniq ishlov berish talablari sezilarli darajada oshdi va bu sanoat o'lchov uskunalarini jadal rivojlanishiga olib keldi. Hozirgi vaqtda o'lchov moslamalari

takomillashtirilmoqda, o'lchash apparatlari paydo bo'ladi, o'lchash asboblari joriy qilinadi va hokazo. XIX asrda o'lchash texnologiyasi va metrologiya nazariyasi asoslari yaratildi; Fan va ishlab chiqarishda o'lchovlarning birligini ta'minlaydigan o'lchovlarning metrik tizimi keng tarqaldi. Eng kichkina kvadratchalar usuli, tasodifiy xatolar nazariyasi, birliklar mutlaq tizimi (CGCE) ishlab chiqilgan va V. Weber bilan magnit o'lchash uchun zamin yaratgan K. Gaussning asarlari asboblarni o'lchash uchun katta ahamiyatga ega edi. Termal energetikani rivojlantirish, elektr aloqalarini joriy etish va sanoatda dastlabki elektr stantsiyalari, o'lchov vositalari va o'lchov vositalarini ilgari faqat ilmiy tadqiqotlarda qo'llash orqali - issiqlik muhandisligi va elektr o'lchash vositalari paydo bo'ldi. XIX asrning XX asrlarida sanoatlashgan mamlakatlarda metrologiya institutlari tashkil etila boshlandi.

XX asrning boshi o'lchov asbob-uskunalarini ishlab chiqishning yangi bosqichi - elektr, keyinchalik mexanik, termal, optik miqdorlarni, kimyoviy tahlil, geologiya-qidiruv ishlarini va boshqalarni o'lchash uchun elektron asboblardan foydalanishni boshlaydi. har qanday miqdorni o'lchash uchun. Radioaloqa o'lchash, spektrometriya va hokazo kabi yangi tarmoqlar paydo bo'ladi, asbob-uskunalar ishlab chiqarilmoqda. O'lchov vositalarini ishlab chiqishda sifat jihatidan sekinlashuv 2-jahon urushidan so'ng, o'lchash uskunasi sanoat sifatida paydo bo'lganidan keyin sodir bo'ldi.

Zamonaviy o'lchov asboblari, masalan, o'lchash natijalarini signalizatsiya qilish yoki o'qishda, kuzatuvchilarga nisbatan, masalan, o'lchash natijalarini avtomatik ravishda yozib olish va matematik tarzda qayta ishlash va masofaga o'tkazish yoki ayrim jarayonlarni avtomatik ravishda nazorat qilish kabi, inson sezgilariga ta'sir ko'rsatishga mo'ljallangan. O'lchash kanallarining turli qismlarida mexanik, elektr, pnevmatik, gidravlik signallar, amplituda, chastota va o'zgarishlar modulyatsiyasi ishlatiladi, impulslar va raqamli qurilmalar juda keng qo'llaniladi. Zamonaviy o'lchov vositalarini o'lchash jarayoni, o'lchangan qiymatni muayyan maqsadlar uchun eng maqbul shaklga maqsadli ravishda o'zgartirishdan iborat.

XX asrning birinchi yarmida o'lchash uskunalarini ishlab chiqish. O'lchangan qiymatlarni bunday konvertatsiya qilish eng qulay bo'lganligi, natijasi elektr miqdori (oqim, kuchlanish, chastota va boshqalar) sifatida namoyon etilganligi ko'rsatilgan. Keyinchalik barcha keyingi operatsiyalar uchun (uzatish, ro'yxatga olish, matematik ishlov berish, nazorat qilish tizimlarida foydalanish) standart elektr jihozlari qo'llanilishi mumkin.

Zamonaviy o'lchash asboblari asboblar va o'lchov qiymatlarining turlari bo'yicha: yo'nalishli va burchak o'lchovlari, mexanik, issiqlik, fizikaviy va kimyoviy o'lchovlar bo'yicha bir qator yo'nalishlarga ega; elektr va magnit

o'lchovlar; radio o'lchovlari; chastota va vaqtni o'lchash, radiatsiya o'lchash va hokazo. O'lchov asboblarning har bir yo'nalishi bo'yicha fizik miqdori o'lchashning o'ziga xos usullari mavjud (bu, shuningdek, turli o'lchamdagi buyruqlar qiymatlarini o'lchashda turli xil bo'ladi, masalan, 10-9 m, 10-3 m, 10⁷, 10⁹ butunlay boshqa usullar bilan o'lchanadi). 70-yillarning boshlariga kelib o'lchov uskunalari rivojlantirish tendentsiyalari aniq belgilangan. O'lchash texnologiyasining barcha sohalaridagi asosiy vazifalar quyidagilardan iborat:

1) qurilmalarning sifati sezilarli yaxshilanadi - bu xatolikni 0,01% va undan pastga kamaytirish, tezlikni soniyasiga 1000 va hatto millionlab o'lchamlarni oshirish, qurilmalarning ishonchliligini oshirish va ularning hajmini kamaytirish;

2) o'lchov vositalarini o'lchash uchun javobgar bo'lmagan miqdorlarni o'lchash yo'nalishida, shuningdek asboblarning ish holatini yanada kuchaytirish yo'nalishida kelishuv maydonini kengaytirish;

3) faqat elektron o'lchovlarni o'lchash sohasida emas, balki boshqa barcha sohalarda raqamli usullarga hamma joyda, analog qurilmalar hali ham qo'llanilmoqda va takomillashmoqda;

4) asbob-uskunalarini birlashtirishga tizimli yondashishni yanada rivojlantirish;

5) barcha o'lchov vositalariga o'lchov ma'lumotlarini mantiqiy va matematik qayta ishlash usullarini keng joriy etish.

1.2. O'lchash asboblarning turlari va metrologik tavsiflari

- 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 prinsiplari ichida quyidagilarni eslatamiz:

- o'lchash qurilmalarining aniqlik nazariyasi;
- statistik o'lchashlar nazariyasi;
- o'lchash o'zgartkichlarining umumiy energetik nazariyasi;
- o'lchashning axborot 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.

1.3. O'lchash vositalarining metrologik tavsiflari

Har qanday o'lchash asbobini tanlashda eng awalo, uning metrologik tavsiflariga e'tibor berishimiz lozim.

o'zgartirish funksiyasi - buni analogli o'lchash asboblarida shkala tenglamasidan ham bilishimiz mumkin. Tanlanayotgan asbobda o'zgartirish funksiyasi chiziqli bo'lishi qaydnomalarni olishni osonlashtiradi, subyektiv xatoliklarni esa kamaytiradi.

Sezgirligi. Umuman sezgirlik - bu o'lchash vositasining tashqi signalga nisbatan ta'sirchanligi, sezuvchanligidir. Umumiy holda sezgirlik o'lchash vositasining chiqish signali orttirmasini, kirish signali orttirmasiga nisbatidan aniqlanadi:

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X} \approx \frac{\Delta Y}{\Delta X}; \quad (1.1.)$$

Bevosita ko'rsatuvchi asboblar uchun sezgirlik asbob qo'zg'aluvchan qismining og'ish burchagini o'lchanadigan kattalik bo'yicha birinchi hosilasi bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$S = \frac{d\alpha}{dx}, \quad (1.2.)$$

bu yerda $d\alpha$ - asbob qo'zg'aluvchan qismining og'ish burchagi.

Sezgirlik ostonasi - bu o'lchanadigan kattalikning shunday eng kichik. (boshlang'ich) qiymatiki, u o'lchash asbobining chiqish signalini sezilarli o'zgarishiga olib keladi.

$$S = \frac{X_{\min}}{X_{\text{nom}}} * 100 \%, \quad (1.3.)$$

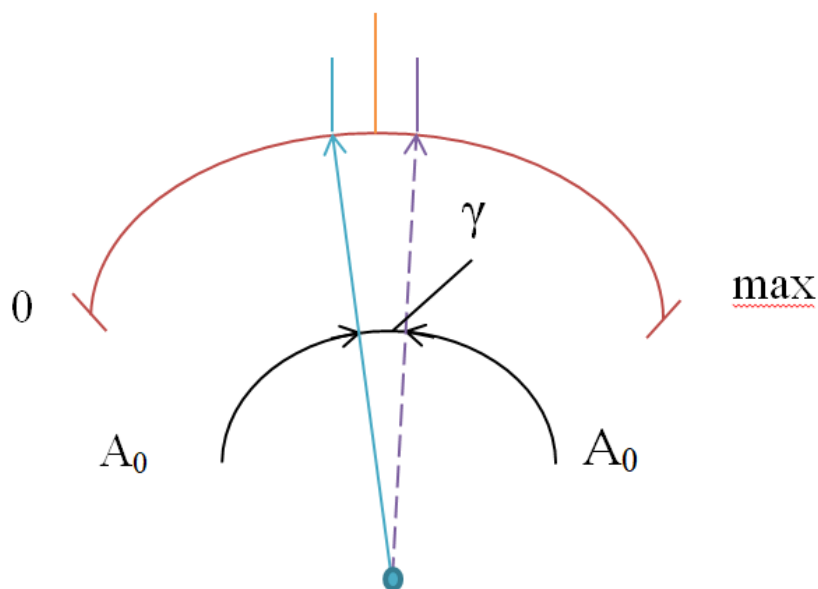
Bu yerda $X_{\min}$ - o'lchanadigan kaggalikning eng kichik (boshlang'ich) qiymatidir.

Asbob ko'rsatishining variatsiyasi - o'lchanayotgan kattalikning biror

qiymatini, o'lchash sharoitini o'zgartirmagan holda, takror o'lchaganda hosil bo'ladigan eng katta farqdir va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = \frac{A_0' - A_0''}{A_{x \max}} * 100 \% \quad (1.4.)$$

Bu yerda A_0', A_0'' o'lchanayotgan kattalikning (namunaviy asbob yordamida) takror o'lchashdagi qiymatlari. Variatsiya asosan qo'zg'aluvchan qismi tayanchga o'rnatilgan asboblarda ishqalanish hisobiga kelib chiqadi (1.1-rasm).



1.1. rasm. Asbob ko'rsatishining variatsiyasi

Asbobning o'lchash xatoligi. Bu xatolik sifatida mutlaq xatolik, nisbiy xatolik yoki keltirilgan xatolik berilgan bo'lishi mumkin. Bu xatoliklar xususida keyingi mavzularda yetarli ma'lumotlar berilgan.

o'lchash diapazoni. Bu asosan ko'p diapazonli asboblarga tegishli. Aksariyat hollarda asbobning har bir o'lchash diapazoniga taalluqli xatoliklari ham beriladi.

Xususiy energiya sarfi. Bu tavsif ham muhim hisoblanib, asbobning o'lchash zanjiriga ulanganidan so'ng kiritishi mumkin bo'lgan xatoliklarini baholashda ahamiyatli sanaladi. Ayniqsa, kam quvvatli zanjirlarda o'lchashlarni bajarishda bu juda muhimdir.

Xususiy energiya sarfi o'lchash asbobining tizimiga va konstruktiv ishlanishiga bog'liq bo'lib, ayniqsa, kichik quvvatli zanjirlarda o'lchashlarni bajarishda juda muhimdir.

Ishonchliligi (chidamliligi) - o'lchash vositasining ma'lum o'lchash sharoitida, belgilangan vaqt mobaynida o'z metrologik xususiyatlarini (ko'rsatkichlarini) saqlashidir. Bu ko'rsatkichlarning chegaradan chiqib ketishi

asbobning layoqatliligi pasayib ketganligidan dalolat beradi. O'lchash asbobining ishonchliligi, odatda, buzilmasdan ishlash ehtimolligi bilan baholanadi va taxminan quyidagicha topiladi.

$$\tau = \frac{n}{n_{um}}, \quad (1.5.)$$

bu yerda n - ishonchlilikka sinalgan asboblar soni; n_{um} - umumiy (ko'p seriyali) ishlab chiqarilgan asboblar soni.

o'lchash vositalari yordamida o'lchanayotgan fizik kattaliklar o'lchash axboroti signali sifatida foydalaniladigan biror chiqish kattaligiga o'zgartiriladi.

Fizik kattalikni o'lchashda o'lchash qurilmasi (asbobi) fizik kattalikni ko'rsatkichning proporsional siljishiga o'zgartiradi:

$$\Phi = f(V), \quad (1.6.)$$

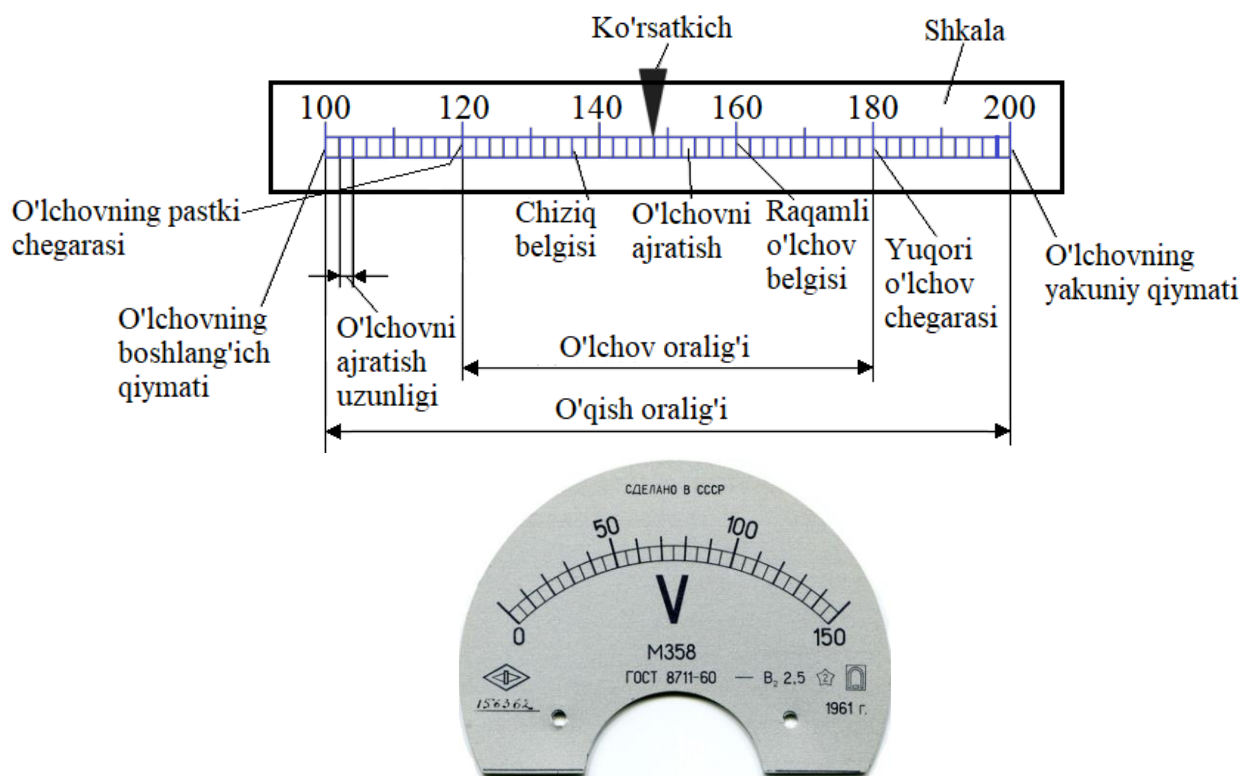
bunda Φ — asbob ko'rsatkichining burchakli yoki chiziqli siljishi, V — o'lchanayotgan fizik kattalik.

Bu bog'lanish **asbob shkalasining tenglamasi** yoki tavsifi deyiladi.

Har qanday o'lchash asbobining ishi natijada o'lchanadigan kattalikni ko'rsatkichning siljishiga o'zgartishga keltiriladi. Shu sababli o'lchash asbobini sxematik ravishda, o'lchanayotgan fizik kattalik V ni ko'rsatkichning mexanik siljish miqdori Φ ga o'zgartiradigan o'zgartkich deb qarash mumkin.

Oraliq o'zgartgichlar soniga qarab asbobni bo'g'inlarga bo'lish mumkin, bu bo'g'inlarning har biri asbob ichida V miqdorni ma'lum tarzda o'zgartiradi. Ana shu bo'g'inlar majmuasi o'lchanayotgan kattalikning talab etilgan o'zgarishini ko'rsatkichning siljishi Φ ga o'zgartiradi.

O'lchash asboblarining shkala tavsiflari. Ko'rsatuvchi analog o'lchash asboblarining sanoq qurilmasi shkala va (strelkali yoki nurli) ko'rsatkichdan tuzilgan. 1.2 -rasmda o'lchash asbobining shkalasi ko'rsatilgan. Shkaladagi sonli qiymatlar ko'rsatilgan belgilar shkalaning sonli belgilari deyiladi. Shkalaning ikki qo'shni belgilari orasidagi oraliq shkalaning bo'linmasi deyiladi. Shkalaning ikki qo'shni belgisi mos kelgan kattalik qiymatlari ayirmasi shkala bo'linmasining qiymati deyiladi. O'zgarmas bo'linmali va o'zgarmas qiymatli shkala **tekis shkala** deyiladi.



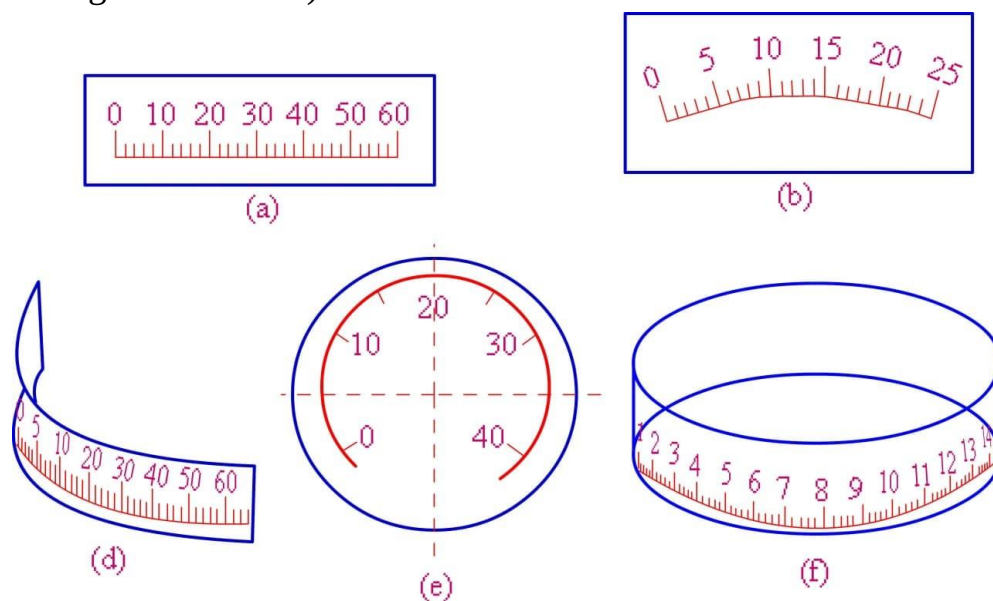
1.2. rasm. O'lchash asbobi shkalasi

O'lchanayotgan kattalikning sanoq qurilmasi bilan aniqlanadigan hamda o'lchanayotgan kattalik uchun qabul qilingan birliklarda ifodalangan qiymatlari o'lchash asbobining ko'rsatishlari deyiladi. O'lchanayotgan kattalikning shkalada ko'rsatilgan eng kichik qiymati shkalaning boshlang'ich qiymati, eng katta qiymati esa shkalaning ohirgi qiymati deyiladi. Shkalaning uning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari bilan chegaralangan qiymatlari sohasi (oralig'i) ko'rsatishlar diapazoni deyiladi. O'lchanayotgan kattalikning o'lchash vositalari uchun yo'l qo'yiladigan xatoliklarining me'yorlangan qiymatlar sohasi o'lchash asbobi yoki o'lchash o'zgartkichining o'lchash diapazoni deyiladi. Texnik asboblarda, odatda, o'lchash diapazoni bilan ko'rsatuvlar diapazoni mos keladi. O'lchash diapazonining eng kichik va eng katta qiymatlari o'lchash chegaralari deyiladi.

Shkaladan sanoq olishda shkala qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan bo'lishi mumkin. Shkalalarda belgilar to'g'ri chizik bo'ylab yoki yassi yoxud silindrsimon sirdagi aylana yoyi bo'ylab joylashgan bo'ladi. 1.3-rasmda o'lchash asboblari shkalalarining eng ko'p uchraydigan turlari ko'rsatilgan.

Asboblarning shkalalari bir tomonlama, ikki tomonlama va nolsiz bo'lishi mumkin. Bir tomonlama shkalalarda o'lchash asbobi chegaralaridan biri nolga teng bo'ladi (masalan, ko'rsatishlar chegarasi 0 dan 100°C gacha bo'lgan simob termometri). Agar shkalada nol belgisi uning boshlang'ich va oxirgi chegarasi bilan ustma-ust tushmasa, u ikki tomonlama shkala deyiladi (masalan, ko'rsatishlar chegarasi - 0,1 ... 0 ... 0,15 MPa bo'lgan manometr). Agar shkala nol belgisiga ega bo'lmasa, u nolsiz shkala deyiladi (masalan, ko'rsatishlar chegarasi 200 dan 400

°C gacha bo'lgan termometr).



1.3. rasm. Shkalalar: a - to'g'ri chiziqli; b - yoysimon (yoy burchagi 180° gacha); d - yassi; e - yoysimon (yoy burchagi 180° dan yuqori), f -silindrsimon

Ko'rsatkichning vaziyati uning shkala boshidan chiziqli yoki burchakli siljishi bilan aniqlanadi. Ko'rsatkich vaziyati bilan sanoq orasidagi bog'lanish **shkala tavsifi** deyiladi. Ko'rsatkichi burchakli siljiydigan asboblarning shkala tavsifi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

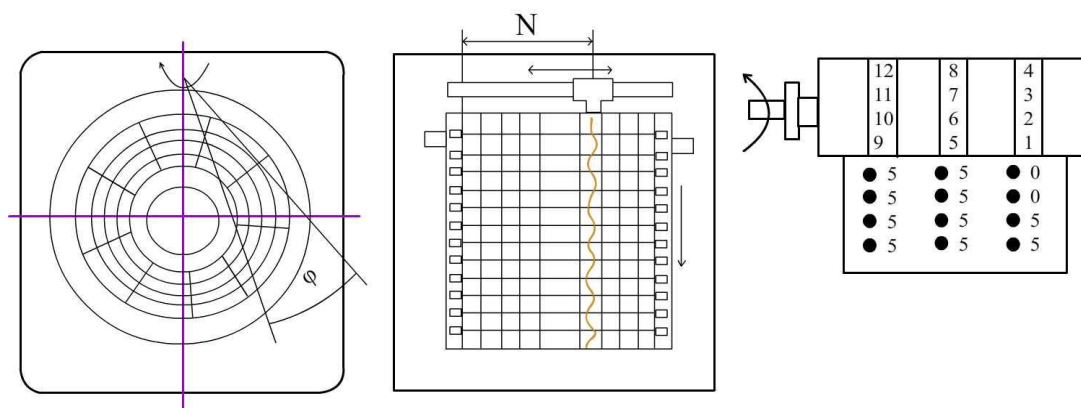
$$n = f(\varphi), \quad (1.7.)$$

bunda φ — ko'rsatkichning shkala boshidan, burilish burchagi. To'g'ri chiziqli shkalali asboblarda uchun

$$n = f(L), \quad (1.8.)$$

bunda L — ko'rsatkichning shkala boshidan chiziqli siljishi.

Qayd qiluvchi o'lchash asboblari qog'oz lentalariga yoki diskda o'lchanayotgan kattalikning hozirgi qiymatini vaqt bo'yicha avtomatik yozib beruvchi moslama bilan ta'minlanadi. Bu holda qog'oz lentada (diskda) uzluksiz chiziq pero bilan chiziladi, boshqa holda lentada davriy ravishda sanoqlarning sonli qiymatlari chop etiladi. Bitta qog'oz lentada bir necha egri chiziq yozilishi (chizilishi) mumkin. Bu holda o'lchash asbobining ichiga avtomatik uzgich-ulagich o'rnatiladi, u o'lchashning bir necha nuqtalarida joylashgan birlamchi o'zgartkichlardan birini o'lchash tizimga navbat bilan ulaydi.



1.4. rasm. Qayd qiluvchi qurilmalar: **a**-qutb koordinatalarida; **b**- to'g'ri chiziqli koordinatalarda; **d**-davriy qayd qiluvchi

Qayd qiluvchi qurilmalarning tavsifi shkalali sanoq qurilmalari tavsifiga o'xshash va (1.7), (1.8) tenglamalar bilan ifodalanadi. Qayd qiluvchi qurilmalar uchun (1.4-rasm, **a**, **b**) bu tenglamalarda φ va L tegishli burilish burchagini hamda pero ushlagichning diagramma to'g'ri chizig'ining nolli belgisidan siljishini, U esa to'r bo'yicha olingan sanoqni anglatadi. Davriy chop etuvchi qayd qiluvchi qurilma uchun tavsif (1.4-rasm, **v**) (1.7) tenglama bilan tasvirlanadi, unda φ — kirish valchasining burilish burchagi, U — chop etilgan son (sanoq).

Disksimon diagrammalar tekis va notekis bo'linmali bo'lishi mumkin. Lentasimon diagrammalar ham ikki turli bo'ladi: o'lchash asbobi perosi to'g'ri chiziqli harakat qiladigan va perosi aylana yoyi bo'ylab harakat qiladigan. Ko'rsatkichi kam kuch bilan siljiriladigan asboblarda (masalan, o'zi yozar millivoltmetrlarda) yozish yordamchi qurilma yordamida amalga oshiriladi.

Ayrim o'lchash vositalari va o'lchash tizimlaridan tashqari murakkab axborot-o'lchash tizimlari ham qo'llaniladi. Ular ko'plab nuqtalarda avtomatik o'lchashni amalga oshiribgina qolmay (o'lchash kanallari son ming-minglab bo'lishi mumkin), balki o'lchash natijalarini berilgan algoritmlar bo'yicha zarur qayta ishlashni ham bajaradi. Shu munosabat bilan o'lchash o'zgartkichlarining axborot- hisoblash mashinalarining va kirish qurilmalarining kirishiga keladigan signallarni unifikatsiyalashtirish (bixillashtirish) zarurati tug'iladi. Signallarni unifikatsiyalashtirish o'lchash asboblari turlarini minimumga keltirish imkonini beradi, o'lchash vositalarining o'zaro almashuvchanligini ta'minlaydi.

O'lchash vositalari o'lchash jarayonidagi bajarayotgan vazifasi, roliga qarab ishchi, namunaviy va etalon o'lchash asboblari bo'linadi.

Ishchi o'lchash vositalari xalq xo'jaligining barcha tarmoqlarida amaliy o'lchashlar uchun mo'ljallangan. Namunaviy o'lchash vositalari ishchi o'lchash asboblari tekshirish va ularni o'zlari bo'yicha darajalashga xizmat qiladi.

Etalonlar fizik kattalik birliklarini qayta tikiash va saqlash, ularning

o'lchamlarini namunaviy o'lchash asboblari orqali xalq xo'jaligida qo'llanadigan ishchi o'lchash vositalariga o'tkazishga xizmat qiladi. Fizik kattaliklarning birliklari o'lchami shu usul bilan etalonlardan namunaviy o'lchash asboblari yordamida boshqa o'lchash asboblari o'tkaziladi.

Shkala bo'linmalariga qabul qilingan o'lchash birliklarida ifodalangan qiymatlar berishdan iborat operatsiya darajalash deb ataladi.

1.4. O'lchash asboblari va ularning turlari

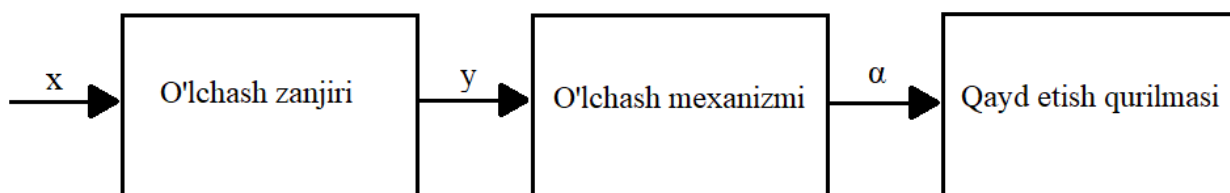
O'lchash asbobi deb, o'lchash uchun qo'llaniladigan va me'yorlangan metrologik xossalarga ega bo'lgan texnik vositaga aytiladi.

O'lchash asboblari ko'rsatuvchi, qayd qiluvchi, kombinatsiyalangan, integrallovchi va jamlovchi asboblarga bo'linadi. Ko'rsatuvchi asboblarda raqamli qiymatlar shkala yoki raqamli tablodan o'qiladi. Qayd qiluvchi asboblarda ko'rsatishlarni yo diagramma qog'ozida yozib olish yoki raqamli tarzda chop etish ko'zda tutiladi. Kombinatsiyalangan asboblarda o'lchanayotgan kattalikni bir vaqtning o'zida ko'rsatadi hamda qayd qiladi. Integrallovchi asboblarda o'lchanayotgan kattalik vaqt bo'yicha yoki boshqa erkin o'zgaruvchi bo'yicha integrallanadi. Jamlovchi asboblarda ko'rsatishlar turli kanallar bo'yicha unga keltirilgan ikki yoki bir necha kattaliklarning yig'indisi bilan funksional bog'langan bo'ladi.

O'lchash asboblari va o'zgartkichlari o'lchanayotgan kattalikning turiga qarab tegishli nomlarga ega bo'ladi, masalan, termometrlar, manometrlar, difmanometrlar, sarf o'lchagichlar, satx o'lchagichlar, gaz analizatorlari, konsentratomerlar, nam o'lchagichlar va h.k.

O'lchash axborotini namoyon qilishiga ko'ra asboblarda quyidagilarga bo'linadi: shkalali (analog), raqamli va o'ziyozar asboblarda.

Analogli o'lchash asboblari yoki bevosita ko'rsatuvchi asboblarda elektr o'lchashlar va umuman o'lchash texnikasida keng o'rin olgan asboblardan hisoblanadi. Bu turdagi asboblarda ko'rsatuv qaydnomasi uzluksiz (funksional) ravishda o'lchanayotgan kattalik bilan bog'liqlikda bo'ladi. Bu turdagi asboblarning struktura sxemasi 1.5. rasmda ko'rsatilgan.



1.5. rasm. Analogli o'lchash asbobining struktura sxemasi

O'lchash asboblari qaysi tizimga taalluqli mexanizmdan iborat bo'lishidan qat'iy nazar, asbob qo'zg'aluvchan qismining harakatlanishi elektromagnit maydon energiyasining o'zgarishiga bog'liq.

O'lchanadigan kattalik ta'siri ostida hosil bo'lib, asbob ko'rsatkichini ko'payish tomoniga og'diruvchi moment aylantiruvchi moment deyilib, u umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$M = \frac{\Delta W_e}{\Delta \alpha}, \quad (1.9.)$$

bu yerda W_e - elektromagnit maydon energiyasi, α - asbob qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi.

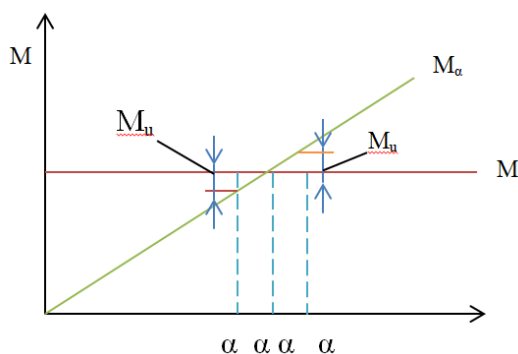
Aylantiruvchi momentni o'lchanadigan kattalik va asbob qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi funksiyasi deb qarash

mumkin. O'lchash asbobining qo'zg'aluvchan qismiga aylantiruvchi momentdan tashqari aks (teskari) ta'sir etuvchi moment ham ta'sir etishi lozim. Aks ta'sir etuvchi moment bo'lmaganda edi, asbobning strelkasi shkalasidan chetga chiqib ketgan bo'lar edi. Aks ta'sir etuvchi moment aylantiruvchi momentga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi kattalashishi bilan ortishi lozim. Aks ta'sir etuvchi moment M_a aylantiruvchi momentga tenglashguncha ($M = M_a$) qo'zg'aluvchan qism aylantiruvchi moment ta'siridan buriladi. Ko'p elektr o'lchash asboblarida aks ta'sir etuvchi moment tortqi, prujina va osmalarning buralishi bilan hosil qilinadi. Bunday qurilmada aks ta'sir etuvchi moment qo'zg'aluvchan qismning burilish burchagiga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni $M_a = -W \cdot \alpha$ bu yerda W tortqi yoki prujinaning material va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik, bu a burchagining birligiga (1° yoki 1 radianga) mos keluvchi moment bo'lib, solishtirma aks ta'sir etuvchi moment deb ataladi.

Asbob qo'zg'aluvchan qismining turg'un burilish holati aylantiruvchi va aks ta'sir etuvchi momentlarning tengligidan topiladi $M = M_a$ va u umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot F(X, \alpha) \quad (1.10)$$

bu holatni 1.6. rasmda ko'rsatilgan grafikdan ham kuzatish mumkin.



1.6. rasm. Asbob qo'zg'aluvchan qismining turg'un burilish holati

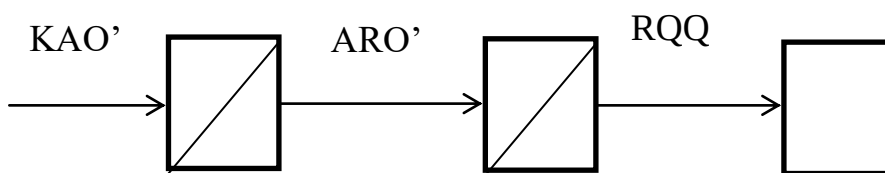
Asbob dinamik rejimda ishlaganida, boshqacha aytganda, asbob ko'rsatkichi (surilishida) joyidan qo'zg'alayotganida, yuqorida aytilgan aylantiruvchi va aks ta'sir etuvchi momentlardan tashqari boshqa momentlar ham hosil bo'ladi. Bu momentlar qo'zg'aluvchan qismning inersiya momentidan, tashqi muhit qarshiligidan va metall elementlari bo'lgan holda hosil bo'ladigan uyurma tok va hokazolardan vujudga keladi.

Asbob qo'zg'aluvchan qismining harakatlanganida vujudga keladigan va uning harakatini tinchlantirishga intiluvchi moment - ***tinchlantiruvchi moment*** deyiladi.

$$M_t = R\left(\frac{d\alpha}{dt}\right) \quad (1.11)$$

Bu moment tinchlantirish koeffitsiyenti ***R*** ga va qo'zg'aluvchan qismning burchakli tezligiga $\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)$ proporsionaldir. Tinchlantiruvchi moment ma'lum darajada asbobning muhim ekspluatatsion parametrlaridan biri - tinchlanish vaqtini belgilaydi.

Raqamli o'lchash asbobi deb, o'lchash borasida uzluksiz o'lchanayotgan kattalikni natijasi raqamli qayd etish qurilmasida yoki raqamlarni yozib boruvchi qurilmada diskret tarzda o'zgartirilib, indikatsiyalanadigan asboblarga aytiladi. Raqamli o'lchash asboblari hozirgi kunda juda keng tarqalgan. Raqamli o'lchash asbobining funksional chizmasi 1.7-rasmda keltirilgan. Bunda KAO' - analog o'zgartkich; ARO' - analog-raqamli o'zgartkich; RQQ - raqamli qayd etish qurilmasi.



1.7. rasm. Raqamli o'lchash asbobining funksional chizmasi

"X" analog signal kirishdagi analog o'zgartkich KAO' da keyingi o'zgartirish uchun qulay formaga o'zgartiriladi, so'ngra analog raqamli o'zgartkich (ARO'J yordamida diskretlashtiriladi va kodlanadi. Va nihoyat, raqamli qayd etish qurilmasi RQQ o'lchanayotgan kattalik bo'yicha kodlangan ma'lumotni raqamli qaydnoma tarzida, operatorga qulay formada ko'rsatadi. Tavsiya etiladigan ma'lumotning qulayligi va aniqligi sababli raqamli o'lchash asboblari ilmiy tekshirish laboratoriyalaridan keng o'rin olgan.

Raqamli o'lchash asboblari analog o'lchash asboblariga nisbatan afzalliklarga egadir: yuqori aniqlik, keng ish diapazoni, tezkorlik, o'lchash

natijalarining qulay tarzda tavsiya etilishi, avtomatlashtirilgan tarmoqlarga ulash mumkinligi, o'lchash jarayonini avtomatlashtirish imkoniyati mavjudligi va hokazolar. Lekin raqamli o'lchash asboblarning ham muayyan kamchiliklari mavjud: tuzilishi murakkab, narxi baland, analogli asboblarga nisbatan ishonchliligi pastroq. Shunga qaramay, integral sxemalarning tezkor rivoji natijasida yuqoridagi kamchiliklar tobora chekinib bormoqda.

Raqamli o'lchash asbobining asosi bo'lib ARO hisoblanadi. Unda ma'lumot diskretlashtiriladi, so'ngra kvantlanib kodlanadi.

Diskretlashtirish - bu muayyan (juda qisqa) diskret vaqt oralig'ida qaydnomalarni olishdir. Odatda, diskretlash qadamini doimiy qilishga harakat qilinadi.

Kvantlash esa $X(t)$ kattaligining uzluksiz qiymatlarini X_n diskret qiymatlarning to'plami bilan almashtirish hisoblanadi. Kattalikning uzluksiz qiymatlari muayyan tartiblar asosida kvantlash darajalarining qiymatlari bilan almashtiriladi.

Kodlashtirish esa muayyan ketma-ketlikda ifodalangan sonli qiymatlarni tavsiya etishdan iborat.

Diskretlashtirish va kvantlash raqamli o'lchash asbobining asosiy xatolik manbalari hisoblanadi. Bundan tashqari, kvantlash darajalarining soni ham o'ziga yarasha xatoliklar kiritadi.

Suyuq kristalli indikatorlarning tezkor rivoji raqamli o'lchash asboblarning ixchamlashuviga, energiya sarfining kamayishiga zamin yaratmoqda.

Nazorat savollari

1. O'lchash vositasiga ta'rif keltiring.
2. O'lchash vositalarning qanday turlari bor?
3. O'lchov va o'lchash asboblarning farqi qanday?
4. Raqamli o'lchash asboblarda o'lchash signalini qanday o'zgartirishlar qilinadi?
5. Raqamli o'lchash asboblarning ishlashini tushuntiring.
6. Raqamli va analogli o'lchash asboblari nimasi bilan farqlanadi?
7. O'z sohangizga tegishli, zamonaviy o'lchash tizimlari haqida nimalarni bilasiz?
8. Sun'iy ong (intellekt) deganda nimani tushunasiz?
9. Zamonaviy o'lchash tizimlarini qanday tasavvur qilasiz?

1.3. Asboblarni konstruksiyalash tamoyillari

Asboblarni va tizimlarni loyihalash tamoyillari (bundan buyon matnda mahsulot) butun konstruksiyalash jarayonining asosini tashkil etadigan negizdir. Konstruksiyalash tamoyillari, ularning o'zaro yaqin munosabatlarini hisobga olgan

holda, tamoyillar o'rtasidagi farqni muayyan darajada shartli deb hisoblash kerak.

Funksional va iqtisodiy samaradorlik tamoyili mahsulotning yuqori funksional va iqtisodiy samaradorligiga erishishni nazarda tutadi. Ushbu tamoyilga muvofiq, mahsulotning eng yaxshi funksional xususiyatlari bir tomondan va uning eng past narxi o'rtasida optimal muvozanat bo'lishi kerak.

Buning uchun turli xil usullarni qo'llagan holda masalan, funksional-iqtisodiy tahlil usullari, ishlab chiqilgan mahsulotning turli xil variantlari bo'yicha texnik va iqtisodiy hisob-kitoblar amalga oshiriladi hamda iste'molchilarga ularning potensial ustunligi ko'rsatiladi. Mahsulot vazifalarining murakkabligi va keng qo'llash doirasi, bir tomondan, iste'molchilar oldida ustunligini oshiradi. Biroq boshqa tomondan, mahsulotning ko'tarilgan narxi iste'molchini chegaralaydi. Shuning uchun optimal balans juda muhimdir.

Mahsulotning funksional va iqtisodiy samaradorlik mezonlari "natija-narx" ko'rsatkichi sifatida xizmat qilishi mumkin. Ushbu mezondan aniq ko'rinib turibdiki, mahsulotda eng yaxshi natija - eng yuqori ko'rsatkich.

Natija-narx tushunchasi ideal natija tamoyili (INT), taniqli ixtirochi G. Altshuller tomonidan yaratilgan ixtirochilik muammolarini hal qilish nazariyasidan olingan. Ushbu tamoyilga ko'ra, yaratilgan mahsulot va uning tarkibiy qismlari ideal yakuniy natija (IYaN) shaklida prognoz qilinishi kerak.

IYaN ko'pincha, amalda amal qila olmasliklariga qaramasdan, uning amaliy qiymati, IYaNga yaqinlashganda, konstruktor eng yaxshi yechimlarni olganda maydonga chiqadi. IYaN tamoyiliga asoslangan ixtirochilik muammolarini hal qilish nazariyasi amalda o'zining ajoyib samaradorligini isbotladi va shu tufayli u so'nggi o'n yillar davomida universal usul sifatida e'tirofga sazovor bo'ldi.

Eng yaxshi ilmiy va texnik yutuqlardan foydalanishni maksimal darajaga ko'tarish tamoyili rejalashtirilgan mahsulotdagi eng yaxshi ilmiy va texnik yutuqlardan maksimal darajada foydalanishni nazarda tutadi. Amalda, odatda, tabiiy ravishda dunyodagi etakchi ishlab chiqaruvchilar tomonidan ishlab chiqariladi, ular o'z mahsulotlarida ilmiy va texnik ishlanmalarini amalga oshiradilar.

Shu bilan birga, esda tutish kerakki, odatda, yangi g'oya- bu umuman unutilganidir. Ilmiy va texnik tadqiqotlarni o'tkazish imkoniyatlarining yo'qligi, yuqori sifatli raqobatbardosh mahsulotlarni yaratishga to'sqinlik qilmaydi.

Izchillik, o'xshashlik va tabiat obyektlaridan olish tamoyili konstruksiyalash g'oyasini nafaqat mavjud bo'lgan mahsulotlardan barqaror doimiy yo'l orqali, balki boshqa shunga o'xshash texnologiya modellari bilan o'xshashlik yo'llariga qaratilgan. Shu bilan birga, ko'p holatlarda eng yaxshi natijalar tabiiy obyektlardan konstruksiyalash yechimlarini olishda eng yaxshi

natijalarga erishiladi, chunki haqiqiy mukammal yaratmalar muallifi yaratuvchidir.

O‘zaro almashuvchanlik, bir xillashtirish va standartlashtirish tamoyili mahsulotning yuqori texnik va ekspluatatsion parametrlarini va uning past narxini ta'minlovchi eng muhim tamoyildir. Ushbu tamoyil bir xillashtirish va standartlashtirishga asoslangan mahsulotning barcha tarkibiy qismlarining o‘zgarishi, shuningdek, konstruksiyalashdagi yagona va standart elementlar va parametrlardan maksimal foydalanishni belgilaydi.

Bu tamoyilni odatda, turli elementlarning muayyan to‘plamini yig‘ishning turli xil konstruksiyalarni to‘playdigan bolalar konstruktori misolida tushunish oson.

Agregatlashtirish, ta’mirlanuvchanlik va modifikatsiyalanuvchanlik tamoyili ta’mirlanuvchanlik va modifikatsiyalanuvchanlikni ta'minlovchi alohida tarkibiy tuzilmalaridan mahsulot konstruksiyasini yaratish imkoniyatini beradi.

Bunda funksional konfiguratsiyaga mos optimal agregatlarni yaratish vazifasi paydo bo‘ladi. Gap shundaki, agregatlarni yiriklashtirishda mahsulotning narxi pasayadi va uning yig‘ilishini osonlashtiradi, biroq bu uning ishlamay qolishi bilan qismiarni almashtirish xarajatlarini oshiradi va mahsulotning modifikatsiyalash imkoniyatlarini qiyinlashtiradi. Boshqa tomondan agregatlarning yiriklashishi mahsulotning ta’mirlanuvchanlik va modifikatsiyalanuvchanlikni yaxshilashga olib keladi, biroq ayni paytda mahsulot bahosi biroz oshadi va uni yig‘ish yanada murakkablashadi.

Bu aniq ifodalangan agregat tuzilishiga ega bo‘lgan shaxsiy kompyuter misolida juda aniq tasvirlangan. Shunga qaramay, kompyuterning optimal konfiguratsiyasi uning ishlab chiqaruvchisi yoki maxsus konfiguratsiyani sotib olgan tomonidan to‘g‘ridan- to‘g‘ri hal qilinadi.

Optimallik tamoyili loyihalashtirishda qarama-qarshiliklar bilan bog‘liq barcha holatlarda maqbul yechimlarni topishga qaratilgan universal tamoyildir.

Optimallik tamoyili konstruksiyalashda keng qo‘llaniladi. Uni qo‘llashning namunalari yuqorida keltirilgan funksional va iqtisodiy samaradorlik, shuningdek, agregatlashtirish, ta’mirlanuvchanlik va modifikatsiyalanuvchanlik tamoyillarida qo‘llashga misol bo‘lishi mumkin. Mahsulotlarni loyihalashda optimallik tamoyilini amalga oshirish amaliy yakuniy natijaga erishish natijasida maqbul yechim topilganda ideal natija tamoyili qo‘llanilishiga asoslanadi.

Optimallik tamoyilini qo‘llashga misol qilib, loyihalashda optimallashtirishning matematik usullaridan keng foydalanish va, ayniqsa, avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarida keng qo‘llanilishi keltirishimiz mumkin.

Mos keluvchanlik tamoyili mahsulotning barcha tarkibiy qismlarining bir-biri bilan uyg‘unligini, shuningdek, mahsulotning u bilan birgalikda ishlaydigan boshqa texnik obyektlar bilan uyg‘unligiga asoslangan.

Mos keluvchanlikning texnik (konstruktiv, parametrik, texnologik), energetik, axborot va boshqa turlari mavjud. Mahsulotni boshqa mamlakatlarga import eksport qilish holatlarida mahsulotning mos keluvchanligi alohida ahamiyat kasb etadi. Bunda shuni ta'kidlash kerakki, mos keluvchanlik tamoyiliga rioya qilish standartlashtirish tamoyiliga rioya qilishga yordam beradi.

Ishonchlilik va chidamlilik tamoyili. Ishonchliligi va chidamliligini ta'minlashning muhim parametrlarini ta'minlovchi ishonchlilik va chidamlilik tamoyili odamlar hayoti, harakatlanadigan obyektlar (kosmik kemalar, samolyotlar, suv osti kemalari va boshqalar) va harbiy texnika bilan bog'liq mahsulotlar uchun alohida ahamiyatga ega. Ushbu tamoyil mahsulot ishonchliligi, chidamliligi va mustahkamligining talab etilgan parametrlarini ta'minlashni belgilaydi.

Ko'p hollarda talab qilinadigan parametrlarga erishish mahsulotning bahosi va kerakli parametrlarni ta'minlash bilan maqbul muvozanatni topishga bog'liq bo'ladi. Shu bilan birga, alohida ahamiyatga ega bo'lgan mahsulotlarda zarur ishonchliligi va chidamliligini ta'minlash uchun iqtisodiy va ishonchlilik o'rtasidagi muvozanat emas, balki ishonchliligi va chidamliligini yuqori hisoblash parametrlarini ta'minlash birinchi o'ringa chiqadi. Buning uchun konstruksiyalashning oddiy qoidasi bo'lgan eng muhim mahsulot va ularning qismlarini ikki, uch va hatto to'rt martalab zaxiralash o'tkaziladi.

Ajralib turadigan raqobatli ustunlik tamoyili konstruktorning e'tiborini boshqa ishlab chiqaruvchilarning o'xshash mahsulotlari bilan taqqoslaganda yuqori raqobatbardoshligini ta'minlaydigan mahsulotning o'ziga xos afzalliklarini yaratishga qaratadi.

Mahsulotning o'ziga xos afzalliklari bo'lib eng yaxshi texnik tavsiflar bilan birga pastroq narx, yaxshi ekspluatatsion parametrlari, yanada yaxshi dizayni, yuqori ishonchlilik va boshqalar bo'lishi mumkin. Mahsulotning o'ziga xos ustunligining ahamiyati mahsulotning bozordagi holatiga ta'sir qiladi. Raqobatbardosh mahsulotlarga nisbatan eng yaxshi yoki, aksincha, eng yomon farqlovchi xususiyatlarni berish natijasida ishlab chiqarish kompaniyasiga tegishli daromadlar beriladi.

Qo'llashda oddiylik va qulaylik tamoyili mahsulot konstruksiyasi va uning barcha tarkibiy qismlarini maksimal soddalashtirilishiga, shuningdek, mahsulotning ishlatilishida maksimal qulaylikka erishish zarurligini ko'rsatadi.

Mahsulotning soddaligini ko'p jihatlar bo'yicha ko'rib chiqish mumkin. Avvalo, siz bilganingizdek, hamma buyuk narsalar oddiydir. Ushbu ibora mahsulotning eng yaxshi ko'rsatkichiga maksimal sodda vositalar orqali erishish mumkin deb tushunish kerak. Bundan tashqari, tajribadan ma'lum bo'lganidek, soddalik to'g'ridan-to'g'ri ishonchlilik bilan bog'liq: konstruksiya qanchalik

oddiy bo'lsa, u shunchalik ishonchli. Va nihoyat, konstruksiyaning soddaligi foydalanish qulayligini yaratadi, ya'ni uni ta'mirlash mumkin va osonroq kechadi.

Konstruksiyalashga qo'yiladigan talablar

Tayyor mahsulotga qo'yiladigan talablar majmui alohida guruhlariga bo'linadi.

1. Funktsional - texnik talablar:

- mahsulotning funksional vazifasi uning maqsadga muvofiqligi va uni qo'llash sohasiga mosligini belgilaydi; ma'lum bir parametrlarni o'lchash; signallarni qabul qilish, uzatish va qayta ishlash: ko'rsatish, kuchaytirish va boshqalar;
- metrologik tavsiflari: aniqlik ko'rsatkichlari, statik xususiyatlar, o'lchash diapazoni, sezgirlik va hokazo.
- metrologik bo'lmagan konstruktiv-texnik parametrlar: o'lchash quvati; iste'mol quvati; tarmoq kengligi; tezkorlik; xalaqitlarga daxlsizligi; elektr va mexanik mustahkamligi; konstruksiyaning soddaligi; maxsus talablar.
- ishonchlilik ko'rsatkichlari: ishonchlilik, davomiylik, qat'iylik, chidamlilik.
- og'irlik va o'lcham xususiyatlari: og'irlik, umumiy va o'rnatilgan o'lchamlari.

2. Ekspluatatsion talablar:

- iqlim o'zgarishi;
- o'rnatish obyektlarining joylashadigan sinfiga nisbatan (havo, dengiz, quruqlik, ko'chma obyektlar uchun zamin va boshqalar);
- obyektida joylashtirish kategoriyasi bo'yicha: ochiq havoda; shift ostida, harorat va namlikning o'zgarishi ochiq havo sharoitidan sezilarli darajada farq qilmaydigan obyektida; tabiiy shamollatilgan yopiq xonalarda; sun'iy iqlimli xonalarda; namlik yuqori bo'lgan xonalarda.
- obyektga o'rnatish: qattiq, tez chiqarib olinadigan, zarbalanadigan amortizatorli va boshqalar.
- kommunikatsion aloqa tarmoqlari: elektr tarmoqlari, yerga ulash shinalari, shamollatish tarmoqlari va boshqalar.
- obyektida elektromagnit maydondan muhofaza;
- sozlash, ishlatishdagi soddaligi va qulayligi;
- ta'mirlanuvchanlik;
- yuqori ishonchlilik, chidamlilik, saqlanuvchanlik;
- kam quwat sarfi.

ijtimoiy talablar:

- ishlab chiqarish, o'rnatish va ishlatishda xavfsizlik;
- ergonomik talablar inson - mashina tizimini tavsiflaydi va

antropometrik va psixofiziologik ikki asosiy talabni o'z ichiga oladi;

Antropometrik talablar - bu strukturaning o'lchamlari qurilma bilan ishlash va uni ta'mirlashda korpusning o'lchamlariga va operatorning ish yuritadigan holatiga mos kelishini ta'minlash uchun konstruksiyalash.



1.8. rasm. Shtangensirkul.

Psixofiziologik talablar - bu mahsulotning insonning fiziologik xususiyatlariga muvofiqligi, mahsulot bilan eng qulay ish sharoitlarini ta'minlash uchun hissiy organlari va ruhiyatining o'ziga xos xususiyatlariga mos keladigan talablar.

- estetik talablar: strukturaning ko'rinadigan elementlari uyg'un munosabatda bo'lishi kerak, umumiy fikrga bo'ysunishi va bir xil uslubda hal qilinishi kerak.

Talablarning estetik kichik guruhi strukturaning paydo bo'lishi uchun to'rt asosiy talabni o'z ichiga oladi: ifoda qilish, shaklning ratsionalligi, kompozitsiyaning yaxlitligi, ishlab chiqarish ko'rsatkichlarining mukammalligi.

Ishlab chiqarish - texnologik talablar:

- konstruksiyaning ishlab chiqaruvchanligi, ya'ni ishlab chiqaruvchanlik - bu ishlab chiqarish, qo'llash va ta'mirlash davomida barcha turdagi resurslarning minimal sarflanishiga moslashtirilishi;

- bir xillashtirish va standartlashtirish, ya'ni oldindan ishlab chiqilgan va ishlab chiqarilgan qismlar va mahsulotlarni yangi mahsulotlar, shuningdek, standart mahsulotda maksimal darajada ishlatilishini nazarda tutadi.

Iqtisodiy talablar: eng arzon narx va minimal ekspluatatsion xarajatlarni ta'minlash.

Patent - huquqiy talablar:

Nazorat savollari:

1. Funktsional va iqtisodiy samaradorlik tamoyili haqida tushincha bering?

2. Taniqli ixtirochi G. Altshuller tamonidan ilgari surgan tamoyil haqida soʻzlab bering.
3. Konstruksiyalashga qoʻyiladigan talablarni sanab bering
4. Iqtisodiy talablar deganda nimani tushinasiz?
5. oʻzaro almashuvchanlik, bir xillashtirish va standartlashtirish tamoyili
6. Funksional - texnik talablar aytib bering?
7. Eksploatatsion talablarga nimalar kiradi?
8. Optimallik tamoyili nima?

1.4. Konstruksiyalashning umumiy qoidalar

Umumiy qoidalar ikki turkumga boʻlinadi: asosiy va maxsus.

Konstruksiyalashning asosiy qoidalar. Asboblarni yaratishda quyidagi qoidalarga rioya qilish tavsiya etiladi:

- konstruksiyalashni asbobning foydali samaradorligini, uning chidamliligi va past eksploatatsion harajatlari bilan belgilanadigan iqtisodiy samarani oshirish vazifasini bajarishga qaratish;
- asbob ishlab chiqarish suratini va bajaradigan operatsiyalar miqdorini koʻpaytirish orqali foydali ishlashini maksimal oshirishga erishish;
- energiya isteʼmolini, texnik xizmat koʻrsatish va taʼmirlash harajatlarini qisqartirish orqali asboblarning eksploatatsiyasiga ketadigan harajatlarni kamaytirishga erishish;
- qurilmalarning mustahkamligi va ularning foydaliligini har tomonlama oshirish;
- asbobga yuqori boshlangʻich parametrlarni qoʻyish, rivojlanish zahiralarini va izchil takomillashtirishni koʻzda tutish orqali uzoq muddat qoʻllanilishini taʼminlash bilan asboblarning texnik eskirib qolishiga yoʻl qoʻymaslik;
- universallik va ishonchlilikni oshirish orqali eksploatatsiya vaqtida qoʻllash jadalligiga eʼtiborni qaratish;
- bazaviy asboblarning konstruktiv elemenflaridan maksimal foydalanish bilan asboblarni yaratish imkoniyatni belgilash;
- asboblarning standart oʻlchamlari sonini kamaytirish, ularning parametrlarini oqilona tanlash va eksploatatsion moslashuvchanlikni oshirish yoʻli bilan amaliyotning ehtiyojlarini minimal sonli model bilan taʼminlashga intilish;
- asboblarni ularning taʼmirlanuvchanligi va nosoz tugunlarni oson oʻzgartirish imkoniyatlarining taʼminlanishi bilan konstruksiyalash;
- agregatlash tamoyilliga qatʼiy rioya qilish;
- qismlarni toʻliq oʻzaro almashuvchanligini taʼminlash;

- massasi o'sishini talab qilmaydigan usullar yordamida (materiallarning to'g'ri ishlatilishi bilan qismlarga ratsional shakllarni berish, mustahkamligi yuqori materiallarni qo'llash, mustahkamlovchi qayta ishlashni joriy etish) qismlar va asboblarning butunligini yuqori darajada mustahkamligini ta'minlash;

- davriy va dinamik yuklama ostida ishlaydigan qurilmalar tarkibiy qismlari va mexanizmlarida yuklama tebranishlarni yumshatish uchun elastik elementlarni kiritish;

- buzilmasdan to'liq ishlash imkoniyatiga erishish orqali asbob ishonchliligini oshirish;

- asboblarning xizmat ko'rsatishini osonlashtirish; xizmat ko'rsatish operatsiyalari miqdorini kamaytirish, davriy sozlashlarni kamaytirish.

Konstruksiya qilishning maxsus qoidalar:

- ekspluatatsiya vaqtida asbobning haddan tashqari katta kuchlanishda ishlashining oldini olish; asbobning xavfli rejimlarda ishlashini istisno qilish uchun avtomatik regulyatorlarni, xavfsizlik va cheklov qurilmalarini kiritish;

- asbobni noto'g'ri yoki ehtiyotsizlik bilan ishlatish natijasida buzilishi va avariya holati sodir bo'lishini: boshqaruv organlari bilan noto'g'ri manipulyasiyalash imkoniyatini ogohlantirish uchun blokirovka qurilmalarini kiritish, optimal darajada asbobni boshqarishni avtomatlashtirish bilan bartaraf etish;

- ehtiyot qismlar va komponentlarni bir-biriga nisbatan aniq joylashtirish: faqat zarur holat bo'yicha ularni yig'ish imkoniyatini beruvchi bloklashni kiritish bilan noto'g'ri yig'ishdan saqlash;

- rezkali ulanmalar vintlarini bo'shab qolishidan ishonchli saqlashni ta'minlash: pozitiv stoporlash (shplintlar, shaybalar) usuli bilan ichki ulanishlarni mahkamlash;

- qismlar, ayniqsa, ochiq havoda yoki kimyoviy faol muhit bilan aloqada ishlaydigan qurilmalarni korroziyadan saqlash uchun chidamli bo'yoq va galvanik qoplamalardan foydalanish, ehtiyot qismlarni korroziyaga chidamli materiallardan ishlab chiqarish;

- asbob konstruksiyalarini ishlab chiqarishda texnologiklik, birlashtirish, standartlashtirish sifatlarini qo'llash, metallar sig'imini qisqartirish, qurilmalarning standart o'lchamlari sonini kamaytirish orqali ishlab chiqarish harajatlarni kamaytirish;

- ratsional kinematik va kuch-quvvat sxemalarini qo'llash, konstruksiya ixchamligini oshirish, shuningdek, yengil qotishmalardan va metall bo'lmagan materiallardan foydalanish orqali qurilmalarning massasini kamaytirish;

- murakkab ko'p qismli konstruksiyalardan voz kechib, asboblarning

konstruksiyasini turli tarzda soddalashtirish;

- qurilma qiymatini kamaytirish, uni ishlab chiqarish vaqtini qisqartirish, shuningdek, ekspluatatsiya va ta'mirlashni yengillashtirish maqsadida konstruksiya elementlarini maksimal bixillashtirishni amalga oshirish;

- mavjud standartlarga javob beradigan standart qismlardan to'liq foydalanishni kengaytirish;

- standart, bixillashtirilgan, mavjud va sinalgan qismlar va tugunlar qo'llash mumkin bo'lgan joylarda original qismlar va mexanizmlardan voz kechish.

Yuqoridagi talablarni sanaganda, iqtisodiy samaradorlikni oshirish qoidalarini ham ko'rsatib o'tish zarur. Ular:

- qimmatbaho va noyob materiallar o'rniga ularning o'rnini to'laqonli bosuvchi materiallarni qo'llash, noyob materiallar zarur bo'lganda qo'llashni minimallashtirish orqali ularni tejash;

- arzon ishlab chiqarishga intilganda, umumiy qoidalardan chetga chiqib, asbob ishonchligida muhim hisoblangan qismlarni ishlab chiqarishda harajatlarni cheklamasdan, balki, qismlarni tayyorlashda qo'llash muddati va ishonchligini yanada oshirishni ta'minlovchi texnologik jarayonlarda sifatli materiallardan ishlab chiqarish;

- asbob va uni tashkil qiluvchilariga qarashni yengillashtirish maqsadida asbobga oddiy va estetik tashqi shakllar berish;

- asbobga chiroyli tashqi bezak berishda texnik estetika talablariga rioya qilish;

- ko'rish va boshqarishga qulay bo'lishi uchun boshqaruv va nazorat organlarini imkon qadar bir joyga jamlab joylashtirish;

- vaqti-vaqti bilan tekshiruvga muhtoj bo'lgan tarkibiy qismlar va mexanizmlarni nazorat qilish uchun qulay bo'lishini ta'minlash;

- xodimlar xavfsizligini ta'minlash: bloklash va boshqa usullar orqali baxtsiz hodisalar yuz berishining oldini olish;

- elektr mexanizm bilan boshqariladigan qurilmalarda, dvigatelni noto'g'ri ishlashi imkoniyatini hisobga olish;

- qurilmalarni ekspluatatsiya qilish tajribasini diqqat bilan o'rganib, qo'llash davomida topilgan kamchiliklarni tuzatish uchun konstruksiyaga tezkor kiritish: ekspluatatsiyalarni o'rganish asboblarni takomillashtirish va sozlashning eng yaxshi usuli hisoblanib, konstruktorning malakasini oshirishning samarali vositasidir;

- iste'molchi talablari darajasida saqlagan holda ommaviy ishlab chiqarish vaqtida asbob konstruksiyasini uzluksiz takomillashtirish va boshqalar.

Nazorat savollari:

1. Konstruksiyalash deganda nimani tushinasiz?
2. Loyiha va loyihalashtirishni qanday farqlari bor?
3. Konstruktorlik hujjatlariga nimalar kiradi?
4. Konstruksiyaning ishonchliligi haqida fikringizni bayon qiling.
5. Konstruksiyalashning umumiy qoidalarini nechta turkumga bo'linadi?
6. Konstruksiyalashning maxsus qoidalarini sanab bering?
7. Konstruksiyalashning maxsus qoidalariga nimalar kiradi?
8. Iqtisodiy samaradorlikni oshirish deganda nimni tushinasiz?

1.5. Konstruksiyalash jarayoni

Asbobni konstruksiyalash jarayoni konstruktorlik yechimning birlamchi varianti shakllanganda, ya'ni - texnik taklif (TT) dan boshlanadi. Ko'p hollarda (TT) ning birinchi varianti erkin shakllanadi, ya'ni texnik topshiriqdagi texnik talab ishlab chiqarilayotgan vaqtda. Texnik talab shunday yozilishi kerakki, ishlab chiqarilayotgan obyektga va xayoliy obrazga tayangan holda real ishni bajarish kerak. Bunday obrazning amaliy asosi qilib, ungacha yaratilgan konstruksiyada yetishmagan yoki ortiqchasi mavjud konkret prototip olinadi.

Konstruktor obrazlarni xayol qiladi va ularni og'zaki yoki matematik (formula yoki aniq sonlar) yoki grafikli (rasmlari yoki chizmali) ko'rinishlarda izohlaydi.

o'lchash asboblari konstruksiyalashda odatda, boshqa qurilmalar bilan solishtirilganda, konstruksiya qismlari orasidagi funksional ichki aloqani (mexanik va fazoviy aloqalardan tashqari murakkab elektr aloqa) o'rnatish va turli fizik maydonlar ta'sirini chegaralash kabi murakkab masalalarni yechish bilan farqlanadi.

Umuman olganda, asbob sohasida texnik yechimni qidirish, remont talablikni hisobga olgan holda ishonchlilikni oshirish va mahsulot ishlab chiqish uchun texnik topshiriqdagi bir-biriga teskari talabni qondirishda turg'un kelishuvni matematik-mantiqiy tanlov asosida olib borishga asoslangan. Shuningdek, odam mashina tizimining xususiyatlarini hisobga olish zarur.

Texnik yechimni qidirishda patent - huquqli xususiyatini hisobga olish, standartlashtirish, unifikatsiyalash va texnologik afzallik talabi orqali namoyon bo'ladigan, maksimal iqtisodiy samaradorlik talabi bilan chegaralangan, sanoat ishlab chiqarish sharoitiga to'g'ri keladigan yechimni topish zarur.

Asbob konstruksiyasi unga kiruvchi, aloqasi qat'iy reglamentlangan ko'plab elementlardan, elementlar xususiyatining yig'indisiga teng xususiyatlarda aniq namoyon bo'lgan strukturali gradatsiya hosil qiluvchidan tashkil topgan. Konstruksiyalash jarayonida variantlarni ko'plab yaratish zarur. Shundan keyin variantlar tanlovi olib boriladi. Asbobning har bir variantini analiz qilib ularni

yuqori koeffitsiyentlarini hisobga olgan kriteriyalar bo'yicha kompleks baholash amalga oshiriladi; sintez qilish bilan esa shakl, o'lcham va mahsulot tarkibini aniqlash, tarkibiy elementlar va ular bir-biri bilan, atrof-muhit bilan, odam - operator bilan aloqalarni loyihalashni amalga oshirishi mumkin.

Texnik yechimni qidirish vaqtida kompromis yechimni qabul qilish muhimdir. Kompromis yechimni intuitsiya deb nomlangan fikrlash jarayoni asosida, konstruktorning rivojlangan intellektual xususiyatlaridan professionallik va mutaxassisligini qo'llash orqali topish mumkin.

Intuitsiya - bu ko'p kriteriyali optimallashtirishga erishish yo'lida ongsiz kelib chiqadigan, oldin yig'ilgan tajribadan olingan ma'lumotlarni tafakkurga bog'liq bo'lmagan holda qayta ishlash demakdir. Intuitsiya quruq yerda emas, tajribada vujudga keladi.

Intuitsiya effektivligi insonning tabiiy xususiyatlariga bog'liq. Bu xususiyatni konstruktor o'zining ustida ishlash bilan rivojlantirishi kerak. Bunda o'zidagi 7 ta asosiy intellektual xususiyatlarni ishga solishi kerak:

- 1) eruditsiya- mavjud bilimlar hajmini, aqliy potensial;
- 2) xotira - foydali ma'lumotlarni yig'ish, kuzatuvchanlik va ikkinchi darajali kuzatuvlardan eng asosiysini ajrata bilish;
- 3) vaziyatni to'g'ri baholay olish, maqsad yo'lida o'z manfaatlaridan kecha olishlik;
- 4) boshqalar nuqtai-nazarini tushunish;
- 5) ko'z oldiga keltira olish;
- 6) fikrni aniq, boshqalar tushunadigan darajada, aqliy xulosalarni bayon eta olishlik;
- 7) qiziquvchanlik, qiyinchiliklarni eng a olishlik.

Konstruktorning talanti aqlli yechimlar topa olishi bilan emas, ko'plab mavjud yechimlar ichidan eng sodda va iqtisodiy yechimni tanlay olishi bilan o'lchanadi. Konstruksiya yechimining soddaligi ishonchlilik garovidir.

Asbob konstruksiyasi tizim sifatida

Asbob konstruksiyasini tizim sifatida ko'rish turli asboblarning va unga talab qilingan usulni konstruksiyalashda yagona yo'lni ta'minlashda aniq bir xulosa va cheklashlarni shakllantirish zarur bo'lgani uchun foydalidir.

Tizim tushunchasi texnikada berilgan funktsiyani tadbqiq qilish uchun mo'ljallangan obyektlarning murakkab yig'indisi va ular orasidagi aloqani anglatadi. Texnik ko'rinishda tizim real voqelikni chegaralangan doirada, atrof-muhit bilan birgalikda harakat qiluvchi, aniq bir funktsiyani bajaruvchi va strukturali ko'rinishda namoyon bo'ladi.

Asbob o'zining funktsiyasini faqat talab qilingan harakat prinsipiga to'g'ri keladigan qilib ko'rilganda bajarishi mumkin. O'zaro munosabatlar bilan bog'liq

elementlardan tashkil topgan tizimning ichki tuzilishi struktura deyiladi.

Tizimlar nazariyasi nuqtai nazaridan elementlar tizimning tashkil qiluvchi qismlaridir. Ular o'zidan past tartibdagi elementlarga bo'linishi mumkin bo'lmagan holda mavjuddir (jadval 1.1).

1.1. jadval

Tizimlar nazariyasi nuqtai nazaridan elementlar tizimning tashkil qiluvchi qismlaridir.

Murakkablik sathi	Misol
Asboblarning tizimi	Tajribaviy qurilma, ma'lumotli o'lchash tizimi va boshqalar.
Asbob Tugun Qism Faol yuza	Raqamli voltmeter. Ozuqa bloki, rele, kuchaytirgich, indikator. Vint, gayka, val, prujina. Tekislik, silindr, sfera, doira.

Asbobning strukturasi, tizim sifatida, turli abstraksiyalashgan (mavhumlashgan) sathlar va turli qo'llanmalar ko'rinishida yozilishi mumkin. Ishlab chiqarish bosqichi va maqsadiga bog'liq holda birinchi o'ringa strukturaning u yoki bu xususiyatini ajratib olish mumkin.

1.2- jadval

Ishlab chiqarish bosqichi va maqsadiga bog'liq strukturaning xususiyati

Abstraksiyalovchi sathlar	Ta'rif	Ta'riflovchi qo'llanma
Harakat prinsipi	Tarkibida fizik-texnik effekti bo'lgan strukturaning mavhum ko'rinishi	Graf, funksional sxema
Funksional struktura	Funksional elementlar va ularning aloqasi mavjud strukturaning mavhum ko'rinishi	Graf, funksional sxema

Konstruksiyalash jarayonida asbob stukturasini ta'riflashda olingan oraliq va yakuniy natijalar, konstruktor uchun yordamchi uslubiy qo'llanmalar zarur.

Strukturani ta'riflashda mavhum sathlardan foydalaniladi (jadval 1.2).

Asbobning geometrik ko'rsatmalari va materialini ko'rsatuvchi ta'rifi 1.3-jadvalda ko'rsatilgan.

1.3- jadval

Asbobning geometrik ko'rsatmalari va materialini ko'rsatuvchi ta'rifi

Texnik prinsip (ish prinsipi va qo'llash doirasi)	Funksional muhim konstruktiv elementlar va ular orasidagi munosabat geometriyasi va materialini aniqlovchi strukturaning mavhum ko'rinishi	Prinsipial sxema
Texnik loyiha	Texnik mahsulotning materialini va geometriyasini miqdoriy aniqlovchi strukturaning ta'rifi	Texnik chizma (KXYaT da standartlashtirilgan)

Nazorat savollari:

1. Asbobni konstruksiyalash jarayonida texnik taklif (TT) haqida fikringizni bayon qiling.
2. Asbobni konstruksiyalash jarayonida texnik yechim qidirishda nimalarni inobatga olish muhim hisoblanadi.
3. Intuitsiya tushinchasini ta'riflang.
4. Struktura tushinchasini ta'rifini keltiring.
5. Texnik prinsip (ish prinsipi va qo'llash doirasi) ni ta'riflab bering.
6. Asbob, tugun, qism, faol yuza tushinchalariga misollar keltiring.
7. Abstraksiyalashgan (mavhumlashgan) sathlarni ayting va ta'riflarini keltirib o'ting.
8. Tizim tushunchasini ta'riflab bering.

1.6. Konstruksiyalash bosqichlari

Ishlab chiqish - aniq bir talablar kompleksini qoniqtiradigan yangi ilmiy natijalarni olish jarayondir. U murakkab va yetarli darajada uzoq cho'ziladigan jarayondir.

o'lchash asbobini ishlab chiqish loyiha ishlaridan boshlanadi. Loyiha ishlarining natijasi - (nazariy yoki tajribaviy) ishlab chiqishning oxirgi bosqichida, ishlab chiqilgan konstruksiyani ishlab chiqarish uchun asos bo'ladigan ishchi yechimni olishga imkon yaratadi.

Loyihaviy yoki ishchi yechim natijalari hujjatlarda yoritiladi. Ularning yig'indisi esa **konstruktorlik hujjatlari** deyiladi. Konstruksiyani boshlang'ich ishlab chiqishga tayyorlashdan oldin texnik topshiriq (TT)ni tuzish va tasdiqlash kerak. TT konstruksiyaga qo'yiladigan talablar kompleksi bilan ishni bajarish uchun chegaralangan muddatni o'z ichiga olish kerak. (GOST 2.103-82)

Ishlab chiqish bosqichlari konstruktorlik hujjatlarining choragini tashkil qiladi. Ishlab chiqish bosqichlarini ko'rsatamiz:

1. texnik topshiriq;

2. texnik taklif;
3. loyiha eskizi;
4. texnik loyiha;
5. ishchi konstruktorlik hujjatlari.

Texnik topshiriq - ishlab chiqilayotgan konstruksiyaning asosiy yo'nalishini, texnik tavsiflarini, sifat ko'rsatkichlarini va iqtisodiy talablarini, ishlab chiqishning umumiy muddatini o'z ichiga oladi. TT buyurtmachi bilan konstruksiyani ishlab chiquvchi o'rtasidagi qabul qilish topshirishdagi asosiy hujjat hisoblanadi.

TT quyidagi bo'limlarni o'z ichiga oladi:

1. Qo'llash doirasi va to'liq nomi;
2. Ishlab chiqishdan maqsad (birinchi marta yoki eskisini o'rniga), ishlab chiqish yo'nalishi, yechiladigan masalalar;
3. Ishlab chiqish uchun asos (konstruksiyani ishlab chiqishga asos bo'ladigan hujjatlar ko'rsatiladi, tasdiqlangan sana va boshqalar);
4. Konstruksiyaga qo'yiladigan texnik talablar.

Shu yerda texnik talablarga to'xtalib o'tamiz. Asosiy texnik talablar quyidagilardan iborat:

- o'lchanayotgan kattalikning turi;
- o'lchash chegarasi;
- boshlang'ich sezgirlik yoki kvantlash darajasi;
- ruxsat etilgan asosiy xatolik chegarasi;
- kattaliklarga ta'sir etish oralig'ida ruxsat etilgan asosiy xatolik chegarasi;
- kirishdagi zarur energiya darajasi;
- qutblanish va chegaralarni o'rnatish;
- tashqi ta'sirdan himoyalanganlik;
- tezkorlik ko'rsatkichi;
- ishchi rejim o'rnatilish vaqtiga talablar;
- o'lchanadigan kattalik indikatsiyasi;
- ozuqa manbaidan olinadigan quwat va elektr quwatga talablar.

Ba'zi bir konstruksiyalarga qo'yiladigan yana bir qator talablar mavjud:

- Tipovoy konstruksiyani qo'llash zarurligi;
- Ruxsat etilgan o'lchamlar;
- Ruxsat etilgan og'irliklar.

Ishonchlilikka qo'yilgan talablarni ko'rib chiqaylik. Bular quyidagilar: yaroqsizlikkacha bo'lgan davr va xizmat qilish muddati.

TT da ishlab chiqishning muhim bosqichlari, uni bajarish muddati hamda har bir bosqich uchun konstruktorlik hujjatlarining ko'rinishi va to'laligi

(komplektligi) ko'rsatiladi. TT loyihalashni boshlash uchun muhim yuridik hujjat hisoblanadi. TT kelishilgandan keyin javobgar shaxs tomonidan imzolanadi va muxr bosiladi.

Texnik taklif. Texnik taklif faqat texnik topshiriqda ko'zda tutilgan taqdirda ishlab chiqiladi. Texnik taklifning tarkibi va vazifalari GOST 2.118-82 "Texnik taklif"da o'rnatilgan. Bu bosqichda texnik topshiriqning alohida talablarini aniqlash va ishlab chiqariladigan konstruksiyaga qo'yilgan talablarni aniqlash maqsadida tahlil qilinadi. Bu bosqichda quyidagi ishlar bajariladi:

- Yechimning strukturali va sxemotexnik variantlarini aniqlash;
- Solishtirma tahlil va ko'rib chiqiladigan variantlarni baholash. Solishtirish mezonida texnik, iqtisodiy, estetik va ergonomik ko'rsatkichlarni hisobga olish, chet el va o'zimizda ishlab chiqarilgan texnikaning rivojlanish tendensiyasining kelajagini hisobga olish zarur. Yana ishlab chiqilgan asbobning metrologik ta'minoti, ishlov berishga qulayligi, bir xil shaklga keltirish va standartlashtirish darajasini hisobga olish zarur;
- Ko'rib chiqilayotgan variantlarning patent tozaligiga tekshirish va patentga talabnomani rasmiylashtirish;
- Texnik xavfsizlik talablariga to'g'ri kelmaydigan variantlarni aniqlash;
- Eng qulay (optimal) variantTM tanlash va asoslash (alohida hollarda tanlash mumkin bo'lmaganda - bir necha variantlarni), texnik topshiriq talablarini oydinlashtirish va ishlab chiqishning keyingi bosqichining ishlashiga zarur talablarni o'rnatish.

Har qanday ishlab chiqiladigan konstruksiya uchun texnik taklif bosqichi konstruktorlik hujjatlarining turi va to'raligi (komplektligi) GOST 2102.82 da reglamentlangan (belgilangan). Har bir konkret konstruksiya uchun konstruktorlik hujjatlar ro'yxati zarur va u texnik topshiriqda ko'rsatilishi kerak. Bu bosqichdagi zaruriy hujjat bo'lib texnik taklif qaydnomasi va tushuntirish xati xizmat qiladi. Texnik taklif qaydnomasida ko'rib chiqilayotgan bosqich uchun nazarda tutilgan hamma ishlar belgilanadi. Tushuntirish xatida esa ish natijalari aks ettiriladi.

Loyiha eskizi (LE). LE ning tarkibi va vazifalari GOST 2.119-82 Loyiha eskizda ko'rsatilgan. LE - mahsulotning ishlash prinsipi va uning konstruksiyasi haqida umumiy tasvvur beradigan yechimni o'rnatish maqsadida ishlab chiqiladi. Bu bosqichda quyidagi ishlar bajariladi:

- ✓ strukturali va funksional sxemalarni tuzish;
- ✓ prinsipial elektr sxemaning birinchi variantini tuzish;
- ✓ sxemali yechimni maketda tajribada tekshirish;
- ✓ konstruktiv yechimni va montaj yo'lini tanlash;
- ✓ parazit aloqalarni baholash, issiqlik rejimini sozlash va

ta'mirlash qulayligini o'rnatish uchun komponovka eskizlari tuziladi;

- ✓ tanlangan yechimni patent tozaligiga va konstruksiyaning bardoshlilikka tekshirish, ixtiroga talabnomani rasmiylashtirish;
- ✓ metrologik ta'minotga oid savollarni tahlil qilish;
- ✓ texnik va metrologik ishonchlilikni baholash.

Bu bosqichda ham qaydnoma va tushuntirish xati tuziladi.

Texnik loyiha. GOST 2.120-82. "Texnik loyiha"ga binoan, oxirgi texnik yechimni aniqlashga imkon beradigan sxema haqida to'liq tasvurga ega bo'lish maqsadida texnik loyiha bosqichi ko'rib chiqiladi. Bunda quyidagi ishlar bajariladi:

- ✓ maket tayyorlashga imkon yaratuvchi va ishchi hujjatni ishlab chiqish uchun natijaviy material beruvchi konstruktorlik hujjatlar to'plamini tuzish;
- ✓ konstruktorlik maketini tayyorlash va sinash;
- ✓ metrologik ta'minotni ishlab chiqish;
- ✓ sinov natijalari bo'yicha hamma texnik savollarning yakuniy yechimi va asbob konstruksiyasini aniqlash.

Ishchi konstruktorlik hujjatlari. Bu bosqichdan maqsad ishchi konstruktorlik hujjatlarini to'liq komplektini tayyorlashdir. Bu bosqichda quyidagi ishlar bajariladi:

- ✓ texnik topshiriqqa kengash himoyasidagi natijalar bo'yicha tuzatishlar kiritish;
- ✓ ishchi chizmalarni ishlab chiqish uchun konstruktorlik bo'limiga topshiriq berish;
- ✓ vaqtincha ishlatiladigan texnik shartlarni ishlab chiqish;
- ✓ konstruksiyaga pasport, ekspluatatsiya va tekshirish uchun yo'llanmalarni tuzish;
- ✓ tajriba namunasini tayyorlash va sinash.

Asbob shunday loyihalanadiki, bunda ma'lum chegaralar doirasida ish rejimining o'zgarishi texnik va birinchi navbatda metrologik tavsiflarini berilgan chegarada saqlanishi mumkin bo'lsin.

Asbob ishiga ta'sir ko'rsatuvchi omillarni ko'rsataylik:

1. Klimatik (harorat, namlik va hokazo);
2. Elektrik (turli elektr maydonlar);
3. Biologik (zamburug', chang, bakteriyalar va hokazo);
4. Mexanik (tebranish va boshqa mexanik ta'sirlar);
5. Vaqt (eskirish).

Nazorat savollari:

1. Konstruktorlik hujjatlari turini ayting.
2. Ishlab chiqish bosqichlarini nechta turga bo'linadi va ular qaysilar.
3. Texnik topshiriq hujjatlariga nimalar kiradi.
4. Ishchi konstruktorlik hujjatlari bosqichida qanday ishlar olib boriladi,
5. Ishchi konstruktorlik hujjatlarining maqsadi va vazifalari nimalardan iborat.
6. Texnik loyiha bosqichida qanday hujjatlar tayyorlanadi.
7. Loyiha eskizi (LE). LE ning tarkibi va vazifalari nimadan iborat.
8. Texnik taklif nima uchun ishlab chiqiladi va unda qanday ishlar bajariladi.
9. Texnik topshiriq bo'limlarini sanab bering.

1.7. Konstruksiyalash yechimini qidirish

Qidiruvni issiqlik o'zgartgichlarining sintezi misolida ko'rib chiqamiz:

Sintezning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

harakatning fizik prinsipini tanlash;

konstruksiya variantlarini aniqlash;

variantlarni tahlil qilish;

sifat kriteriyalarini aniqlash;

eng yaxshi variantni tanlash;

o'zgartgich parametrlarini qulaylashtirish.

Struktura va konstruksiyani o'rnatishda ko'p bosqichli sintez amalga oshiriladi. O'zgartgichning taqsimlangan issiqlik zanjirining optimal parametrlarini, uning elementlari va umuman konstruksiyasini aniqlash optimallashtirish mezonlariga to'g'ri keladigan qilib bajariladi.

Sintez tezlikning issiqlik o'zgartgich (TIO) optimal strukturasini tanlash masalasidan boshlanadi. Bu masalani yechishda graflı model usuli orqali bajarish maqsadga muvofiqdir. Parametrik sintez masalasini yechish uchun esa loyihalashning matematik usuli qulaydir. TIO optimal strukturasini tanlash uchun strukturalı sxema quriladi. Bunda kirishdagi kattalik oqim tezligi (gaz yoki suyuqlikning) bo'ladi, chiqishda esa - elektr kuchlanish (o'zgarmas yoki o'zgaruvchan).

TIO strukturalı sxemasi tuzilayotganda elektr, issiqlik, gidravlik va mexanik zanjirlar parametri hamda kattaliklari orasidagi o'xshashlik hisobga olinadi. Ular oqim tezligini elektr kuchlanishiga o'zgartirish jarayonida o'z o'rnini topadi. Ko'rsatilgan zanjirlar uchun kattalik va parametrlar keltirilgan. O'xshashlik uslubiga ko'ra quyidagi mezonlar to'plami bo'lishi kerak:

ta'sir ko'rsatish kattaligi U_i va reaksiya kattaligi I_i bilan ko'paytmasi zanjir tabiatidan qat'iy nazar quvvat birligida o'lchanadi;

$$I_i = \frac{U_i}{R_i} \quad (1.12.)$$

$$U_i \cdot \frac{U_i}{R_i} = \frac{U_i^2}{R_i} = P_i(Wt) \quad (1.13.)$$

$$I_i = \frac{U_i}{R_i} \quad (1.14.)$$

2. I_i reaksiya kattaligi vaqt bo'yicha zaryad q_i kattaligining birinchi hosilasiga teng:

$$I_i = \frac{dq}{dt} \quad (1.15.)$$

3. ta'sir ko'rsatish kattaligi U_i vaqt bo'yicha impuls P_i kattaligining birinchi hosilasiga teng

$$I_i = \frac{dP_i}{dt} \quad (1.16.)$$

4. qarshilik parametri R_i ta'sir ko'rsatish kattaligi U_i bilan reaksiya kattaligining I_i orasidagi munosabatga teng:

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{1}{G_i} \quad (1.17.)$$

5. induktivlik parametri L_i impuls P_i kattaligi bilan reaksiya I_i kattaligi orasidagi munosabatga teng

6. sig'im

$$L_i = \frac{P_i}{I_i} = \frac{1}{D_i} \quad (1.18.)$$

parametri C_i Q_i bilan U_i

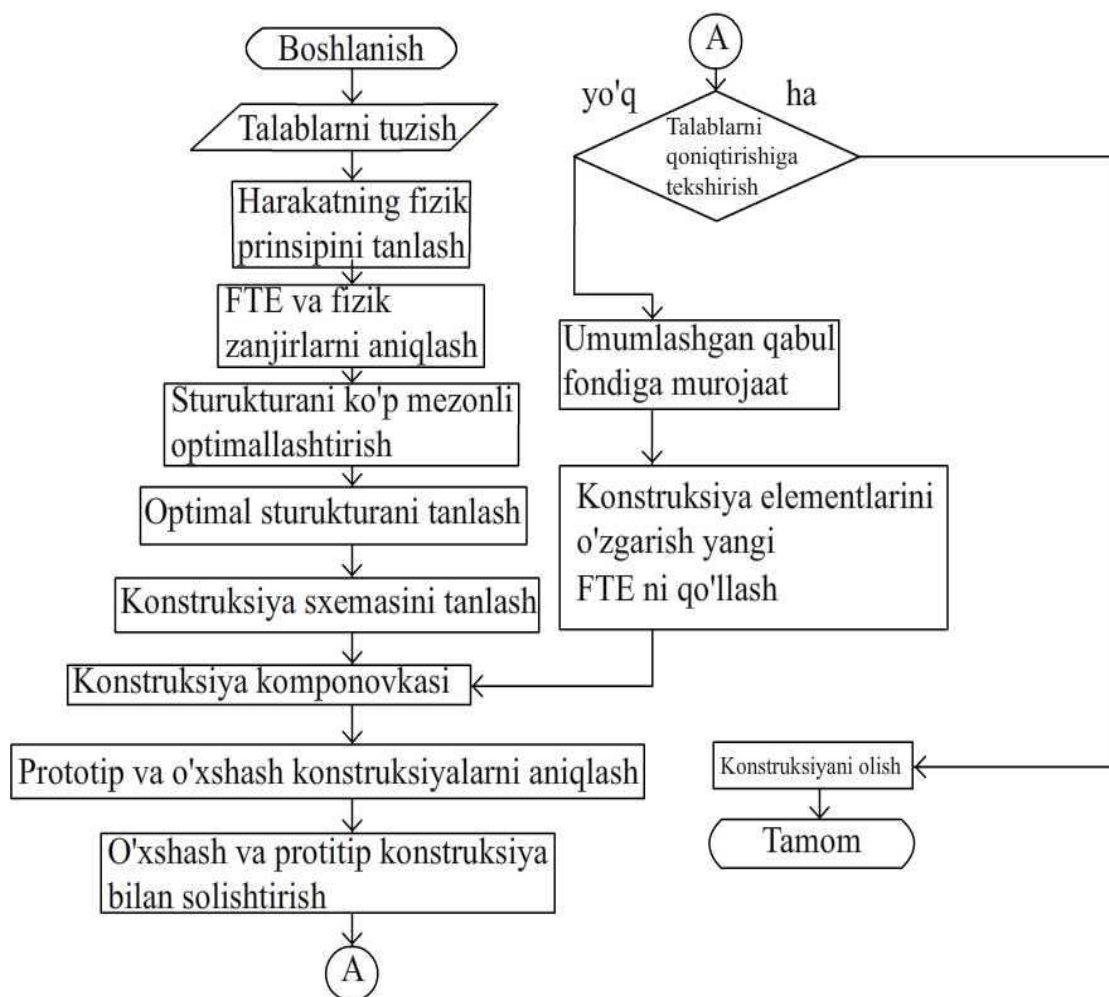
$$C_i = \frac{Q_i}{U_i} = \frac{1}{W_i} \quad (1.19.)$$

$$C_i = \frac{Q_i}{I_i R_i} \quad (1.20.)$$

Bu yerda D_i - deduktivlik parametri; W_i - qattiqlik parametri.

TIO' sxemalari mavjud parametrik strukturali sxemalar topografiyasini qurish uchun quyidagi asosiy gidromexanoissilik va elektro fizik - texnik effektlar (FTE) issiqlik - qo'laniladi:

- 1) gaz yoki suyuqlik oqimi tezligining I_{ml} tashqi issiqlik o'tkazuvchanlikka G_t nisbatan o'zgarish FTE si: $G_t = K_{1_{ml} G_t} \cdot I_{ml}$;
- 2) tashqi issiqlik qarshiligi R_T , o'zgarish FTE si: $U_T = R_T I_T$
- 3) elektr reaksiyani (tokni) I_e issiqlik reaksiyasiga nisbatan I_i o'zgarish FTE si: $I_e = K I_i I_T$;
- 4) elektr qarshilik R_e o'zgarishini FTE si: $U_e = I_e R_e$.
- 5) elektr o'tkazuvchanlik o'zgarishini FTE si: $I_e = G_e U_e$;
- 6) elektr qarshiligiga R_e nisbatan issiqlik ta'siri U_t (harorat) o'zgarishining FTE si: $R_e = K_{U_t} U$;
7. Zeebek effekti (termo EYUK): $U_e = K_{U_T U_e} U_T$ va boshqa fizik-texnik effektlar.



1.9. rasm. Konstruksiya yechimini olish sxemasi

Konstruksiyaning optimal strukturasini tanlash

Asosan elementar o'lchash o'zgartgichlarining soni - zanjirlararo va zanjir ichidagi FTE soni, fizik tabiati bir xil bo'lgan zanjir ichidagi parametrlar soni va asosiy FTE ($(I_{ml} - G_T)$) lar texnik tadbirlar soni bilan aniqlanadi. Ular bir-biridan

shakli, elementlarning o'lchami, soni, bog'lanish xarakteri, elementlar orasidagi aloqa, elementlarning joylashishi va boshqa belgilari bilan farq qilishi mumkin.

Shunday qilib, TIO' optimal strukturasi tanlash, o'zgartgichning texnik jihatdan amalga oshirish variantlarini qidirish va aniqlash ko'p kriteriyali optimallashtirish yordamida bajariladi.

Tahlil shuni ko'rsatadiki, TIO' ning turli tiplari butun bir sinf uchun bitta umumiy o'zgartgichning fizik prinsipiga asoslangan. Shuning uchun sodda o'zgartgichning optimal strukturasi tanlash uchun texnik yechimning mumkin bo'lgan variantlari ichidan optimallashtirishni o'tkazish zarur. Keltirilgan topogramмага binoan sodda o'lchash o'zgartgichlarining soni issiqlik ta'siri (U_u) ni elektr ta'siri U_e ga nisbatan o'zgarishining fizik prinsipining kattaligi yetarlicha katta. Bu berilgan FTE ning texnik amalga oshirish tavsiflari bo'yicha o'rtachalashtirishga binoan harakatni har bir fizik prinsipini o'rnatish imkonini beradi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, FTE matematik modeli ($I_{ml} - G_T$) issiqlik o'tkazgichining shakli, o'lchami, kirish va chiqish kattaliklarining o'zgarish diapazoni, g , r , va c parametrlarini va boshqalar bilan farqlanadigan turli texnik yechimlarni beradi.

FTE ning u yoki bu texnik yechimini, alternativ variantlar ichidan qidirish texnik yechim variantlarini ko'p mezonli optimallashtirish asosida ekspluatatsion tavsiflar yig'indisi bo'yicha amalga oshirish mumkin. Sezgirlik (s), diapazon (D), ishonchlilik (λ), xatolik (γ), o'zgarish vaqt (τ).

Nazorat savollari:

1. Konstruksiyalash yechimini qidirishni nima misolida ko'rib chiqishimiz mumkin.
2. Sintezning asosiy vazifalarini sanab bering.
3. Optimal strukturani tanlash qanday amalga oshiriladi?
4. Tezlikning issiqlik o'zgartgichning (TIO') qanday turlarini bilasiz?
5. Qanday asosiy fizik - texnik effektlar (FTE) ni bilasiz?
6. q_i kattaligining birinchi hosilasi nimaga teng?
7. Zeebek effektini tushuntirib bering.
8. TIO' strukturali sxemasi tuzilayotganda qanday parametrlarni hisobga olish kerak.
9. Parametrik sintez masalasini yechish uchun qanday usul qulay hisoblanadi.
10. Tashqi issiqlik qarshiligi R_T , o'zgarish FTE sini topish formulasini tushintirib bering.

1.8. Optimallashtirish masalalari

Optimallashtirish masalasini elektromagnit o'zgartkich misolida ko'rib chiqaylik. Yuqori metrologik tavsifli chiziqli va burchakli siljish elektromagnit o'zgartgichlari (EMO'J quyidagi optimallashtirish masalalar yechimini talab qiladi:

- asosiy elementlar birikmasining optimal strukturasi tanlash. Ular EMO' ning funksional vazifasini to'liq amalga oshiradi.
- elementlarning optimal o'lchamlarini va ularni joylashtirish joyini tanlash.

Birinchi masala EMO' ni strukturali optimallashtirish asosini tashkil qiladi. Ikkinchi masala esa parametrik optimallashtirishdir.

EMO' ni qurish tamoyillarining tahlili shuni ko'rsatadiki, ko'pchilik konstruksiyalar quyidagi asosiy elementlardan iborat: magnit oqim manbai, magnit o'tkazgichlar, magnitosezgir elementlar va kirish kattaligining ta'sirini qabul qiluvchi elementlar.

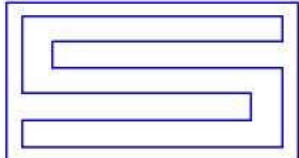
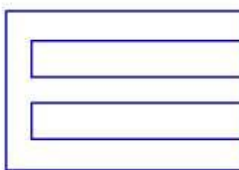
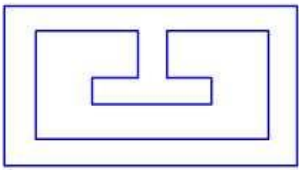
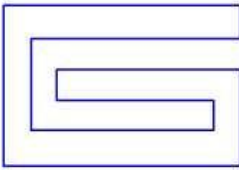
EMO' strukturasi tanlashni yengillashtirish uchun EMO' ning ma'lum bo'lgan asosiy elementlar bankini tuzish zarur, shunda berilgan talablarga to'g'ri keladigan EMO'ning aniq strukturasi tanlash jarayonini ishlab chiqilgan strukturalar banki ichidan tanlashga keltirilgan bo'ladi. Shu maqsadda EMO'ning asosiy elementlarining morfologik jadvali ishlab chiqilgan. Bu jadvalda keng qo'llaniladigan asosiy elementlarning texnik tadbiq etilishi berilgan. Asosiy elementlarni texnik tadbiq etish variantlari sifat ko'rsatkichlari bo'yicha taqsimlangan. Bunga quyidagi ko'rsatkichlar kiritilgan: 1-sezgirlik; 2-narxi; 3-ishonchlilik; 4-xatolik; 5-nochiziqlilik; 6-diapazon; 7-tezkorlik; 8-og'irlik.

Tavsiflar taqsimoti EMO' ni ishlab chiquvchi, ekspert-mutaxassislar tomonidan o'tkazilgan. Berilgan talablar bo'yicha EMO' strukturasi tanlash 2.5-rasmda keltirilgan algoritm orqali amalga oshiriladi. Shuni aytib o'tish kerakki, alohida elementlarni taqsimlash asosida EMO' strukturasi tanlash va keyinchalik konstruksiya variantlarini taqsimlash EMO' ning yakuniy konstruksiyasini hali bermaydi. Chunki bu etapda ma'lum elementlarning mexanik bog'lanishlari muhim o'rin tutadi. Lekin shu etapning o'zida EMO' konstruksiyasining birinchi 5-10 variantlarini mavjud umumlashgan usullar bilan solishtirish uchun ajratib olish mumkin. Bu asosiy tavsiflarni yaxshilashga va EMO' ning zarur bo'lgan konstruksiyasini olishga imkon beradi. EMO' konstruksiyasining kompanovkasi buyurtmachining texnologik, iqtisodiy, texnik dizayn va boshqa talablarini qondirishga yo'naltirilgan bo'ladi. EMO' konstruksiyasining kompanovkasi umumlashgan usullari bilan birgalikda ijodiy jarayondir va bu yerda muhandislik ijodining ma'lum hamma usullarini qo'llash mumkin bo'ladi. Kompanovkadan maqsad bir-birini qaytaruvchi tugun va qismlarning ortiqchasini olib tashlash, bir

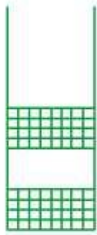
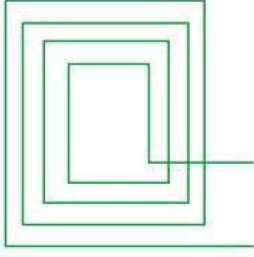
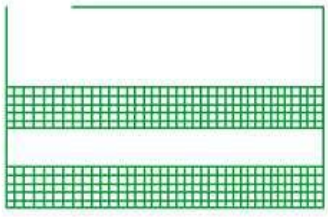
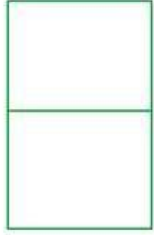
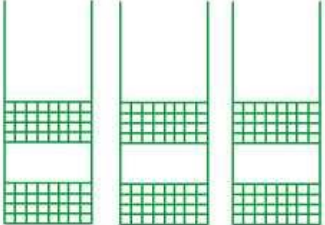
necha elementlarni bitta elementda yoki konstruktiv tugunlarda joylashtirish. Mumkin bo'lgan variantlar soni bir necha mingdan oshib ketishi mumkin bo'lgani uchun, EMO' optimal strukturasi izlash EHM yordamida bajariladi.

EMO' strukturasi tanlanganidan keyin elementlar optimal o'lchami va ularni joylashtirish o'rni tanlashga o'tiladi.

EMO' ning hamma asosiy tavsiflari magnit o'tkazgichning taqsimlangan magnit zanjiri bo'ylab magnit oqimlar $F_{\mu}(x)$ va magnit kuchlanish $F_{\mu}(x)$ ning taqsimlanish qonuniga bevosita bog'liq. O'z navbatida $F_{\mu}(x)$ va $F_{\mu}(x)$ taqsimlanishi havoli bo'shliqning $g_{\mu}(x)$ magnit o'tkazuvchanligining uzunlik solishtirma birligi, magnit o'tkazgich po'latining magnit qarshiligi, magnit sezgir element tipini, rejimini va chiqish signalini qayta ishlash sxemasini hisobga olgan ma'lum qonun bo'yicha o'zgarishini parametrik optimallashtirish masalasida hisobga olinadi. Umumiy holda EMO' ni loyihalash 2 masaladan iborat. Taqsimlangan magnit zanjirini loyihalash va EMO'ni kompleks loyihalash, ba'zi hollarda bu 2 masalani yagona masalaga birlashtirish mumkin, chunki magnitosezgir element sifatida ishlatilgan o'lchash chulg'ami, o'lchash sxemasi bilan uyg'unlashgan bo'ladi.

Elektromagnit siljishli o'zgartkich						
1. Magnit o'tkazgichning formasi va tipi						
P-simon			S-simon kesimli			
	5	1		1	1	
	1	2		5	2	
	1	3		4	3	
	5	4		2	4	
	5	5		3	5	
	1	6		3	6	
	2	7		5	7	
	1	8		5	8	
Trubasimon			T-simon ishchi uchastkali			
	4	1		2	1	
	3	2		4	2	
	3	3		5	3	
	3	4		1	4	
	1	5		2	5	
	2	6		5	6	
	3	7		4	7	
	3	8		4	8	
B-simon						
	3	1	sezgirlik	1		
	2	2	bahosi	2		
	2	3	ishonchlilik	3		
	4	4	xatolik	4		
	4	5	nochiqlilik	5		
	4	6	diapazon	6		
	1	7	tezkorlik	7		
	2	8	og'irlik	8		

EMO' ni parametrik optimallashtirishning o'ziga xosligi shuki, ularni loyihalashda qurish tamoyiliga bog'liq holda magnit oqimlarning 2 tipini optimallashtirish zarur: birinchisi - bu po'lat sterjen bo'ylab magnit oqimi $F_2(x)$, ikkinchisi esa - bu yassi o'lchash chulg'amli o'zgartgich ishchi uchastkalaridagi havoli bo'shliqdan o'tuvchi magnit oqim.

Elektromagnit siljishli o'zgartkich					
2. Qo'zg'atish cho'lg'ami					
P-simon			Sirtmoqli		
	5	1		1	1
	1	2		5	2
	1	3		4	3
	5	4		2	4
	5	5		3	5
	1	6		3	6
	2	7		5	7
	1	8		5	8
Trubasimon			Magnit ishchi uchastkali		
	4	1		2	1
	3	2		4	2
	3	3		5	3
	3	4		1	4
	1	5		2	5
	2	6		5	6
	3	7		4	7
	3	8		4	8
B-simon					
	3	1	sezgirlik bahosi ishonchlilik xatolik nochiqlilik diapazon tezkorlik og'irlik		
	2	2			
	2	3			
	4	4			
	4	5			
	4	6			
	1	7			
	2	8			

Ko'pchilik birinchi guruh EMO' uchun loyihalash masalasini quyidagicha ifodalash mumkin: magnit o'tkazgich tipi, qo'zg'atish manbaining tipi berilgan. Quyidagi funksiyaning minimal qiymatini ta'minlash uchun parametrlarning optimal vektorini $a(u) \in D_a$ topish talab qilinadi.

$$I[x, a(y)] = \min \sum_{i=0}^{i=N} B - Ax_i - f(x_i), i = 0, N \quad (1.21.)$$

yoki

$$I[x, a(y)] = \min \max \{B - Ax_{opt} f(x_{opt})\} \quad (1.22.)$$

Optimallashtirish natijasida oqim taqsimlanishining chiziqliligini ta'minlovchi magnit o'tkazgichning geometrik parametrlari (eni b, qalinligi h, havoli bo'shliq

balandligi h va boshqalar) aniqlanadi. Ikkinchi guruh EMO‘ magnit o‘tkazgichining berilgan tipi uchun havoli bo‘shliqdagi magnit oqimning maksimal bir tekisligini ta‘minlash zarur. Bu o‘z navbatida yuqori sezgirlik va EMO‘ statik tavsiflarning chiziqliligini ta‘minlaydi.

$$I[x, a(y)] = \min \sum_{i=0}^{i=N} [\Phi(x_o) - \Phi(x_i)] \quad (1.23.)$$

yoki

$$I[x, a(y)] = \min \max [\Phi(x_o) - \Phi(x_{opt})] \quad (1.24.)$$

$$U_{\max} = f[X_{kir}, a(y)], X_{kir} \in [X_{bx \min} X_{bx \max}], \bar{a} \in D_{\bar{a}} \quad (1.25.)$$

bu yerda: $\bar{a} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_k\}$ - ruxsat etilgan parametrlar.

Shunday qilib, funksiya $I[x, a(y)]$ minimallashtiriladi.

Maksimal tezlikni ta‘minlash masalasi quyidagiga olib kelinadi:

$$\max S = \max \left(\frac{dU_{chiq}}{dU_{kir}} \right) \quad (1.26.)$$

Statik tavsiflarning chiziqliligi va aniqligi bo‘yicha EMO‘ ni loyihalashda nochiziqlilik darajasini quyidagicha ifodalash mumkin: TJ

$$\beta = 0.5 \frac{U_{chiq}(X_{kir}) - \frac{U_{chiq}(X_{kir \max}) - U_{chiq}(X_{kir \min})}{X_{kir \max} - X_{kir \min}}}{U_{chiq}(X_{kir \max}) - U_{kir}(X_{kir \min})} \quad (1.27.)$$

Minimallashtirilayotgan funksiyaning ko‘rinishi

$$I[X_{kir}, a(y)] = \min \beta_{\max} \quad (1.28.)$$

EMO‘ ning muhim tavsiflaridan sezgirlik, nochiziqlilik va tezkorlik ekanligini e‘tiborga olsak, unda EMO‘ ni loyihalash kompleks mezonlar bo‘yicha amalga oshirilishi mumkin.

- “sezgirlik-tezkorlik”

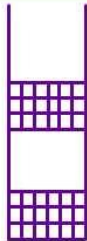
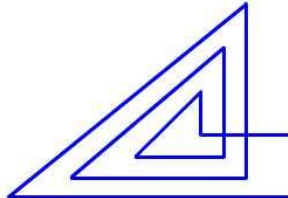
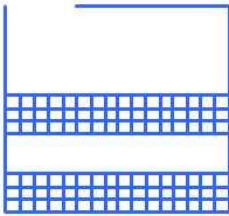
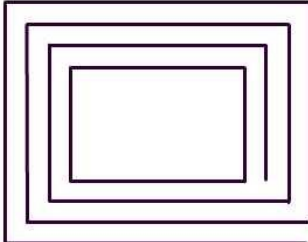
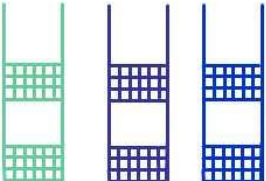
$$I = \left[X_{kir}, \bar{a}(y) \right] = \max \frac{S}{T_E} \quad (1.29.)$$

- “sezgirlik-aniqlik”

$$I = \left[X_{kir}, \bar{a}(y) \right] = \max \frac{S}{\beta_{\max}} \quad (1.30.)$$

- “sezgirlik-tezkorlik-aniqlik”

$$I = \left[X_{kir}, a(y) \right] = \max \frac{S}{\max T_E} \quad (1.31.)$$

Elektromagnit siljishli o'zgartkichi					
3. O'lchash cho'lg'ami					
1.1 P-simon			1.4 Silliqli uchburchakli		
	5 1 1 5 5 1 2 1	1 2 3 4 5 6 7 8		2 4 1 3 5 3 1 2	1 2 3 4 5 6 7 8
1.2 Trubasimon			1.5 Tekis sirtmoqli		
	3 2 4 1 3 1 4 4	1 2 3 4 5 6 7 8		1 5 2 2 4 4 2 3	1 2 3 4 5 6 7 8
1.3 diskret taqsim o'l. chulg'ami					
	4 5 3 4 1 2 5 5	1 2 3 4 5 6 7 8	sezgirlik bahosi ishonchlilik xatolik nochiziqlilik diapazon tezkorlik og'irlik		
				1 2 3 4 5 6 7 8	

Nazorat savollar:

1. Optimallashtirish deganda nimani tushunasiz?
2. Optimallashtirish masalasini qanday misollarda ko'rib chiqish mumkin?
3. EMO' ni parametrik optimallashtirishning o'ziga xosligi nimadan iborat.

4. EMO‘ ning hamma asosiy tavsiflari qanday qonunlarga bevosita bog‘liq.
5. EMO‘ ning muhim tavsiflarini sanab bering.
6. Optimal strukturani tanlash qanday amalga oshiriladi?
7. EMO‘ konstruksiyasining kompanovkasi buyurtmachining qanday talablaridan kelib chiqiladi.
8. Elektromagnit siljishli o‘zgartgichi qanday ko‘rinishlarda bo‘ladi?

1.9. Patentga loyiq konstruksiyalarni aniqlash

Ikki turdagi mulk mavjud: intellektual (aqliy) va sanoat.

Odamsot o‘z tabiatiga ko‘ra jismoniy jihatdan eng mukammal mavjudod emas, lekin insonda eng kuchli imtiyoz - uning intellekti mavjud.

Intellekt - insonni hayvonat dunyosidan ajratib turadigan asosiy belgi bo‘lib, rivojlanishni sifat jihatidan yangi pog‘onaga ko‘taradi. Intellekt so‘zi lotincha (**intellectus** so‘zidan kelib chiqqan bo‘lib, inson aqli, ongi, fikrlash) qobiliyatini bildiradi. Inson hayotining maqsadi - eng yaxshi narsalarga intilishdir. Ibtidoiy tuzumdan, ya‘ni ilk mehnat qurollari yaratilgandan boshlab inson har doim o‘zining turmush tarzini yaxshilash, o‘z ijodiy salohiyatini oshirish yo‘llarini tinimsiz izlab kelgan. Shuning uchun ham qadim zamonlardan insoniyat jamiyatida birinchi olimlar, ixtirochilar, rassomlar va musiqachilar paydo bo‘lgan. Ular insonlar hayoti va turmushini yengillashtiruvchi asbob-uskunalar ixtiro qilishgan, chorvachilik va qishloq xo‘jaligini o‘zlashtirib, atrof-muhitdan himoyalaniish uchun uylar qurishgan, yuklarni tashish vositalarini o‘ylab topib, dengizdan suzish uchun kemasozlik bilan shug‘ullanishgan va bu bilan texnik, iqtisodiy va madaniy taraqqiyotni ta‘minlab kelishgan.

Intellektual faoliyat insoniyat jamiyati rivojlanishining asosiy sababidir. Intellektual faoliyatning eng muhim turlari fan, san‘at va texnik ijodiyot, xalqlar va millatlar, davlat va sivilizatsiyalar rivojining doimiy yo‘ldoshidir.

Insoniyat jamiyati o‘z boshidan quldorlik, feodalizm, kapitalizm, sotsializmni kechirdi. XXI asrning boshida asosiy rivojlantiruvchi kuchi raqobat bo‘lgan bozor iqtisodiyoti tizimi ekanligi tan olindi.

Hamma vaqt ham raqobat kurashida kim intellektual imkoniyatlar va intellektual faoliyat natijalaridan unumli foydalana olsa, faqat o‘sha muvaffaqiyatga erishishi mumkin.

Bundan shunday mantiqiy xulosa chiqadiki, insonning bilim olish, ixtiro qilishga tabiiy intilishi va ijodi mahsulidan iqtisodiy samara olinishi bir-biriga mos kelgandagina u o‘zining ijodiy salohiyatidan oqilona foydalana oladi, shu bois doimiy izlanishdan manfaatdor bo‘ladi.

Faqat mulk egasigina o‘z mulkidan yuqori darajada samarali va oqilona foydalanib, uni boshqara oladi. Bunday iqtisodiy rag‘batlantirishning eng maqbul

usuli shundan iboratki, inson o'z intellektual salohiyati natijalariga mulkchilik huquqiga ega bo'lishi, ya'ni intellektual mulkka egalik qilishi kerak. Zero undan boshqa hech kim bu natijalarga xo'jayinlik qila olmasin. Faqat uning o'zigina intellektual ijodi natijalaridan o'z istagicha foydalanish va boshqa shaxslarga sotish borasida mutloq huquqqa ega bo'ladi.

Shu yerda biz hozirgi vaqtda jahondagi eng muhim tushunchalardan biri hisoblangan intellektual mulk tushunchasiga duch kelamiz. Xo'sh, intellektual mulkning o'zi nima va uni qanday o'lchash mumkin?

Eng avvalo, intellektual mulk intellektual faoliyat natijasidir. Barcha intellektual faoliyat ham intellektual mulk bo'la olmasligi aniq. Inson fikrlaydi, uning xayolida behisob g'oyalar, loyihalar tug'iladi, lekin ularning hammasi ham hayotda amalga oshmay qolib ketadi. Faqat boshqalar tomonidan obyektiv ravishda qabul qilinadigan, ya'ni o'zining muayyan chegaralariga ega bo'lgan g'oya va fikrlargina mulk bo'la olishi ravshandir.

Intellektual faoliyatning keyinchalik qandaydir biror-bir obyektiv (moddiy) shaklda ifodalana oladigan natijalarigina intellektual mulk bo'ladi, deb aytish mumkin.

Bunda iqtisodiy rivojlanishdan manfaatdor davlatning asosiy vazifasi har bir kishining o'z intellektual mulkiga egalik qilish va undan foydalanish huquqi ishonchli muhofazalanadigan tizimni ta'minlashdan iborat.

Intellektual mulkning o'ziga xos xususiyati o'z egalariga foyda keltirishdan iborat, demak, mulk egalarining o'z mulkiga mutloq huquqi muhofazalangan holdagina butun jamiyat foydasiga xizmat qila oladi. Xulosa shuki, intellektual mulk huquqlariga rioya qilmasdan turib XXI asrda ilmiy - texnikaning rivojlanishiga kengyo'l ochib bo'lmaydi.

Lekin intellektual mulk huquqlariga rioya etish bilan masala oxirigacha hal bo'lmaydi. Jahonda nohalol raqobat kurashi tobora avj olib borayotgani kuzatilmoqda. Har bir davlat nohalol raqobat kurashining oldini olish uchun qanday mexanizmlarni ishga solishi kerak?

Tarixdan ma'lumki, eng ishonchli mexanizm bu huquq bo'lishi mumkin, zotan aynan huquqiy mexanizmlar intellektual mulkni muhofazalashga ishonchli va madaniy yondashuvni ta'minlaydi.

Lekin davlat tomonidan kafolatlanadigan ishonchli muhofaza bu masalaning bir tomoni, xolos. Uning muhim tarkibiy qismi muayyan kishilarning o'z huquqlarini bilishi va bu huquqlardan amaliyotda foydalana olishidir.

Bugungi kunda O'zbekistonning iqtisodiy rivojlanishi uchun istalgan kasbdagi har bir ijodkor kishi kelajakda o'zining intellektual mulkidan samarali foydalanish yo'llarini aniq tasavvur etishi juda muhimdir.

Intellektual faoliyat odatda, juda ko'p qirrali bo'lib keng miqyosda o'zgarib

turishi mumkin. Fan, san'at, texnik ijodiyot - bularning barchasi intellektual mehnat turlaridir.

Butunjahon intellektual mulk tashkiloti (BIMT) quyidagilarni haqli ravishda o'zining shiori deb e'lon qildi: Insoniyat dahosi jami san'at asarlari va ixtirolarning manbaidir. Bu asarlar insonga munosib hayot kafolatidir. Barcha turdagi san'at asarlari va ixtirolarni ishonchli himoyalash har bir davlatning burchidir.

Intellektual mulk obyektlarini ko'rib chiqar ekanmiz, shuni qayd etish mumkinki, intellektual mulkda obyektlarning ikki guruhi alohida ajralib turadi: san'at bilan bog'liq badiiy asarlar va san'at tarmog'i - xususan yangi buyumlar, tovarlar va texnologiyalami ishlab chiqish va bozorga taklif etish bilan bog'liq obyektlar.

Aynan ana shu vaziyatlar XX asrda jahonda umum qabul qilingan xalqaro huquqiy standartlar shakllanishiga olib keldi, shunga muvofiq intellektual mulk o'z ichiga ikki asosiy huquqlar sohasini oladi:

- mualliflik va turdosh huquqlar, unga muvofiq ilmiy, adabiy, musiqiy, badiiy, fotografiya va audiovizual asarlarga huquqlar, shuningdek, fonogramma ishlab chiqaruvchilar va ijrochilar, efir va kabel eshittirishlari tashkilotlarining huquqlari himoya qilinadi;

- sanoat mulki, u ixtirolar, foydali modeliar, sanoat namunalari, shuningdek, tovar belgilari va xizmat ko'rsatish belgilari, tovarlarning kelib chiqish joyi, firma nomlari huquqlarini o'z ichiga oladi.

Sanab o'tilgan barcha muayyan huquqiy muhofaza obyektlari, xususan, badiiy asarlar va san'at turlari, ixtirolar, tovar belgilari, EHM uchun dasturlar va hokazolar intellektual mulk obyektlari deb ataladi.

Mualliflik huquqi adabiyot, fan va san'at asarlari o'zining aniq ifodasini topgan shaklni muhofaza qiladi. Bunday ifodalash shakli so'z, timsollari musiqa, surat, uch o'lchamli predmetlar yoki bunday shakllarning kombinatsiyasi (masalan, kinofilm yoki teatr postanovkasi, opera) bo'lishi mumkin. Mualliflik huquqlari asarlarning istalgan turini maxsus ruxsatsiz (muallif roziligisiz) nusxa ko'chirish, ko'paytirish va boshqa usulda qayta tiklashdan muhofazalaydi.

Sanoat mulki, mualliflik huquqidan farqli ravishda bevosita g'oyani, xususan buyumning turli shakllarda ko'p marta qayta ishlatilishi mumkin bo'lgan texnik, badiiy va boshqa mohiyatlarni muhofaza qiladi.

Patent davlat nomidan sanoat mulki obyektiga beriladigan va muayyan hududda muayyan vaqt oralig'ida amal qiladigan muhofaza hujjatidir.

Intellektual mulk - inson ijodiy ishining mahsulidir. Intellektual mulk obyektlariga quyidagilarni misol qilishimiz mumkin: maqola, kuy, tasviriy san'at namunalari, raqs, film, ko'rsatuvlar. Bu turdagi mulkka S - (kupirayda belgisi)

avtorlik huquqi himoyalangan, himoyalanganlik belgisi qo'yiladi. Intellektual mulk obyektlari chop etilishi, namoyish qilinishi bilan himoyalangani.

Sanoat mulki deb sanoatda qo'llaniladigan intellektual mulk obyektlariga aytiladi. Bu turdagi mulklar maxsus himoyalovchi hujjat orqali himoyalangani. Kashfiyotlar, foydali modellar, sanoat namunasi, xizmat ko'rsatish belgilari, tovarning kelib chiqish joyi - sanoat mulki obyektlaridir. Hamma sanoat mulki obyektlariga himoyalovchi hujjat - patent beriladi.

Patent - inglizcha «*patents*» so'zidan bo'lib, alohida huquqlar beruvchi, boshqalardan ajratuvchi hujjat ma'nosini bildiradi. Patent qonun asosida beriladi. Shunday qilib, patent bu - himoya qiluvchi hujjatdir. U faqat sanoat mulki obyektiga beriladi va avtorlikni, ustunlikni tasdiqlaydi. Shu bilan birga, patent egasi qo'lga uni ishlatish huquqini beradi.

Shu yerda avtorlikka ham to'xtalib o'tamiz.

Avtorlik - patentda haqiqiy ixtirochining ismini ko'rsatuvchi hujjatdir. Agar avtor patent egasi bo'lmasa, u avtor bilan patent egasi o'rtasida tuzilgan shartnomaga asosan mukofot olish huquqiga ega. Shunday hollar ham bo'ladiki, bir vaqtning o'zida bir-biriga bog'liq emas holda bir xil ixtirolar yaratiladi. Bunday paytda ustunlik patent olish uchun jo'natilgan talabnomadagi pochta muhridagi sanaga qarab beriladi.

Avtor ham patent egasi bo'lishi mumkin, agar ixtiro xizmat doirasida bo'lmasa. Agar ixtiro xizmat doirasida bajarilgan bo'lsa, ish beruvchi bu ixtiro faqat shaxsiy korxonasida tekinga ishlata olish huquqiga ega.

Patentni ishlatish huquqi nasldan-naslga o'tadi. Patent qaysi davlatda berilgan bo'lsa, o'sha davlatda haqiqiydir. Patent egasining huquqlari davlat tomonidan himoyalangani.

Mamlakatimizning asosiy qonuni O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasidir. Konstitutsiya O'zbekiston qonunchiligini ishlab chiqishning asosiy qoidalarini belgilab beradi. Bizning intellektual mulk obyektlarini huquqiy muhofazalash sohasida amaldagi qonunchiligimiz bevosita mulkka egalik va ilmiy-texnik ijodiyot erkinligi huquqlari aks etgan Konstitutsiyaning IX bo'limi 36 - va 42 - moddalaridan kelib chiqqan holda ishlab chiqilgan.

Intellektual mulk obyektlarini yaratish, muhofazalash va foydalanish bilan bog'liq huquqiy munosabatlar fuqarolik huquqi sohasi hisoblanadi va O'zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi bilan tartibga solinadi.

O'zbekistonda intellektual mulk huquqlarini muhofazalash bilan bog'liq masalalarni tartibga soluvchi quyidagi qonunlar amal qiladi:

1996-yil 30-avgustda qabul qilingan "Mualliflik huquqlari va turdosh huquqlar to'g'risida"gi qonun;

1994-yil 6-mayda qabul qilingan va 1997-yil 26-dekabrda o'z- gartirilgan

“Ixtirolar, foydali modeliar va sanoat namunalari to‘g‘risida”gi qonun;

1993-yil 7-mayda qabul qilingan va 1997-yil 26 dekabrda o‘z- gartirilgan

“Tovar belgilari va xizmat ko‘rsatish belgilari to‘g‘risida”gi qonun;

1994-yil 6-mayda qabul qilingan “EHM va ma’lumotlar bazalari uchun dasturlarni huquqiy muhofazalash to‘g‘risida”gi qonun;

1996-yil 30-avgustda qabul qilingan “Seleksiya yutuqlari to‘g‘risida”gi qonun;

2001-yil 12-mayda qabul qilingan “Integral mikro chizmalar topologiyasini huquqiy muhofazalash to‘g‘risida”gi qonunlardir.

O‘zbekiston Respublikasi qonunlariga muvofiq davlatimizda intellektual mulk sohasida vakolatli quyidagi tashkilotlar faoliyat ko‘rsatadi:

Mualliflik huquqlarini himoyalash sohasidagi masalalarni tartibga soluvchi Mualliflik huquqlari bo‘yicha agentlik;

O‘zbekiston Respublikasi Davlat patent idorasi, uning vazifasi sanoat mulki obyektlarini muhofazalash sohasida yagona davlat siyosatini amalga oshirishdan iborat.

Muallifga shuningdek, mualliflik nomi huquqi ham berilgan bo‘lib, unga muvofiq muallif o‘z obyektiga o‘zining nomi yoki boshqa nomni berish huquqiga ega.

Intellektual mulk obyektlariga mulkiy huquqlar fuqaro yoki yuridik shaxsning shu obyektga alohida huquqlaridir. Faqat alohida huquqlar egasi intellektual mulk obyektidan boshqa shaxslar foydalanishiga ruxsat berishi yoki man qilishi mumkin.

Alohida huquqlar faqat qonunda ko‘zda tutilgan hollarda va faqat intellektual mulk obyektlaridan me‘yorida foydalanishga hamda uning egasining qonuniy manfaatlariga zarar yetkazilmagan taqdirdagina cheklanishi mumkin.

Alohida huquqlar quyidagi hollarda cheklanishi mumkin:

- O‘zbekistonda muhofaza qilinadigan ixtiro, foydali modellar, sanoat namunalari tarkibidagi qurilmalarni boshqa davlat, Pari konvensiyasi ishtirokchisining transport vositasida, bu transport vositasi vaqtincha yoki tasodifan O‘zbekiston Respublikasi hududida bo‘lganda qo‘llanish, bunda bu qurilmalar faqat shu vosita ehtiyojlari uchungina foydalanilishi shart;

- Tarkibida patentlangan obyektlar bo‘lgan vositalar ustida ilmiy tadqiqot yoki tajribalar o‘tkazish;

- Tabiiy ofatlar, halokatlar, epidemiyalar va boshqa favqulodda hollarda tarkibida patentlangan obyektlar bo‘lgan vositalarni qo‘llash. Vazirlar Mahkamasi milliy xavfsizlik manfaatlari yo‘lida patentlangan obyektlardan foydalanish to‘g‘risida patent egasining roziligini olmasdan turib qaror qabul qiladi, lekin bunday hollarda obyektidan foydalanilgani uchun unga tegishli tovon to‘lanadi;

- Tarkibida patentlangan obyektlar bo'lgan vositalarni, agar bu vositalar qonuniy yo'l bilan xo'jalik aylanmasiga kiritilgan bo'lsa, qo'llanish (masalan, patent egasining o'zi yoki uning litsenziyasi bo'yicha)

- Vositalarning hech qanday daromad olmasdan shaxsiy maqsadlarda qo'llanish;

- Dorixonalarda shifokor retsepi bo'yicha dorilarni bir marta tayyorlash.

Ixtiroga patent - ixtironing ustuvorlik sanasidan boshlab yigirma yil mobaynida amal qiladi, mohiyati bo'yicha ekspertiza o'tkazilgandan so'ng beriladi;

Ixtiroga dastlabki patent- dastlabki ekspertiza o'tkazilgandan so'ng beriladi va ustuvorlik sanasidan boshlab besh yil mobaynida amal qiladi. Talabnoma beruvchining mohiyati bo'yicha ekspertiza o'tkazish to'g'risidagi iltimosiga ko'ra patentga aylantirilishi mumkin;

Sanoat namunasiga patent - mohiyati bo'yicha ekspertiza o'tkazilgandan so'ng beriladi va ustuvorlik sanasidan boshlab 10 yil mobaynida amal qiladi, patent egasining iltimosi bilan amal qilish muddatini yana besh yilga uzaytirish imkoniyatini saqlab qoladi;

Sanoat namunasiga dastlabki patent - Dastlabki ekspertiza o'tkazilgandan so'ng beriladi va ustuvorlik sanasidan boshlab besh yil mobaynida amal qiladi. Dastlabki patent egasi iltimosiga ko'ra patentga aylantirilishi mumkin.

Foydali modeiga patent - dastlabki ekspertiza o'tkazilgandan so'ng beriladi va ustuvorlik sanasidan boshlab besh yil mobaynida amal qiladi va talabnoma beruvchining iltimosiga ko'ra yana uch yilga uzaytirilishi mumkin.

Tovar belgisiga guvohnoma - ekspertiza o'tkazilgandan so'ng beriladi va ustuvorlik sanasidan boshlab 10 yil mobaynida amal qiladi va har safar 10 yilga uzaytirish imkoniyatini saqlab qoladi.

Agar obyekt patentga layoqatlilik mezonlariga mos bo'lsa, u tegishlicha ixtiro, foydali model, sanoat namunasi deb tan olinadi. Qonunga muvofiq ko'rsatilgan obyektlar uchun quyidagi mezonlar belgilangan:

- *Ixtirolar uchun* - uning yangiligi, ixtiro darajasi va sanoatda qo'llanishi;

- *Foydali model uchun* - uning yangiligi va sanoatda qo'llanilishi;

- *Sanoat namunasi uchun* - uning yangiligi, o'ziga xosligi va sanoatda qo'llanilishi.

Patent ekspertizasini o'tkazish vaqtida foydalaniladigan eng muhim tushuncha texnik darajasi tushunchasidir.

Texnik darajasi - o'z ichiga ixtironing ustuvorlik sanasigacha jahonda barcha uchun ma'lum bo'lgan va barcha foydalanadigan ma'lumotlarni oladi.

Dastlabki ekspertizaning mohiyat jihatidan ekspertizadan farqi shundaki,

dastlabki ekspertiza vaqtida talabnoma berilgan obyektning (ixtiro, foydali model) mahalliy yangilik talablariga muvofiqligi tekshiriladi, ya'ni patent ekspertlari faqat O'zbekistondagi mavjud patent hujjatlarini tekshiradilar, mohiyat jihatidan ekspertizada esa obyektning jahon texnika darajasiga muvofiqligi tekshiriladi. Patent idorasi ma'lumotlar rasmiy ravishda chop etilgandan so'ng uch oy o'tgach patent egasiga (yoki tovar belgisi egasiga) muhofaza hujjati, tegishlicha patent yoki guvohnoma beradi. Patent yoki guvohnoma O'zbekiston Respublikasi nomidan beriladi va Patent idorasi rahbari tomonidan imzolanadi. Shuni qayd etib o'tish kerakki, hamma vaqt bitta obyektga faqat bitta muhofaza hujjati (patent yoki guvohnoma) beriladi. Agar patent egasi bir nechta bo'lsa (masalan, ikki firma yoki ikki hammuallif) ular bitta patent oladilar.

Qayd etib o'tamizki, keyinchalik patent egasi patentni kuchda saqlab turish uchun muntazam ravishda boj to'lab turishi shart, boj to'lamaslik muhofaza hujjatining amal qilishi to'xtashiga olib kelishi mumkin. Patent quyidagi hollarda ham amal qilishdan to'xtatilishi mumkin:

- patentning amal qilish muddati tugagach;
- patent, dastlabki patent yoki tovar belgisining haqiqiy emasligi uchinchi tomonning davo arizasi bilan sud orqali tasdiqlanganda;
- patent egasining patent idorasiga bergan arizasi asosida.

Agar patent yoki guvohnomaning amal qilishi muddatidan ilgari to'xtatilsa, bu haqidagi ma'lumot Patent idorasining "Rasmiy axborotnoma" byulletenida chop etiladi. O'zbekiston qonunchiligi bo'yicha xorij fuqarolari va yuridik shaxslari bevosita talabnoma berish huquqiga ega emas. Ular patent olish va uni kuchda saqlab turish uchun ishlarini O'zbekistonning patent bo'yicha ishonchli vakillari orqali yuritishlari mumkin.

Patentga layoqatli ixtirolar emas, deb tan olinadigan obyektlar quyidagilar:

- ✓ ilmiy nazariyalar va matematika usullari;
- ✓ xo'jalikni tashkil etish va boshqarish usullari;
- ✓ shartli belgilar, jadvallar, qoidalar;
- ✓ aqliy operatsiyalarni bajarish qoidalari va usullari;
- ✓ elektron hisoblash mashinalari uchun algoritmlar va dasturlar;
- ✓ binolar, inshootlar, hududlarni rejalashtirish loyihalari va sxemalari;
- ✓ estetika talablarini qanoatlantirishga yo'naltirilgan, mahsulotlarning faqat tashqi ko'rinishiga oid yechimlar;
- ✓ integral sxemalarning topologiyalari;
- ✓ o'simlik navlari va hayvon zotlari;
- ✓ jamoa manfaatlari, insonparvarlik va axloq qoidalariga zid yechimlar.

Bu himoya faqat patent tozaligining uch mezoniga javob beradigan ixtiroga

beriladi. Bular quyidagilar:

-Mutloq dunyoviy yangiligi, ya'ni ma'lum shaxslar doirasida mavjud axborot manbalar orqali ixtironing noma'lumliligi. Bularga publikatsiya, og'zaki tarqatish, namoyish etish, ochiqdan-ochiq qo'llashlar misol bo'ladi.

Lekin quyidagi imtiyoz kiritilgan: avtor tomonidan qilingan ilmiy publikatsiya patent olishga to'sqinlik qilmaydi, agar patent olishga jo'natiladigan talabnomani 6 oy ichida rasmiylashtirilsa.

-Ixtirochilik darajasi, bunda shuni hisobga olish kerakki, yangi jamlanma ham yangilik bo'la oladi.

-Sanoatda qo'llanuvchanligi, ya'ni ixtiro sanoatda tatbiq etilishi kerak.

Sanoat namunasi va tovar belgilari sanoat mulki sifatida. Sanoat namunasi inson ijodiy faoliyati yo'nalishining amalga oshishi bo'lib, aniq maqsad va iste'molchilar doirasiga ega.

Ta'rifi ko'ra sanoat namunalari qandaydir bir obyekt tashqi ko'rinishining badiiy-konstruktorlik (dizayn) yechimi kiradi.

Sanoat namunalari hajmiy (modeliar), yassi (rasmlar) yoki ularning aralash ko'rinishida bo'lishi mumkin.

O'zbekiston Respublikasi qonunchiligiga muvofiq sanoat namunasi yangiligi, o'ziga xosligi va sanoatda qo'llanilishi uning patentga layoqatlilik shartlari hisoblanadi.

Agar sanoat namunasi, buyumning estetik va (yoki) ergonomik xususiyatlarini belgilovchi muhim belgilari (alomatlar) majmui uning ustuvorlik sanasidan oldin jahondagi nufuzli axborot manbalari orqali barchaga ma'lum qilinmagan bo'lsa yangi deb tan olinadi.

Sanoat namunasi muhim belgilari majmui buyum estetik xususiyatlarining ijodiy xarakteri bilan bog'liq bo'lsa, u o'ziga xos deb tan olinadi.

Sanoat namunasi ko'p karra qayta ishlab chiqarish imkoniyatini beradigan bo'lsa, sanoatda qo'llaniladigan deb tan olinadi.

Sanoat namunasi muhiyati va uning huquqiy muhofazalash hajmi eng avval, uning muhim belgilari majmui bilan ifodalanadi, bu belgilar namuna fotosuratlarida aks ettiriladi va buyumning tashqi ko'rinishi va o'ziga xos xususiyatlarini belgilab beradi. Muhim belgilarni so'zlar bilan tavsiflash tasviriy axborotni tushuntirib berishni ta'minlaydi. Odatda, sanoat namunalari turlarini tavsiflash uchun quyidagi belgilardan foydalaniladi:

Murakkab kompozitsiyali, asosi keng hajmiy fazoviy tuzilishga ega bo'lgan buyumlar (masalan, dastgoh, qishloq xo'jalik mashinasi, mototsikl va hokazo) quyidagi belgilar bilan tavsiflanadi:

- Kompozitsiya elementlarining mavjudligi;
- Elementlarning o'zaro joylashishi;

- Kompozitsiya elementlarining shakli.

Yakka blokli kompozitsiyaga ega buyumlar (masalan, televizor, radiopremnik h.k.), shuningdek, elementar geometrik hajmlar nisbati asosida qurilgan (masalan, mebel seksiyasi bloklari) badiiy konstruktorlik yechimlari quyidagi belgilar bilan tavsiflanadi:

- kompozitsiya elementlarining tarkibi va taqsimlanishi;
- buyumlarning odatda, frontal yuzasida bo'ladigan bu elementlarning plastik, grafik, rangli va faktura yechimlari va yana boshqa belgilar.

Endi patent ekspertizasi patentga layoqatlilikni baholashda sanoat namunalariga qo'yadigan asosiy talablarni ko'rib chiqamiz.

Ixtirolarni patent ekspertizasidan o'tkazishdagi kabi, bu yerda ham birinchi navbatda sanoat namunasining sanoatda qo'llanishi tekshiriladi. Bu shartga muvofiq bo'lishi uchun sanoat namunasining tavsifida sanoat namunasida bajarilgan buyumning maqsadi va vazifasi ko'rsatilgan bo'lishi kerak. Shuningdek, bu buyumning noyob yoki sanoat namunasining ustuvorlik sanasigacha ma'lum bo'lmagan va tavsifnomada bayon etilmagan vosita va usullardan foydalanmay tayyorlash imkoniyati ham tekshirib ko'riladi. Shunga e'tiborni qaratamizki, faqat bir marta amalga oshiriladigan bo'lsa ham sanoatda qo'llaniladi, deb tan olinadigan ixtirolardan (masalan, cho'kib ketgan nodir kemani suv tubidan ko'tarib olish) farqli ravishda, sanoat namunasi bir necha marotaba qayta ishlab chiqariladiganyoki hosil qilinadigan bo'lishi zarur.

Sanoatda qo'llanilishi tekshirilgandan so'ng sanoat namunasining yangilik shartlariga muvofiqligi tekshiriladi.

Agar sanoat namunasi belgilari bilan bir xil bo'lgan badiiy konstruktorlik yechimi ochib berilgan axborot manbai aniqlansa, sanoat namunasi ushbu shartlarga muvofiq emas, deb topiladi.

Sanoat namunasi yangiligini belgilashda barcha ma'lum va barcha foydalanishi mumkin bo'lgan ma'lumotlar (ya'ni chop etilgan manbalaridan tashqari ustuvorlik sanasi bo'yicha ilgari berilgan va qaytarib olinmagan talabnomalar ham hisobga olinadi.

Keyin sanoat namunasining o'ziga xosligi tekshiriladi. Sanoat namunasining o'ziga xosligini ekspertizadan o'tkazishda ko'pincha ixtironing ixtiro darajasini baholashda foydalanadigan "salbiy" belgilarni aniqlash usuliga o'xshash yondoshuvlardan foydalaniladi. Masalan, quyidagilarda mujassamlashgan sanoat namunasining o'ziga xoslik shartlariga muvofiq deb tan olinmaydi:

- yaqin analogidan talabnoma beruvchi tomonidan muhim belgilar ro'yxatiga kiritilgan belgisi (belgilari) bilan farqlanadigan, lekin bu belgining talabnoma beruvchi ko'rsatgan buyumning estetik xususiyatlariga ta'siri tasdiqlanmagan buyumlar;

- ilgari ma'lum buyumga nisbatan faqat o'lchami o'zgartirilgan, (dementiari soni ko'paytirilgan yoki rangi o'zgartirilgan (lekin yangi koloristik yechim emas) buyumlar;
- alohida olingan oddiy geometrik hajm (prizmasimon, sferik, konussimon) shakldagi buyumlar yoki alohida olingan oddiy geometrik shakllar;
- haqiqiy mavjud obyektning (ham soddalashtirilgan, ham masshtabga rioya qilingan holdagi) kichraytirilgan yoki kattalashtirilgan nusxalaridan iborat buyumlar (masalan, o'yinchoqlar, suvenirilar);
- muayyan maqsadlarga mo'ljallangan buyimlarga xos shaklni takrorlovchi, lekin boshqa texnik asosda bajarilgan (masalan, odatda yog'ochdan ishlanadigan buyumga o'xshatib polimer materialdan tayyorlangan) buyumlar;
- turli maqsadlarga mo'ljallangan va tashqi ko'rinishi o'xshash bo'lgan ikkita obyekt ma'lumligida tashqi ko'rinishi shu ma'lum obyektlardan olingan buyumlar;
- tashqi ko'rinishi o'zgarmagan holda ilgari ma'lum bo'lgan alohida buyumlardan tuzilgan to'plamlar.

Xulosa o'rinda shuni takidlash lozimkida, bugungi mehnat bozorining kadrlarga qo'yayotgan talabi mahsulotning sifat talabiga uzviy bog'liqdir, chunki ishlab chiqaruvchining ko'zlagan mahsulotiga yetarli bilim darajasi bo'lmasa mahsulot xaridorbob bo'lolmaydi bu esa eksport salohiyatining tushiga olib keladi. Shunga asosan buyumning o'ziga xos, estetik jihatdan ko'rkam va ergonomik tashqi ko'rinishi iste'molchilarning tovarga ehtiyojini belgilovchi bosh omillardan biridir. Shuning uchun sanoat namunasini to'g'ri va savodli huquqiy muhofazalash bozordagi muvaffaqiyatning garovi, raqobat kurashida esa ustunlikning omilidir.

Nazorat savollari:

1. Mulkning qanday turlari mavjud va ular qaysilar?
2. Intellect nima?
3. Intellektual mulk deganda nimani tushinasiz?
4. O'zbekistonda intellektual mulk huquqlarini muhofazalash bilan bog'liq masalalarni tartibga soluvchi qanday qonunlarni bilasiz.
5. Patent va avtorlik tushunchalarini ta'riflang.
6. Patent qachon va kim tomonidan beriladi?
7. Sanoat va intellektual mulk obyektlarini ayting.
8. Patent egasining huquqlarini ayting.
9. Patent tozaligining talablarini ayting.
10. Patent qanday hollarda amal qilishdan to'xtatiladi
11. Ixtiroga patent nima va necha yil mobaynida amal qiladi.
12. O'zbekistonda mualliflik huquqlarni himoyalash bo'yicha qanday ishlar olib borilmoqda.

II -BOB. ASOSIY KOMPONENTLAR FIZIKASI

2.1. Datchiklar. Asosiy ma'lumotlar

Datchiklarning ko'proq tez-tez foydalaniladigan ta'riflanishi quyidagicha: Datchik - bu signallar va tashqi ta'sirlarni qabul qiladigan va ularga reaksiya ko'rsatadigan qurilmadir. Bu juda keng ma'noli ta'rif. Haqiqatan ham, u shunchalik kengki, inson ko'zidan tortib toki revolverning tepkisigacha deyarli hamma narsani qamrab oladi. Suyuqlik sathini nazorat qiladigan, 2.1-rasmda ko'rsatilgan tizimni ko'rib chiqamiz.

Operator rezervuardagi (idishdagi) suyuqlik sathini klapan yordamida boshqaradi. Bunda operator suyuqlikning sarfini, haroratning o'zgarishini (bunda uning klapan orqali o'tish tezligi suyuqlikning qovushqoqligiga bog'liq bo'ladi), shuningdek, mazkur tizimga ta'sir ko'rsatadigan boshqa parametrlarni ham hisobga olishi zarur bo'ladi. Agar nazorat qilinmasa, rezervuar yoki toshib ketadi, yoki aksincha, bo'shab qoladi. To'g'ri qaror qabul qilish uchun operator rezervuardagi suvning sathi to'g'risidagi axborotni doimiy ravishda olishi zarur bo'ladi. Ko'rib chiqilayotgan misolda axborot ikkita asosiy qism rezervuardagi ko'rish trubkasi va ko'rish asab tolalariga impuls beradigan operatorning ko'zidan tashkil topadigan datchikdan keladi. Odamning ko'zi ham, ko'rish trubkasi ham o'z-o'zicha datchik bo'lib hisoblanmaydi, biroq ularning kombinatsiyasi suyuqlik sathini tanlanma aniqlash qobiliyatiga ega bo'lgan detektorni shakllantiradi. Tizim to'g'ri loyihalangan bo'lsa, rezervuardagi suyuqlik sathining o'zgarishi tezda qarash trubkasidagi suyuqlik sathida aks etadi, shu sababli, aytish mumkinki, ko'rib chiqilayotgan datchik yaxshi reaksiya ko'rsatishi yoki kichik inersiyalilik bilan tavsiflanadi. Biroq, agar trubkaning ichki diametri yopishqoq suyuqliklar uchun juda kichik bo'lsa, undagi sath rezervuardagi sathdan orqada qoladi. Shu sababli bunday datchikning faza tavsiflarini hisobga olish zarur bo'ladi. Ba'zi bir qo'llashlar uchun bunday kechikish qo'l kelishi mumkin, boshqa bir qo'llashlar uchun esa ko'rish trubkasining boshqacha konstruksiyasidan foydalanish kerak bo'ladi. Bundan ko'rinib turibdiki, har bir datchikning ishchi tavsiflarini faqatgina ma'lumotlarni to'plashning konkret tizimiga nisbatan baholash mumkin.

Ko'rish trubkasi va operatorning ko'zi datchikni (axborotni elektr signaliga qayta shakllantiradigan qurilmani) shakllantiradi.

Bizni qurshab turgan olamni ikki qismga tabiatga va inson tomonidan yaratilgan obyektlarga ajratish mumkin. Tabiiy sensorlar har qanday tirik organizm ular bilan ta'minlangan bo'ladi. Elektrokimyoviy signallarga reaksiya ko'rsatadi, ya'ni ularning fizikaviy harakat tamoyili asab to'qimalarida ionlarning uzatilishiga asoslanadi, ko'rib chiqilgan misolda operatorning ko'rish asab tolalarida shunday bo'lgan edi. Inson tomonidan yaratilgan tizimlarda esa signallarni uzatishda elektronlar ishtirok etadi. Bunday tizimlarda datchiklar o'zlari kiritilgan qurilmalar

bilan bitta tilda "gaplashadi". Bu yerda muloqot qilish tili ularda ma'lumot ionlar yordamida emas, balki elektronlar yordamida uzatiladigan elektr signallaridir (optik aloqa tizimlarida ma'lumot fotonlar orqali uzatiladi). Biz o'lchash tizimiga elektrokimyoviy eritmalar va asab tolalari orqali emas, balki elektr uzatgichlar orqali ulanadigan datchiklarni ko'rib chiqamiz. Shundan kelib chiqib, datchikni qayta ta'riflaymiz:

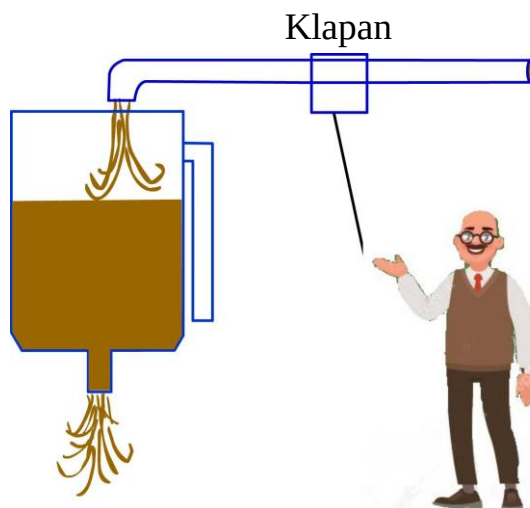
Datchik - bu tashqi ta'sirlarni qabul qiladigan va elektr signallarini o'zgartirish bilan ularga reaksiya ko'rsatadigan qurilmadir.

Tashqi ta'sir atamasidan keng foydalaniladi, shu sababli uni to'g'ri talqin qilish lozim bo'ladi.

Tashqi ta'sir deganda obyektning miqdoriy tavsifi, uning qabul qilish va elektr signallariga qayta shakllantirish zarur bo'ladigan xossalari va xususiyatlari tushuniladi. Ba'zi bir kitoblarda ushbu maqsadlar uchun xuddi shunday qiymatga ega bo'lgan o'lchanadigan kattalik atamasidan foydalaniladi, biroq bu atamada sensor funksiyasining miqdoriy tavsifiga urg'u beriladi.

Datchiklarning vazifasi – ma'lum bir tashqi fizikaviy ta'sirga reaksiya ko'rsatish va uni o'lchash sxemalari bilan tutashtirish mumkin bo'ladigan elektr signallariga aylantirishdan iborat. Boshqacha qilib aytadigan bo'lsak, datchik - bu fizikaviy kattalikni (ko'pincha elektr kattalik bo'lmagan) elektr signallariga aylantiradigan qurilmadir.

Elektr signali deganda elektron qurilmalar yordamida o'zgartirilishi, masalan, kuchaytirilishi yoki uzatuvchi liniyalar bo'ylab uzatilishi mumkin bo'lgan signal tushuniladi. Datchiklarning chiqish signallari kuchlanish, tok yoki zaryad bo'lishi mumkin, ular quyidagi tavsiflar bilan tasvirlanadi: amplituda, chastota, faza yoki raqamli kod. Bu tavsiflar jamlanmasi chiqish signalining formati deb ataladi. Shunday qilib, har bir datchik kirish parametrlari jamlanmasi (har qanday fizikaviy tabiatga ega bo'lgan) va chiqish elektr parametrlari jamlanmasi bilan xarakterlanadi.



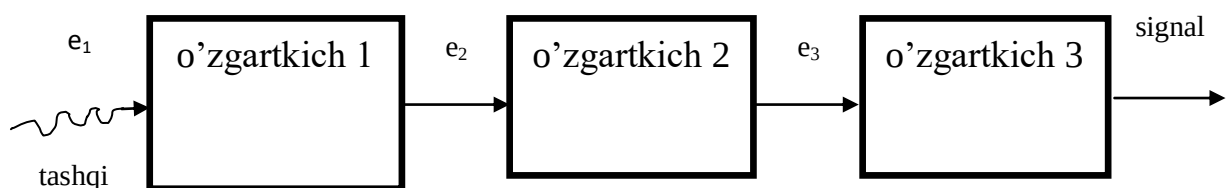
2.1. rasm.Suv sathini nazorat qilish tizimi

Datchiklarni qo'llash doirasi

Har qanday datchik energiyani o'zgartkichi bo'lib hisoblanadi. O'lchanadign kattalikning tipidan qat'iy nazar, tadqiq qilinayotgan obyektдан datchikka energiya uzatilishi sodir bo'ladi.

Datchikning ishlashi - bu informatsiyani uzatishning o'ziga xos holatidir, axborotning har qanday uzatilishi esa energiya uzatilishi bilan bog'lanadi. Shu narsa ma'lumki, energiya uzatilishi ikkita yo'nalishda sodir bo'lishi mumkin, ya'ni energiya obyektдан datchikka, yoki aksincha, datchikdan obyektga uzatilishi mumkin. Energiya nolga teng bo'ladigan vaziyat alohida holat bo'lib hisoblanadi, biroq bunday holda aynan ana shunday o'ziga xos holatning mavjudligi to'g'risidagi ma'lumot uzatiladi. Masalan, infraqizil harorat datchigi obyekt datchikka qaraganda issiqroq bo'lganda musbat kuchlanish ishlab chiqaradi (infraqizil nurlanish datchik tomonga yo'naladi), obyekt datchikka qaraganda sovuqroq bo'lganda esa manfiy kuchlanish ishlab chiqaradi (infraqizil nurlanish datchikdan obyektga qarab yo'naladi). Datchik bilan obyekt bir xil haroratga ega bo'lganda infraqizil oqim nolga teng va chiqish kuchlanishi ham nolga teng bo'ladi. Bu vaziyatda axborot datchik bilan obyektning haroratlari tengligidan iborat bo'ladi.

Datchik tushunchasini o'zgartkich tushunchasidan farqlash zarur. O'zgartkich bir tipdagi energiyani boshqasiga konvertatsiyalaydi (yangi, boshqa holat, sifatga aylantirish, o'zgartirish), datchik esa tashqi ta'sirning har qanday tipdagi energiyasini elektr signaliga aylantiradi. O'zgartkichga misol bo'lib, akustik to'lqinlarni shakllantirish uchun elektr signalni o'zgaruvchan magnit maydoniga konvertatsiyalaydigan ovoz kuchaytirgich xizmat qilishi mumkin. Bu o'rinda gap qandaydir tashqi axborotni qabul qilish to'g'risida bormaydi (shuni qayd qilish lozimki, agar ovoz kuchaytirgich kuchaytiradigan qurilmaning kirishiga ulansa, u xuddi mikrofon kabi ishlaydi. Bu holda uni akustik datchik deb atash mumkin). O'zgartkichlar shuningdek, yuritmalar funksiyasini ham bajarishi mumkin. Yuritmani datchikka qarama-qarshi qurilma sifatida ta'riflash mumkin, chunki u elektr energiyasini, qoidaga ko'ra, noelektr energiyaga aylantiradi. Yuritmaga misol bo'lib, elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiradigan elektromotor xizmat qila oladi.



2.2. rasm. Datchik bir nechta o'zgartgichlardan tarkib topishi mumkin: $e_1, e_2, \dots$ - energiyaning har xil turlari.

Shuni qayd qilamizki, ushbu sxemaning oxirgi elementi to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchik bo'lib hisoblanadi.

O'zgartkichlar tarkibiy datchiklarning bir qismi bo'lishi mumkin (2.2-rasm). Masalan, kimyoviy datchik tarkibiga ikkita o'zgartkich kirishi mumkin, ulardan biri kimyoviy reaksiyaning energiyasini issiqlik energiyasiga aylantiradi, ikkinchisi termoelement esa olingan issiqlikni elektr signaliga aylantiradi. Bu ikkita qayta o'zgartkichlarning kombinatsiyasi o'zida kimyoviy datchikni kimyoviy reaksiyaga javob tariqasida elektr signali ishlab chiqaradigan qurilmani taqdim qiladi. Shuni qayd qilamizki, ko'rib chiqilgan misolda kimyoviy datchik qayta o'zgartkich va yana bitta datchik harorat datchigidan tashkil topadigan tarkibiy datchik bo'lib hisoblanadi. Tarkibiy datchiklarning strukturasiga, qoidaga ko'ra, hech bo'lmaganda bitta to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchik va bir nechta qayta o'zgartkichlar kiradi.

To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar deb tashqi ta'sirning energiyasini elektr energiyasiga bevosita aylantirish imkonini beradigan fizikaviy hodisalar asosida qurilgan datchiklarga aytiladi. Bunday fizikaviy hodisalarga fotoeffekt va Zeebek effekti misol bo'la oladi.

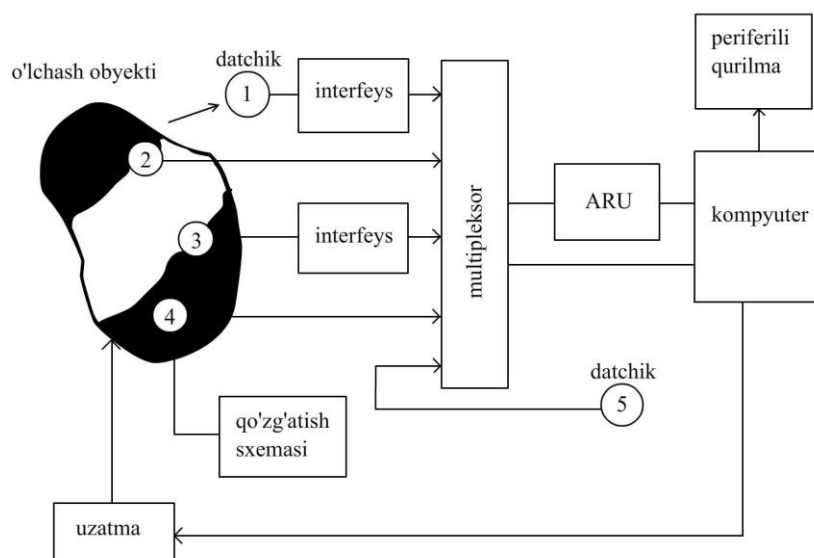
Shunday qilib, barcha datchiklarni ikkita guruhga bo'lish mumkin to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar va tarkibiy datchiklar. To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar tashqi ta'sirni bevosita elektr signaliga aylantiradi, buning uchun mos keluvchi fizikaviy hodisadan foydalanadi, tarkibiy datchiklarda esa to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan oxirgi datchikning chiqishidan elektr signalini olishdan oldin energiyani bir necha marta o'zgartirishni amalga oshirish zarur bo'ladi.

Ma'lumotlar to'plash tizimida datchiklarning roli

Amaliyotda datchiklar o'z-o'zicha ishlamaydi. Ular qoidaga ko'ra, o'lchash tizimlarining tarkibiga kiradi, bu tizimlar ko'pincha yetarlicha katta bo'ladi, ko'plab turli detektorlar, signallarni qayta o'zgartkichlar, signal protsessorlari, eslab qolish qurilmalari va yuritmalarni birlashtiradi. Bunday tizimlarda datchiklar tashqi bo'lishi ham mumkin, kiritilgan bo'lishi ham mumkin. Tashqi ta'sirga reaksiya ko'rsatishi va qurshab turgan muhitdagi o'zgarishlar to'g'risida tizimga xabar berishi uchun ular ko'pincha o'lchash asboblarning kirishiga joylashtiriladi. Ular shuningdek, tizimlarning faoliyat ko'rsatishini monitoringlash uchun o'lchash tizimlarining ichiga ham joylashtiriladi, bu barcha ichki qurilmalarning to'g'ri ishlashini ta'minlash uchun zarur bo'ladi. Datchiklar ma'lumotlarni to'playdigan tizimlarning ajralmas tarkibiy qismi bo'lib hisoblanadi, o'z navbatida bu tizimlar

ko'plab qaytar bog'lanishlarga ega bo'lgan katta o'lchash majmualarining (komplekslarining) tarkibiga kirishi mumkin. 2.3-rasmda ma'lumotlar to'plash tizimi va boshqarish qurilmasidan tashkil topgan avtomatlashgan o'lchash kompleksining blok sxemasi ko'rsatilgan. Bu rasmdan bunday tizimlarda datchiklarning qanday rol o'ynashi yaxshi ko'rinib turibdi. O'lchanadigan obyektlar har qanday moddiy obyektlar - avtomobillar, kosmik kemalar, odam tanasi, turli suyuqliklar va gazlar bo'lishi mumkin. O'lchanadigan obyekt to'g'risidagi ma'lumotlar datchiklar yordamida to'planadi, ularning bir qismi (2, 3 va 4) obyektning yuzasida yoki ichida joylashishi mumkin. Datchik 1 obyekt bilan bevosita bog'lanishga ega emas, ya'ni kontaktsiz bo'lib hisoblanadi. Televizion kameralar va nurlanish detektorlari bunday datchiklarga misol bo'la oladi. Datchik hatto kontaktsiz deb atalgan taqdirda ham, u bilan obyekt o'rtasida har doim energiya uzatilishi sodir bo'ladi.

Datchik 5 turli funksiyalarni bajarishi mumkin. U ko'pincha ma'lumotlar to'plash tizimining ichida ichki shart-sharoitlarni nazorat qilish uchun xizmat qiladi. Datchiklar 1 va 3 chiqish signallari formatlarining mos kelmasligi sababli standart elektron sxemalarga to'g'ridan-to'g'ri ulanishi mumkin emas. Ularni ulash uchun maxsus interfeys qurilmalari - signal o'zgartkichlari talab qilinadi. Datchiklar 1, 2, 3 va 5 passiv bo'lib hisoblanadi, chunki chiqish signallarini o'zgartirish uchun ularga qo'shimcha elektr energiyasi talab qilinmaydi. 4- datchik - aktiv qurilmalarning vakili bo'lib, uning ishlashini ta'minlash uchun qo'zg'atish sxemasidan olinadigan yordamchi signal zarur bo'ladi. Bunda datchik bu signalni o'lchanadigan parametrlarning o'zgarishiga mos ravishda modullaydi. Aktiv datchiklarga haroratga sezgir rezistor misol bo'la oladi, u ko'pincha termistor deb ataladi. Bunday datchik berilgan holatda qo'zg'atish sxemasi deb ataladigan o'zgarmas tok manbaidan ishlaydi. O'lchash kompleksi o'z ichiga yoki bitta datchikni (uy termostati) yoki bir necha minglab datchiklarni (kosmik kema) olishi mumkin.



2.3-rasm. Ma'lumotlar to'plash tizimida datchiklarning rolini ko'rsatuvchi avtomatlashgan o'lchash kompleksi: 1- datchik kontaktsiz, 2 va 3 datchiklar - passiv qurilmalar, 4- datchik - aktiv qurilma, 5- datchik esa - ma'lumotlar to'plash tizimining ichki elementi

Elektr signallari datchiklarning chiqishlaridan almashtirib ulagich rolini bajaruvchi multipleksorga kirib keladi. Agar datchiklarning chiqish signallari bir xil bo'lsa, ular analog raqamli o'zgartkichga, agar signallar raqamli bo'lsa bevosita kompyuterga kelib tushadi, kompyuter multipleksor bilan analog raqamli o'zgartkichning ishini sinxronlashtiradi, shuningdek, obyektga bevosita ta'sir ko'rsatadigan yuritmaga boshqaruvchi signallarni yuboradi. Yuritmalar sifatida elektromotorlar, solenoidlar, rele va pnevmatik klapanlardan foydalanish mumkin. O'lchash tizimining tarkibiga shuningdek, periferiya qurilmalari (ma'lumotlarni to'plagichlar, displeylar, signalizatorlar va hokazolar) va blok sxemada ko'rsatilmagan boshqa tarkibiy qismlar ham kiradi. Bunday tarkibiy qismlar filtrlar, ajratib olish va saqlash sxemalari, kuchaytirgichlar va boshqa o'zgartkichlar bo'lishi mumkin.

Bunday sxema qanday tarzda ishlashini ko'rsatish uchun avtomobilda eshiklarning yopilishini nazorat qiladigan oddiy sxemani ko'rib chiqamiz. Avtomobilning har bir eshigi uning holatini aniqlaydigan (ochiq yoki yopiq) datchik bilan jihozlangan. Aksariyat mashinalarda bunday datchik sifatida odatdagi elektr o'chirgichdan foydalaniladi. Barcha eshiklarning datchiklaridan signallar avtomobilga o'rnatilgan mikroprotsessorga kelib tushadi (bu yerda analog-raqamli o'zgartkichdan foydalanishga zarurat yo'q, chunki datchiklarning signallari raqamli bo'ladi: 0 - eshik ochiq, 1 - eshik yopiq). Mikroprotsessor eshiklardan qaysi biri ochiq ekanligini aniqlaydi va mos keluvchi periferiya qurilmasiga (asboblari paneli yoki tovushli signalizatorga) maxsus signal yuboradi.

Avtomobilning haydovchisi bu xabarni oladi va obyektga ta'sir ko'rsatadi, ya'ni eshikni yopadi (yuritma rolini bajaradi).

Tibbiyotda jarrohlik operatsiyalari paytida bemor tomonidan nafas olish orqali yutiladigan anestetiklar miqdorini rostlash uchun qo'llaniladigan og'riqsizlantiruvchi moddalar bug'larining dozatori ko'proq murakkab tizimga misol bo'la oladi. Bunday tizimga bir nechta aktiv va passiv datchiklar kiradi. Og'riqsizlantiruvchi moddalar bug'larining konsentratsiyasi chiqish trubkasiga o'rnatilgan pyezoelektrik datchik yordamida nazorat qilinadi. Anestetiklarning molekulalari pyezokristallning massasini oshiradi, shu tariqa uning tebranishlar chastotasini o'zgartiradi. Kristall chastotasining o'zgarish kattaligi og'riqsizlantiruvchi moddalar bug'lari konsentratsiyasining o'lchovi bo'lib hisoblanadi. Nafas olishni nafas chiqarishdan farqlash uchun SO₂ darajasini nazorat qiladigan datchik qo'llaniladi. Bunga qo'shimcha ravishda ba'zi bir o'zgaruvchi tarkib toptiruvchilarni kompensatsiyalash uchun tizimda harorat va bosim datchiklaridan foydalaniladi. Bu barcha datchiklardan signallar multipleksorga kelib tushadi, raqamlanadi va og'riqsizlantiruvchi moddalar bug'larining konsentratsiyasini aniqlaydigan mikroprotsessorga yuboriladi. Anesteziolog anestetiklarning talab qilinadigan darajasini beradi va mikroprotsessor yuritma orqali (ushbu holatda klapanlar bilan) mos keluvchi tarzda boshqarish bilan og'riqsizlantiruvchi moddalarning zaruriy konsentratsiyasini ushlab turadi.

Yana bir misol tarzida turli xil datchiklar, yuritmalar va signalizatorlardan tashkil topgan, Nissan korporatsiyasida avtomobillarning xavfsizligini oshirish uchun qo'llaniladigan kompleksni ko'rib chiqamiz, Uning tarkibiga haydovchining rulda uxlab qolishiga qarshi kurashadigan ikkita tizim kiradi. Bu tizimlardan birining harakati haydovchini ogohlantirishga yo'naltirilgan, boshqasining harakati esa - avtomobilning kursini to'g'irlashga yo'naltirilgan. Bu funksiyalarni bajarish uchun maxsus datchiklar zarur bo'ladi, ularning rolini haydovchi ko'zining holatini kuzatadigan sensorlar va uning boshining egilishini kuzatadigan detektorlar bajarishi mumkin. Mikro to'lqinli, ultratovushli va infraqizil diapazonlar datchiklari asosida qurilgan shoshilinch tormozlash zarurligi to'g'risida signal beradigan tizimga ko'pincha orqada kelayotgan transport vositalarining haydovchilarini xavf- xatar to'g'risida oldindan ogohlantirish imkonini beradigan tormoz indikatorlarini tezkorlik bilan yoqadigan qurilma kiritiladi. To'siqlar to'g'risida ogohlantiradigan tizim tarkibiga infraqizil detektorlar va radar kiradi. Kruiz-nazorat moslashuvchi tizim haydovchi oldinda ketayotgan transport vositasiga juda yaqinlashib kelganda ishga tushadi, bunda xavfsiz oraliqni ta'minlash uchun avtomobilning tezligi darhol pasayadi. Piyodalarni monitoringlash qurilmasi sutkaning qorong'i paytlarida va yo'lning

ko‘rinmaydigan zonalarida yo‘lda odamlar borligini aniqlaydi va bu haqda haydovchini ogohlantiradi. Harakat polosasini nazorat qilish tizimi avtomobil haydovchining ixtiyorisiz yo‘ldan chetlashadigan vaziyatlarni aniqlaydi. Bunda tizim haydovchini polosadan chiqib ketganlik to‘g‘risida ogohlantiradi va transport vositasini avtomatik tarzda to‘g‘rilaydi.

Datchiklarning kiruvchi signallari (tashqi ta’sirlar) amalda har qanday fizikaviy yoki kimyoviy tabiatga ega bo‘lishi mumkin. Yorug‘lik oqimi, harorat, bosim, tebranishlar, siljishlar, holatlar, tezlik, ionlarning konsentratsiyasi bularning hammasi tashqi ta’sirlarga misol bo‘la oladi. Datchiklarning konstruksiyasi ularning mo‘ljallanishiga qarab o‘zgaradi. Maxsus qo‘llanilish sharoitlari uchun maxsus korpuslar va montaj sxemalari talab qilinishi mumkin. Masalan, aorta qon tomiridagi qon bosimini o‘lchash uchun mo‘ljallangan pyezometrik datchik germetik korpusga montaj qilinadi va mikrokateter orqali o‘tish imkoniyatlari uchun juda kichik o‘lchamlarga ega bo‘ladi. Tibbiyot tonometrining shishiriladigan manjetining ichida qo‘llash uchun xuddi o‘sha datchikning korpusi butunlay boshqacha bo‘ladi. Ba’zan datchiklardan kirish signallarining faqatgina ma’lum bir diapazoniga reaksiya ko‘rsatish talab qilinadi. Masalan, qo‘riqlash tizimidagi harakat detektori faqatgina odamlar harakatlangan paytda ishga tushishi va itlar yoki mushuklar kabi kichik jonivorlarning harakatiga hech qanday reaksiya ko‘rsatmasligi lozim.

Datchiklarning asosiy vazifalari va tasniflanishi

Tasniflash tizimlari turli-tuman eng oddiydan eng murakkabgacha bo‘lishi mumkin. Tasniflash mezonlari har doim tasnifni bajarish maqsadiga bog‘liq ravishda tanlanadi.

Barcha datchiklarni amalda ikkita kategoriyaga passiv va aktiv datchiklarga ajratish mumkin. Passiv datchik qo‘shimcha energiya manbaiga muhtoj bo‘lmaydi va tashqi ta’sirning o‘zgarishiga javob tariqasida uning chiqishida har doim elektr signali paydo bo‘ladi. Bu bunday datchik tashqi signalning energiyasini chiqish signaliga aylantirishini bildiradi. Bunday datchiklarga termojuftliklar, fotodiodlar va pyezoelektrik sezgir elementlar misol bo‘ladi. Aksariyat passiv datchiklar to‘g‘ridan-to‘g‘ri harakat qiladigan qurilmalar. Passiv datchikdan farqli o‘laroq, aktiv datchik ishlash uchun qo‘zg‘atish signali deb ataladigan tashqi energiyani talab qiladi. Aktiv datchik chiqish signalini shakllantirishda qo‘zg‘atish signaliga u yoki bu tarzda ta’sir ko‘rsatadi. Bunday datchiklar tashqi signallarning o‘zgarishiga javob tariqasida o‘zlarining tavsiflarini o‘zgartirishi sababli ba’zan ular parametrik datchiklar deb ham ataladi. Amalda aktiv datchiklarda ularning ichki tavsiflarining o‘zgarishini elektr signallariga qayta shakllantirish sodir bo‘ladi, ya’ni aktiv datchiklarning ma’lum bir parametrlari qo‘zg‘atish signallarini modullaydi va bunday modullash o‘zida o‘lchanadigan obyekt to‘g‘risidagi

axborotni eltadi. Masalan, termistorlar haroratni sezgir rezistorlar bo'lib hisoblanadi. Termistorlar o'z-o'zicha hech qanday signallarni ishlab chiqarmaydi, biroq ular orqali elektr toki (qo'zg'atish signali) o'tganda ularning qarshiligini ulardagi tok kuchining o'zgarishi va yoki kuchlanish tushishi bo'yicha aniqlash mumkin. Qarshilikning qiymati (omlarda) o'lchanadigan haroratni aks ettiradi, uni ma'lum bog'lanishlar orqali topish mumkin bo'ladi. Rezistiv tenzodatchik aktiv datchiklarga boshqa bir misol bo'lib xizmat qila oladi, uning elektr qarshiligi uning deformatsiyalinish kattaligiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'ladi. Datchikning qarshiligini aniqlash uchun u orqali ham tashqi oziqlantirish manbaidan keladigan elektr tokini o'tkazish lozim bo'ladi.

Datchiklarning sanoq nuqtasini tanlashga bog'liq ravishda absolyut (mutlaq) va nisbiy datchiklarga ajratish mumkin. Absolyut datchik tashqi signalni o'lchashlarni o'tkazish shart-sharoitlariga bog'liq bo'lmagan absolyut fizikaviy birliklarda aniqlaydi, nisbiy datchikning chiqish signali esa har bir konkret holatda turlicha talqin qilinishi mumkin. Absolyut datchikka termistor misol bo'la oladi. Uning elektr qarshiligi Kelvin shkalasi bo'yicha absolyut haroratga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'ladi. Boshqa bir keng ommalashgan harorat datchigi - termojuftlik - nisbiy qurilma bo'lib, uning chiqishidagi kuchlanish termojuftlikning simlaridagi harorat gradientining funksiyasi bo'lib hisoblanadi. Shu sababli termojuftlikning chiqish signali bo'yicha konkret haroratni aniqlash faqatgina ma'lum bazaviy sanoq nuqtasiga nisbatan mumkin bo'ladi. Bosim datchigi absolyut va nisbiy datchiklarga boshqa bir misol bo'la oladi. Absolyut datchikning ko'rsatishlari bosimning bosimlar shkalasi bo'yicha absolyut nolga nisbatan, ya'ni to'liq vakuumga nisbatan qiymatlariga mos keladi. Nisbiy datchik bosimni nolga teng bo'lmaydigan atmosfera bosimiga nisbatan aniqlaydi.

Datchiklarni tasniflashga boshqa bir ifoda ularning tavsiflarini ko'rib chiqishdan iborat bo'ladi. Datchikni u yoki bu guruhga kiritish uchun u qanday kattaliklarni o'lchashi mumkinligini, uning tavsiflarini, u qanday fizikaviy tamoyilga asosan ishlanganligini, u qaysi qayta shakllantirishlar mexanizmini qo'llashini, qanday materialdan tayyorlanganligini, qaysi sohalarda qo'llanilishini bilish zarur bo'ladi,

Nazorat savollari:

1. Ma'lumotlar to'plash tizimida datchiklarning roli qanday?
2. Datchik nima? Uni o'zgartgichdan farqi nimada?
3. Datchiklar nimalarga mo'ljallangan?
4. Chiqish signalining formati deb nimaga aytiladi?
5. Datchiklarni necha guruhga ajratiladi?
6. Datchiklarning qarshiligini qanday aniqlash mumkin?
7. Datchik aniqligi deganda nimani tushinasiz? U nimaga bog'liq?

8. Parametrik datchiklar deb qanday datchiklarga aytiladi?
9. Chiqish signalining formati deb nimaga aytiladi?

2.2. Datchiklarning asosiy xarakteristikalari

Datchikka kirib kelgan kirish signali chiquvchi elektr signaliga aylanishidan oldin o'zgartirishlarning bir nechta bosqichlari talab qilinishi mumkin. Misol tariqasida optik tolali bosim datchigini ko'rib chiqamiz. Datchikka ta'sir ko'rsatadigan tashqi bosim tolali svetovodning (yorug'lik o'tkazgichning) deformatsiyasini chaqiradi, bu o'z navbatida uning sindirish ko'rsatkichining o'zgarishiga olib keladi, buning oqibatida optik uzatish liniyasining tavsiflari o'zgaradi va fotonlar zichligining modulyasiyalanishi sodir bo'ladi. Fotonlarning natijalovchi oqimi detektorlanadi va elektr tokiga aylanadi. Bunda datchiklar "Qora qutilar" ko'rinishida taqdim qilinadi, bu yerda faqatgina ularning kirishlari va chiqishlaridagi signallar o'rtasidagi o'zaro nisbatlar muhim bo'ladi.

Uzatish funksiyasi

Har bir datchik uchun uning kirishidagi va chiqishidagi signallarni bog'laydigan ideal yoki nazariy o'zaro nisbatni chiqarish mumkin. Agar datchikni ideal tarzda loyihalash, uni ideal materiallardan ideal uskunalar bilan tayyorlash mumkin bo'lganda edi, bunda barcha ishlar ideal xodimlar tomonidan bajarilsa, u holda bunday datchikning chiqishidagi signal har doim tashqi ta'sirning real qiymatiga mos kelgan bo'lar edi. Kiruvchi va chiquvchi signallar o'rtasidagi chiqarilgan ideal o'zaro nisbatni yoki jadval, yoki grafik, yoki matematik ifoda ko'rinishida ifodalash mumkin. Bu ideal (nazariy) ifoda ko'pincha uzatish funksiyasi deb ataladi. Uzatish funksiyasi datchikning S chiqish elektr signali bilan x tashqi ta'sir o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni o'rnatadi:

$$S = f(x). \quad (2.1.)$$

Bu funksiya chiziqli bo'lishi ham, nochiziqli bo'lishi ham (masalan logarifmik, eksponensial yoki darajali) mumkin. Ko'pgina hollarda uzatish funksiyasi bir o'lchamli bo'ladi (ya'ni chiquvchi signalni faqatgina bitta tashqi ta'sir bilan bog'laydi). Bir o'lchamli chiziqli funksiyani quyidagi ko'rinishda taqdim qilish mumkin:

$$S = a + bs \quad (2.2.)$$

Bunda a - doimiy tarkib toptiruvchi (ya'ni chiquvchi signalning tashqi ta'sir nolga teng bo'lgandagi qiymati); b - to'g'ri chiziqning egilishi, u ko'pincha datchikning sezgirligi deb ataladi; s parametr - bu elektr signalining ma'lumotlar to'plash tizimi datchikning chiqish signali sifatida qabul qiladigan tavsifidir. Datchikning xususiyatlariga bog'liq ravishda bu amplituda, chastota yoki faza bo'lishi mumkin.

Logarifmik uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$S = a + b \ln s \quad (2.3.)$$

Esponensial uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$S = ae^{ks} \quad (2.4.)$$

Darajali uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$S = a_0 + a_1 S^k \quad (2.5.)$$

Bunda k - doimiy son.

Biroq datchik yuqorida keltirilgan approksimatsion ifodalar bilan tasvirlashning iloji bo'lmagan uzatish funksiyasiga ega bo'lishi mumkin. Bunday hollarda yuqoriroq tartibli polinomial approksimatsiyalar qo'llaniladi.

Nochiziqli uzatish funksiyalari uchun b sezgirlik, chiziqli bog'lanishlar holatidan farqli o'laroq, konstanta bo'lib hisoblanmaydi. s_0 kirish signalining har bir konkret qiymati uchun uni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$b = \frac{dS(s_0)}{ds} \quad (2.6.)$$

Ko'pgina hollarda nochiziqli datchiklar chegaralangan qiymatlar diapazonining ichida chiziqli deb hisoblanishi mumkin. Kengroq qiymatlar diapazoni uchun uzatish funksiyasi bir nechta to'g'ri chiziqlarning kesmalari ko'rinishida taqdim qilinadi. Bu bo'lakli, chiziqli approksimatsiya deb ataladi. Berilgan uzatish funksiyasini chiziqli bog'lanish ko'rinishida taqdim qilish mumkin bo'lishi yoki mumkin bo'lmasligini aniqlash uchun kirish signalini asta-sekin oshirib borish bilan chiziqli va real modellarda chiqish signalining o'zgarishi kuzatiladi. Agar signallar farqi yo'l qo'yiladigan chegaralardan tashqariga chiqmasa, berilgan datchikning uzatish funksiyasini chiziqli deb hisoblash mumkin bo'ladi.

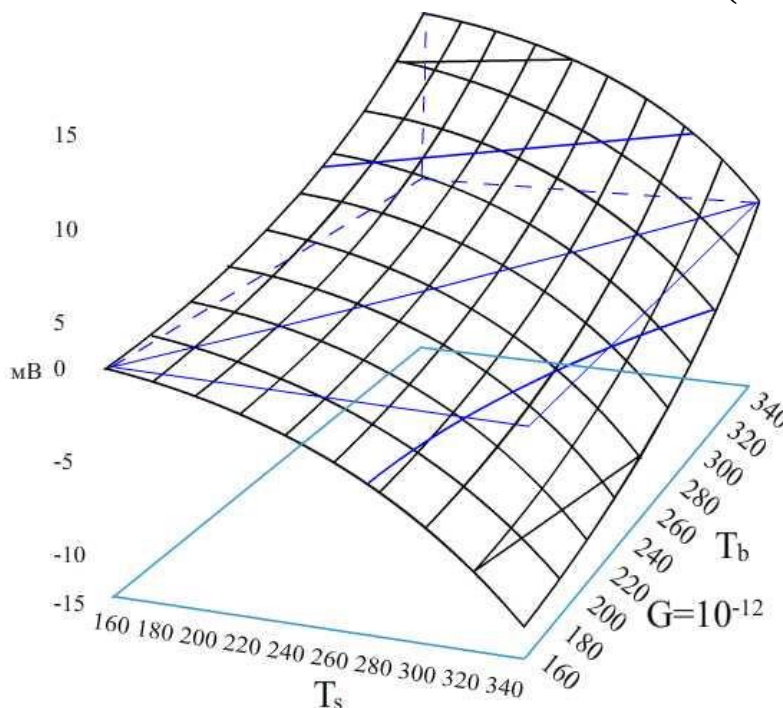
Datchikning kirish signaliga bir nechta tashqi ta'sirlar ta'sir ko'rsatadigan hollarda uning uzatish funksiyasi ko'p o'lchamli bo'lib qoladi. Ikki o'lchamli uzatish funksiyasiga ega bo'lgan datchikka infraqizil harorat datchigi misol bo'la oladi. Uning uzatish funksiyasi ikkita haroratni (T_b - o'lchanadigan obyektning absolyut harorati va T_s - sensor element yuzasining absolyut haroratini) v kuchlanish bilan bog'laydi:

$$V = G(T_b^4 + T_s^4) \quad (2.7.)$$

Bunda G - konstanta. Ifodadan ko'rinib turibdiki, obyektning harorati bilan chiqish kuchlanishi o'rtasidagi bog'lanish (uzatish funksiyasi) faqatgina nochiziqli (to'rtinchi tartibli parabola) bo'lib qolmasdan, u shuningdek, sezgir elementning yuzasidagi haroratga ham bog'liq bo'ladi. Bunday datchikning obyektning haroratiga sezgirlikni aniqlash uchun (2.7.) dan xususiy hosila olish

kerak bo‘ladi:

$$b = \frac{dV}{dT_b} = 4GT_b^3 \quad (2.8.)$$



2.4. rasm. Infraqizil harorat datchigining ikki o‘lchamli uzatish funksiyasi

2.4-rasmda (2.7) tenglamaning uzatish funksiyasi grafik tarzda ko‘rsatilgan. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, chiqish kuchlanishining har bir qiymati ikkita kirish haroratlari bo‘yicha bir qiymatli tarzda aniqlanadi. Shuni qayd qilish lozimki, qoidaga ko‘ra, uzatish funksiyasi “kirishdan chiqish” ko‘rinishida taqdim qilinadi. Biroq datchikdan tashqi ta’sirning miqdorini aniqlash uchun foydalanilganda, “chiqishdan kirish” invers bog‘lanishni olish zarur bo‘ldi. Uzatish funksiyasi chiziqli bo‘lganda teskari bog‘lanishni olish qiyin emas. Biroq tizimda nochiziqliliklar mavjud bo‘lganda, bumasala juda murakkablashadi va ko‘pgina hollarda hisoblashlar uchun yaroqli bo‘lgan analitik ifodani olib bo‘lmaydi. Shunda yana approksimatsion uslublarga murojaat qilishga to‘g‘ri keladi.

O‘lchash diapazoni (maksimal kirish signali)

Tashqi ta’sirlarning datchik qabul qila olishi mumkin bo‘lgan dinamik diapazoni o‘lchanadigan qiymatlar diapazoni (FS) deb ataladi. Bu kattalik kirish signalining datchik yo‘l qo‘yiladigan xatoliklar chegarasidan chiqmasdan elektr signaliga aylantira oladigan mumkin bo‘lgan maksimal qiymatini ko‘rsatadi. Juda keng va nochiziqli amplituda chastota tavsiflariga ega bo‘lgan datchiklar uchun tashqi ta’sirlarning dinamik diapazoni ko‘pincha detsibellarda ifodalanadi, ular yoki quvvat, yoki kuchlanishlar nisbatlarining logarifmik o‘lchami bo‘lib

hisoblanadi. Har doim shuni unutmaslik kerakki, detsibellar absolyut qiymatlarni emas, balki faqatgina kattaliklarning nisbatlarini ifodalaydi. Logarifmik ko‘rinishda aks ettirilgan signallar boshlang‘ich qiymatlarga qaraganda anchagina kichik qiymatlarga ega bo‘ladi, bu amaliyotda bir qator hollarda juda qo‘l keladi. Logarifmik shkala nochiziqli bo‘lib hisoblanishi sababli past darajali signallar unda katta yechim bilan taqdim qilinadi, yuqori darajali signallar esa katta siqilishni boshdan kechiradi. Boshqacha qilib aytganda, logarifmik shkala kichik signallar uchun mikroskop sifatida, katta signallar uchun esa teleskop sifatida ishlaydi. Ta’riflanishiga ko‘ra detsibel ikkita signal quvvatlari nisbatining o‘n logarifmiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$1db = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \quad (2.9.)$$

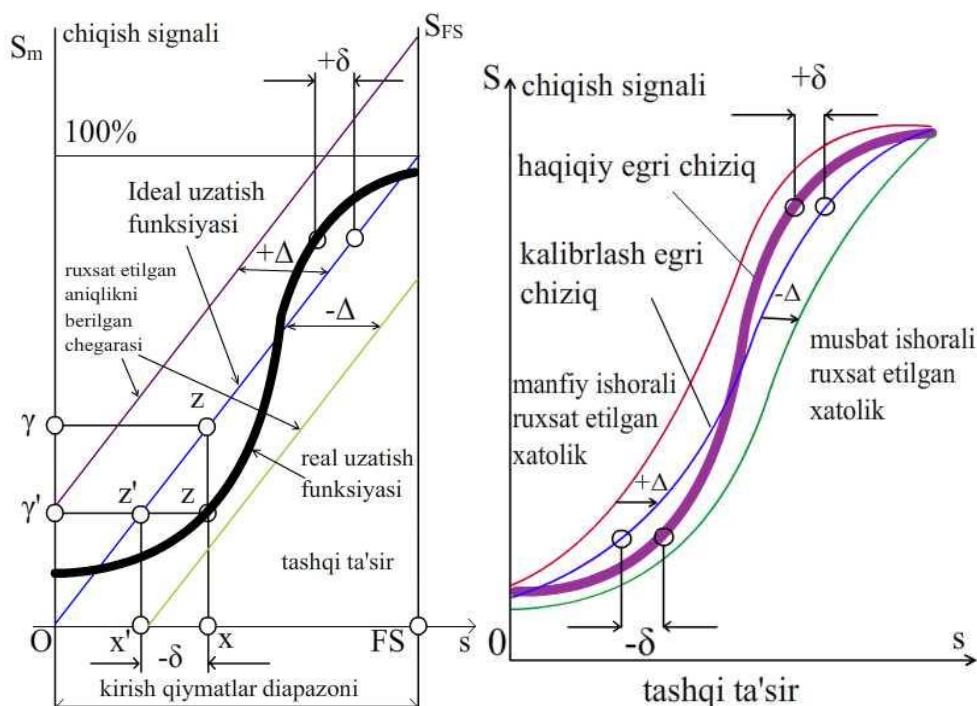
Bundan kelib chiqib shuni tasdiqlash mumkinki, detsibel kuch, tok va kuchlanishlar nisbatlarining logarifmlarini 20 marta oshiradi, ya’ni:

$$1dp = 20 \log \frac{S_2}{S_1} \quad (2.10.)$$

Chiqish qiymatlarining diapazoni

Chiqish qiymatlarining diapazoni [FSO] - bu maksimal va minimal tashqi ta’sirlarda o‘lchangan chiqish elektr signallari o‘rtasidagi algebraik farqdir. Bu kattalikka ideal uzatish funksiyasidan barcha mumkin bo‘lgan chetlashishlar kirishi lozim.

2.5A-rasmda S_{FS} kattalik chiqish qiymatlari diapazonini aks ettiradi.



2.5-rasm. Uzatish funksiyasi (A) va (B) yo‘l qo‘yiladigan xatoliklar

chegaralari

Aniqlik

Aniqlik - har qanday datchikning o'ta muhim tavsifidir. To'g'ri, datchikning aniqligi to'g'risida gapirilganda ko'pincha uning *noaniqligi* yoki *o'lchashlardagi xatoligi* tushuhiladi. O'lchashlar xatoligi deganda, qoidaga ko'ra, real va ideal datchiklarning ko'rsatishlari o'rtasidagi maksimal farqning kattaligi tushuniladi. O'lchangan qiymat real qiymatga ma'lum bir ishonchlilik darajasi bilan mos keladi deb hisoblanadi. Datchikning xatoligini shuningdek, datchikdan chiqish signali bo'yicha hisoblangan qiymat bilan berilgan kirish signalining real qiymati o'rtasidagi farq ko'rinishida ham taqdim qilish mumkin. Masalan, chiziqli siljishlar datchigini ko'rib chiqamiz. Ideal holatda, agar uning b sezgirliги 1mV/mm ga teng bo'lsa, obyekt 1 mm ga siljiganda chiqishdagi kuchlanish 1 mV ga o'zgarishi lozim. Biroq amaliyotda obyekt $s = 10\text{ mm}$ masofaga siljiganda chiqish kuchlanishi $10,5\text{ mV}$ ga o'zgargan, ya'ni $5 = 10,5\text{ mV}$. Bu qiymatni invers uzatish funksiyasi yordamida aylantirish bilan bunday kuchlanishda obyektning siljishi $s_x = \frac{S}{b} = 10,5\text{ mm}$ ga teng bo'lishi lozimligini, ya'ni haqiqiysidan $0,5\text{ mm}$ ga oshiq bo'lishi lozimligini topamiz. Ana shu $0,5\text{ mm}$ o'lchashlar xatoligi bo'lib hisoblanadi. Shundan kelib chiqib shuni tasdiqlash mumkinki, 10 mm diapazon oralig'ida berilgan datchikning o'lchashlar absolyut xatoligi $0,5\text{ mm}$ ni tashkil qiladi, nisbiy birliklarda esa u $(0,5\text{ mm}/10\text{mm}) \times 100\% = 5\%$ ga teng bo'ladi. Agar tasodifiy xatolar mavjud bo'lsa, bu eksperiment har gal takrorlanganda $0,5\text{ mm}$ ga teng bo'lgan xatolik kuzatiladi, bunda datchik 10 mm diapazonda $0,5\text{ mm}$ ga teng bo'lgan *tizimli xatolikka* ega deyiladi. Biroq qoidaga ko'ra, tasodifiy xatolar har doim mavjud bo'ladi, shu sababli amaliyotda tizimli xatolik ko'pincha eksperimental qiymatlar ko'pligidan olingan o'rtacha qiymat ko'rinishida taqdim qilinadi. 2.5A-rasmda ideal yoki nazariy uzatish funksiyasi ko'rsatilgan. Real hayotda har qanday datchik u yoki bu kamchiliklarga ega bo'ladi. Rasmda qalin chiziq bilan chiziqli va monoton bo'lishi shart bo'lmagan real uzatish funksiyalardan biri ajratib ko'rsatilgan. Real funksiya deyarli hech qachon ideal funksiya bilan mos tushmaydi. Hatto datchiklar bir xil sharoitlarda ishlanganda ham, materiallardagi farqlar, xodimlarning mahoratidagi farqlar, ishlab chiquvchilarning xatolari, ishlab chiqarishda yo'l qo'yiladigan chetlashishlar va hokazolar tufayli ularning uzatish funksiyalari har doim bir-biridan farq qiladi. Biroq ularning hammasi yo'l qo'yiladigan eng chekka xatoliklar chegaralarining ichida yotadigan ideal uzatish funksiyasining chizig'idan $\pm \Delta$ masofada joylashgan ma'lum bir zonaning chegaralaridan tashqariga chiqmasligi lozim. Shundan kelib chiqqan holda real va ideal uzatish funksiyalari o'rtasidagi δ farq har doim Δ dan kichik yoki unga teng bo'lishi lozim. Misol sifatida datchikning

chiqish signali x ga teng bo'lgan holatni ko'rib chiqamiz (2.5A-rasm). Bunda ideal holatda chiqish signali y ga teng bo'lishi lozim, bu uzatish funksiyasidagi z nuqtaga mos keladi. Buning o'rniga real funksiya bo'yicha x qiymatda z nuqtaga duch kelamiz va shundan kelib chiqqan holda ideal uzatish funksiyasida z nuqtaga mos keladigan y' ga teng bo'lgan chiqish signalini olamiz, bu nuqtaga o'z navbatida x' kirish signali mos kelishi lozim. $x' < x$ bo'lganligi sababli berilgan holatda o'lchashlar xatoligi $-\delta$ ga teng bo'ladi.

Datchiklarning aniqligiga gisterezis, o'lik zona, kalibrlash parametrlari, datchiklarning partiyadan partiyaga takrorlanuvchanligi, xatoliklarning qayta yaralishi kabi tavsiflar ta'sir ko'rsatadi. Eng chekka yo'l qo'yiladigan xatoliklar odatda, datchiklarning eng yomon ishchi tavsiflariga to'g'ri keladi. 2.5B-rasmdan ko'rinib turibdiki, kalibrlash aniqroq bajarilganda (masalan, kalibrlash ko'p sonli nuqtalarda o'tkazilganda) kalibrlash egri chizig'i real uzatish funksiyalariga yaqinroqdan o'tadi, bu o'lchashlar aniqligining oshganligini bildiradi. Amaliyotda yo'l qo'yiladigan xatoliklarning chegaralari ideal uzatish funksiyalarning atrofida emas, balki kalibrlash egri chiziqlariga nisbatan o'rnatiladi. Agar ular datchiklarning partiyadan partiyaga farq qilishi xatoliklarini o'z ichiga olmasa, shuningdek, faqatgina bitta maxsus kalibrlangan datchikka tegishli bo'lsa - yo'l qo'yiladigan chegaralar kichrayadi. Bularning barchasi o'lchashlar aniqligini oshiradi, biroq narxlarni ham sezilarli darajada oshiradi, shu sababli ko'pgina hollarda bu uslublarni qo'llab bo'lmaydi.

Datchiklarning xatoligi quyidagi ko'rinishlarda taqdim qilinishi mumkin:

1. bevosita o'lchanadigan kattalikning birliklarida (Δ);
2. maksimal kirish signalining qiymatidan foizlarda;
3. chiqish signalining birliklarida.

100 kPa kirish signallari diapazoniga va 10Ω chiqish signallari diapazoniga ega bo'lgan pyezorezistiv bosim datchigining xatoligini quyidagi birliklarda aniqlash mumkin: $\pm 0,5\%$, $+500 Pa$ yoki $\pm 0,05 \Omega$.

Zamonaviy datchiklarda aniqlik ko'pincha *o'lchashlarning statik xatoligi* kattaligi bilan tavsiflanadi, u tizimli xatoliklarning ta'sirini ham, uzatish funksiyalarini aniqlashda yo'l qo'yilgan xatolarga bog'liq bo'lmagan tasodifiy xatoliklarning ta'sirini ham hisobga oladi.

Nazorat savollari:

1. Datchiklarning xatoligi qanday ko'rinishlarda taqdim qilinishi mumkin.
2. Datchiklarning aniqligi deganda nimani tushinasiz?
3. Chiqish qiymatlarining diapazoni bu?
4. o'lchanadigan qiymatlar diapazoni deganda nimani tushunasiz?

5. Datchiklarning uzatish funksiyasi haqida tushincha bering.
6. Datchikning sezgirligi deb nimaga aytiladi?
7. o'lchashlarning statik xatoligini tushuntirib bering?
8. "Detsibel" bu-?
9. Darajali uzatish funksiyasini qanday ko'rinishga ega bo'ladi?
10. Esponensial uzatish funksiyasini tushuntirib bering?

III -BOB. DATCHIKLARNING FIZIKAVIY TAMOIYILLARI

3.1. Datchiklarning fizikaviy tamoyillari

Datchiklar odatda, noelektr fizikaviy kattaliklarni elektr signaliga qayta shakllantirgichlar bo'lib hisoblanadi. Tashqi ta'sir chiqish elektr signaliga aylanishdan oldin bitta yoki bir nechta qayta shakllantirish bosqichlaridan o'tadi. Bu bosqichlar energiyaning bir turining boshqasiga aylanishini o'z ichiga oladi, oxirgi aylanish esa har doim talab qilinadigan chiqish formatidagi elektr signalining shakllanishidan iborat bo'ladi. Oldingi mavzularda datchiklarning ikkita eng keng tarqalgan tipi to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan va tarkibiy datchiklar to'g'risida gapirib o'tilgan edi. To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar tashqi noelektrik ta'sirlarni bevosita elektr signaliga aylantiradi. Biroq ba'zi bir tashqi signallarni to'g'ridan-to'g'ri elektr signallariga aylantirib bo'lmaydi, buning uchun ular bir nechta qayta shakllantirish bosqichlaridan o'tishi zarur bo'ladi. Misol sifatida shaffof bo'lmagan obyektning ko'chishini detektorlash masalasini ko'rib chiqamiz. Uni yechish uchun optik tolali datchikdan foydalanish mumkin. Bu datchik ishlashi uchun qo'zg'atish signali zarur bo'ladi, signal manbai bo'lib yorug'lik nurlatadigan diod xizmat qiladi. Yorug'lik nurlatadigan dioddan chiqqan yorug'lik tolali yorug'lik o'tkazgich orqali o'tadi va obyekt yuzasidan qaytadi. Qaytarilgan fotonlar oqimi qabul qiluvchi yorug'lik o'tkazgichga kelib tushadi va u bo'ylab fotodiodga yetib boradi. Fotodiodning zanjiridagi tok kuchi yorug'lik o'tkazgichning oxiridan obyektgacha bo'lgan masofaga proporsional bo'ladi. Tasvirlashdan ko'rinib turibdiki, bunday datchikning ish sikli elektr tokini fotonlarga aylantirishning bir nechta bosqichlari, fotonlarning sindiruvchi muhitdan o'tishi, qaytishi va yana elektr signaliga aylanishidan tashkil topadi. Ko'rinib turibdiki, butun detektorlash jarayoni ikkita bosqich - elektr energiyasini qayta shakllantirish va optik signalni boshqarishdan tashkil topadi.

To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar noelektrik ta'sirlarga javob tariqasida chiqishda birdaniga elektr signalini olish imkonini beradigan ba'zi bir fizikaviy hodisalar asosida ishlanishi mumkin. Termoelektriklik (Zeebek hodisasi), pyezoelektriklik va fotoeffekt bunday hodisalarga misol bo'lib hisoblanadi.

Bu bobda tashqi ta'sirni elektr signaliga *to'g'ridan-to'g'ri* aylantirish uchun foydalanilishi mumkin bo'lgan turli fizikaviy hodisalar tasvirlanadi. Bu hodisalarning hammasi fizikaning asosiy qonunlariga asoslanishi sababli ularni qisqacha ko'rib chiqishdan boshlaymiz.

Elektr zaryadlari, maydonlar va potensiallar

Quruq iqlimda yashaydigan odamlar ko'pincha ishqalanish yoki gilamda yurishdan uchqunlar vujudga kelishi hodisasiga duch keladilar. Bu hodisa elektrostatik effekt yoki matolarning bir-biriga ishqalanishi, havoning turbulentligi, atmosferaning elektrlanishi va hokazolar tufayli vujudga keladigan elektr

zaryadlarining ozod bo'lish jarayoni deb ataladi. Zaryadlarning ikkita turi mavjud. O'xshash zaryadlar bir-birini itaradi, qarama-qarshi zaryadlar esa bir-biriga tortiladi. Benjamin Franklin (1706-1790) boshqa xizmatlari bilan bir qatorda birinchi amerikalik fizik bo'lgan. Aynan u zaryadlarning ikkita tipiga nom bergan biri *musbat*, boshqasi *manfiy* zaryad deb atala boshlagan. Bu nomlanishlar hozirgi kungacha saqlanib kelmoqda. Franklin momaqaldiraq paytida uchadigan havo iloni bilan juda ajoyib, atmosferaning elektrlanishi ishqalanish kuchlarining ta'siri natijasida paydo bo'lishini tasdiqlaydigan tajriba o'tkazgan. Tajribani o'tkazish paytida uning judayam omadi kelgan bu tajribani takrorlashga uringan va yashindan olingan jarohatlar tufayli halok bo'lgan boshqa bir qancha yevropalik tadqiqotchilardan farqli o'laroq u tirik qolgan.

Elektrostatik effekt zaryadlarning mexanik qayta taqsimlanishi natijasida vujudga keladi. Masalan, shisha sterjen ipak mato bilan ishqalanganda uning yuzasidan elektronlarning olib ketilishi sodir bo'ladi va natijada unda musbat zaryadlar oshiqcha bo'lib qoladi, bu uni musbat zaryadlangan qilib qo'yadi. Shuni qayd qilish lozimki, elektr zaryadlari yemirilmaydiyam, yaralmaydiyam ular faqatgina bir joydan boshqa joyga ko'chishi mumkin. Masalan, "manfiy zaryadning uzatilishi" degan jumla elektronlar bir obyektдан olinishi va boshqasiga ko'chirib o'tkazilishini bildiradi, bu - obyektни manfiy zaryadlangan qilib qo'yadi. Elektronlarini yo'qotgan obyekt musbat zaryadlangan bo'lib qoladi.

Elektrostatik effekt obyektдаgi zaryadlangan zarrachalarning umumiy soniga nisbatan elektronlarning unchalik ko'p bo'lmagan soni bilan vujudga keladi. Har bir obyektда zaryadlarning real soni juda katta bo'ladi. Buni namoyish qilish uchun Isent qiymatga ega bo'lgan amerika mis tangasidagi elektronlar sonini sanaymiz (to'g'ri, hozirgi kunda Isentlik tangalar rux qotishmasidan quyiladi va galvanik usulda mis bilan qoplanadi, biroq 1982 yilgacha ular sof misdan bo'lgan). Tanga 3,1 g og'irlikka ega, shu sababli uning tarkibiga kiradigan atomlarning umumiy soni $2.9 \cdot 10^{22}$ ga teng

bo'lishini tekshirib ko'rish qiyin emas. Mis atomining yadrosi $4.6 \cdot 10^{18}$ KI musbat zaryadga ega, elektronlar ham huddi shuncha - biroq manfiy qutbli zaryadga ega. Tanganing tarkibiga kiradigan barcha elektronlarning q yig'indi zaryadi $(4.6 \cdot 10^{18} \text{ KI/atom}) \cdot (2.9 \cdot 10^{22} \text{ atomlar})$ yoki $1.3 \cdot 10^5 \text{ KI}$ ga teng bo'ladi, bu juda katta kattalik bo'lib hisoblanadi. Faqat bitta tangadan olingan bunday elektron zaryadi 0,91 A tokning manbai bo'lib xizmat qilishi mumkin, u 100 vattli lampochkani 40 soat davomida oziqlantirishga yetadi.

Elektr zaryadiga bo'lgan munosabatiga ko'ra materiallarni uchta guruhga ajratish mumkin: o'tkazgichlar, dielektriklar va yarim o'tkazgichlar. O'tkazgichlarda elektr zaryadlari (elektronlar) materialning ichida erkin ko'chadi, dielektriklarda esa ular bunday qila olmaydi. Garchi tabiatda ideal dielektriklar

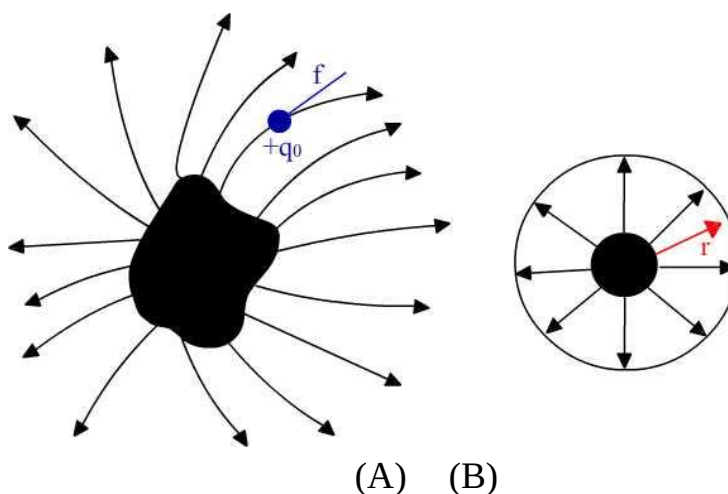
mavjud bo'lmada, turli materiallarning izolyasion tavsiflari bir-biridan sezilarli darajada farq qiladi (masalan, kvarts va misda ular 10^{25} marta farq qiladi), shu sababli ko'pgina materiallar juda yaxshi dielektriklar bo'lib hisoblanadi. Yarim o'tkazgichlar o'zining elektr zaryadlarini o'tkazish qobiliyati bo'yicha o'tkazgichlar bilan dielektriklarning orasida joylashadi. Kpenniy va germaniy eng yaxshi yarim o'tkazgichlar bo'lib hisoblanadi. Yarim o'tkazgichlar ma'lum bir elementlarning unchalik ko'p bo'lmagan miqdori bilan legirlanganda, ularning elektr o'tkazuvchanligi keskin ortadi, bu maqsadlar uchun ko'pincha mishyak va bor qo'llaniladi. 3.1A-rasmda q musbat zaryadga ega bo'lgan obyekt ko'rsatilgan. Agar bu obyektning atrofiga unchalik katta bo'lmagan musbat test zaryadi kiritilsa, unga itaruvchi elektr kuchlari ta'sir ko'rsata boshlaydi. Agar obyekt manfiy zaryadlangan bo'lsa, u test zaryadini torta boshlaydi. Itarish yoki tortish kuchini vektor formada F vektor bilan (qora qilib ajratib ko'rsatish bu kattalik vektor kattalik bo'lib hisoblanishini bildiradi) ifodalash mumkin. Kuch test zaryadiga zaryadlar o'rtasida fizikaviy kontakt bo'lmaganda ta'sir ko'rsatishi fakti ularning o'rtasidagi kenglikda elektr maydoni borligini bildiradi.

Har bir nuqtadagi elektr maydonini zaryadga ta'sir ko'rsatuvchi kuchning kattaligi bo'yicha aniqlash mumkin:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (3.1)$$

$$q_0 = eN \quad (3.2)$$

Bu yerda E - F kuch bilan bir xil yo'nalishdagi vektor, q_0 esa - skalyar kattalik bo'lib hisoblanadi. Bunda test zaryadi obyektning elektr maydoniga putur yetkazmasligi uchun juda kichik bo'lishi lozim. Ideal holatda u cheksiz kichik bo'lishi lozim, biroq har qanday zaryad kvantli tabiatga ega bo'lganligi sababli uning kattaligi elektronning zaryadidan kichik bo'la olmaydi: $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Kl. N -zaryadlangan zarralar soni.



3.1-rasm. A - musbat test zaryadi zaryadlangan obyektning atrofiga kiritilgan; B - sferik obyektning elektr maydoni

3.1A-rasmda elektr maydoni kuch chiziqlari ko‘rinishida ko‘rsatilgan, ular kenglikning har bir nuqtasida kuch vektoriga urinmalar bo‘lib hisoblanadi. Aniqlanishiga ko‘ra kuch chiziqlari musbat zaryadlangan obyektidan chiqadi va manfiy zaryadlangan obyektga kiradi. Kuch chiziqlarining zichligi kenglikning oxirgi hajmida E elektr maydonining kuchlanganligi bilan belgilanadi.

Fiziklar uchun har qanday maydon - bu kenglikning berilgan sohasi ichidagi hamma nuqtalar uchun bir paytda aniqlash mumkin bo‘ladigan fizikaviy kattalikdir. Masalan: harorat maydonlari, elektr maydonlari va magnit maydonlari. Maydonni xarakterlaydigan o‘zgaruvchi yoki skalyar kattalik (misol harorat maydoni), yoki vektor kattalik (misol - yerning atrofidagi gravitatsiya maydoni) bo‘lishi mumkin. Maydon statsionar yoki vaqtda o‘zgaradigan bo‘lishi mumkin. Har qanday vektor maydonning tavsifi unda vektorlarning taqsimlanishiga mos keladigan fizikaviy kattalik hisoblanadi, u oqim (F) deb ataladi. Oqim so‘zi lotincha “oqmoq” felidan kelib chiqqan. Har qanday maydondagi oqimni suyuqlikning (suvning) v vektor bilan tasvirlanadigan, har qanday berilgan nuqtada oqimning o‘zgarish tezligiga mos keladigan bir tekis stasionar oqimi bilan solishtirish mumkin. Maydon elektr maydoni bo‘lgan holatda v vektor E vektor bilan almashtiriladi, E vektor elektr maydonining tavsifi bo‘lib hisoblanadi, bunda F oqim barcha kuch chiziqlarining jamlanmasiga mos keladi. S gipotetik yopiq yuza uchun (Gauss yuzasi) q zaryad bilan F oqim o‘rtasidagi bog‘lanishni quyidagicha yozish mumkin:

$$\varepsilon_0 F_E = q \quad (3.3)$$

Bunda $\varepsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$ - elektr doimiysi. Yoki integral bog‘lanish ko‘rinishida:

$$\varepsilon_0 \int E ds = q \quad (3.4)$$

Bu yerda integral F_E ga teng. Gauss qonuni nomi bilan ma‘lum bo‘lgan keltirilgan tenglamalarda q zaryad yopiq kenglik ichidagi to‘liq zaryadga mos keladi. Agar yopiq kenglikning ichida musbat va manfiy zaryadlarning turlicha soni mavjud bo‘lsa, F_E to‘liq oqim nolga teng bo‘ladi. Bu yuzaning tashqarisidagi zaryad q ga hech qanday ta‘sir ko‘rsatmaydi, xuddi shunday ichki zaryadlangan zaryadlarning joylashishi ham ham inning qiymatiga hech qanday ta‘sir ko‘rsatmaydi. Gauss qonunidan quyidagi muhim xulosani chiqarish mumkin: izolyasiyalangan o‘tkazgichdagi zaryad har doim muvozanat holatida bo‘ladi va har doim uning yuzasining tashqi tomonida joylashadi. Bu gipotezaning adolatliliigi Gauss va Kulon qonunlari ifodalanishidan ancha oldin isbotlangan. Kulon qonuni

Gauss qonunining oqibati bo'lib hisoblanadi. Unga ko'ra, test zaryadiga ta'sir ko'rsatuvchi kuch bu zaryadgacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'ladi:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} = \frac{kqq_0}{r^2} \quad (3.5)$$

Bu yerda: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ Klon qonunidagi proporsionallik koeffitsiyenti

Gauss qonunining boshqa bir oqibati zaryadlangan jismning tashqarisidagi elektr maydoni uning yuzasiga perpendikulyar yo'nalganligini tasdiqlashdan iborat va kuch chiziqlari vektorlarining modulini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$E = \frac{F}{q} \quad (3.6)$$

F ning o'rniga yuqoridagi (4.4) ifodani qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$E = \frac{kqq_0}{r^2 q} = \frac{kq_0}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \quad (3.7)$$

Bunda r - sferaning markazidan istalgan nuqtasigacha bo'lgan masofa.

Huddi shunday tarzda q zaryadga ega bo'lgan bir jinsli sferaning ichidagi elektr maydoni uchun ifodani yozish mumkin. Bu maydonning kuch chiziqlari radial yo'nalishga ega bo'ladi, ularning moduli esa quyidagi ifodaga mos keladi:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qr}{R^2} \quad (3.8)$$

Bunda R - sferaning radiusi, r - sferaning markazidan uning istalgan nuqtasigacha bo'lgan masofa. Shuni qayd qilish lozimki, sferaning markazida ($r = 0$) elektr maydoni nolga teng bo'ladi.

Agar elektr zaryadi cheksiz uzunlikdagi ingichka sterjen bo'ylab taqsimlangan bo'lsa (4.2A-rasm) maydonning kuch chiziqlari unga perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi, uning kuchlanganligi esa quyidagi tenglamadan olinadigan qiymatlarga teng bo'ladi:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (3.9)$$

Bunda r - sterjengacha bo'lgan masofa (uning qalinligi juda kichik bo'lishi lozim, shunda buni hisobga olmaslik mumkin bo'ladi); λ - zaryadlarning chiziqli zichligi (uzunlik birligiga to'g'ri keladigan zaryad). Cheksiz uzunlikdagi zaryadlangan plastinkaning elektr maydoni ham (3.3 B-rasm) uning yuzasiga perpendikulyar bo'ladi, uning kuchlanganligi esa quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \quad (3.10)$$

$$E = \frac{q}{2\varepsilon_0 S} \quad (3.11)$$

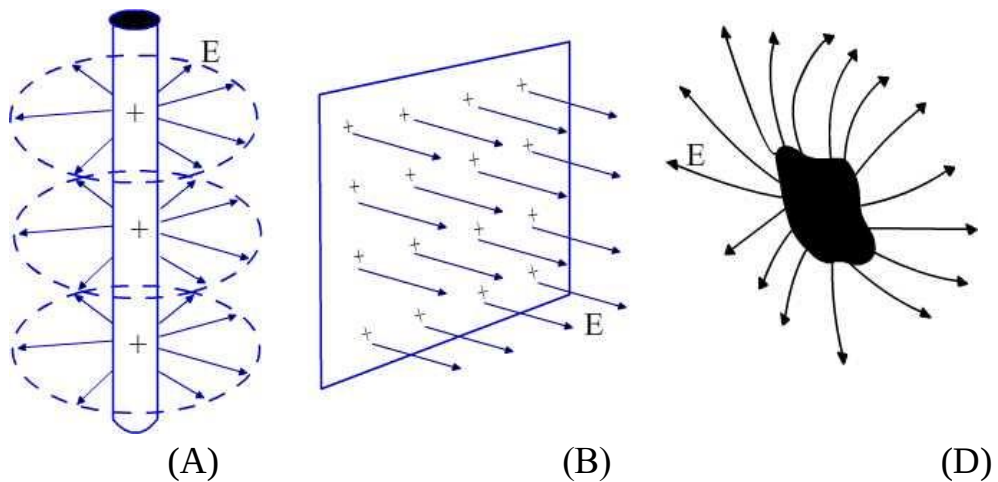
Bunda σ - yuzadagi zaryadning zichligi $\sigma = \frac{q}{S}$ (yuza birligiga to'g'ri keladigan zaryad). Biroq izolyasiyalangan o'tkazuvchi obyekt uchun elektr maydoni ikki marta kuchliroq bo'ladi:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \text{ yoki } E = \frac{q}{\varepsilon_0 S} \quad (3.12)$$

(3.10) va (3.11) tenglamalar o'rtasidagi farq zaryadlangan obyektlarning geometriyasidagi farqlar bilan izohlanadi: birinchisi - cheksiz uzunlikdagi plastinka, ikkinchisi - ixtiyoriy shakldagi jism. Elektr zaryadlari zaryadlangan jismning faqatgina tashqi yuzasi bo'ylab taqsimlanishi Gauss qonunining muhim oqibati bo'lib hisoblanadi. Bu bir nomdagi zaryadlar o'rtasida itarish kuchlarining ta'siri natijasida sodir bo'ladi, shu sababli hamma bir xil zaryadlangan zarrachalar bir-biridan maksimal mumkin bo'lgan masofaga uzoqlashishga harakat qiladi. Buni qilishning birdan-bir yo'li obyektning eng uzoq nuqtasiga, ya'ni uning yuzasiga ko'chishdir. Obyektning yuzasidagi barcha joylardan zaryadlarning joylashishi uchun (eng uzoqda joylashish uchun) eng katta bo'rtiq joylar qulay bo'lib hisoblanadi, aynan shu yerda kuch chiziqlarining eng katta konsentratsiyasi kuzatiladi (3.2D-rasm). Faradey silindri - yoki yerga ulangan tok o'tkazuvchi listlar, yoki metall to'r bilan qoplangan kamera juda foydali ilmiy va muhandislik qurilmasi bo'lib hisoblanadi. Tashqi elektr maydoni qanchalik kuchli bo'lishidan qat'iy nazar, bunday qurilmaning ichida elektr maydoni amalda nolga teng bo'ladi. Aynan shu sababli avtomobillar va metall kemalar momaqaldiroq paytida eng yaxshi pana joy bo'lib hisoblanadi, chunki ular xuddi Faradey virtual qurilmasi kabi ishlaydi. Biroq shuni esdan chiqarmaslik kerakki, garchi bunday qurilmalar elektr maydonlaridan ajoyib himoya bo'lib hisoblansada, agar ularning devorlari qalin ferromagnit materiallardan ishlangan bo'lmasa, ular magnit maydonlari qarshisida mutlaqo befoyda bo'ladi.

Elektr dipoli - bu bir-biridan $2a$ masofada joylashgan ikkita turli nomdagi zaryadlarning kombinatsiyasidir (3.3A-rasm). Zaryadlarning har biri kiritilgan test zaryadiga ularning E_1 va E_2 elektr maydonlari bilan belgilanadigan kuch bilan ta'sir qiladi. Dipolning E natijalovchi elektr maydoni ikkita maydon kuchlanganlik vektorlarining yig'indisidan aniqlanadi. E vektorning modulini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qa}{r^3} \quad (3.13)$$

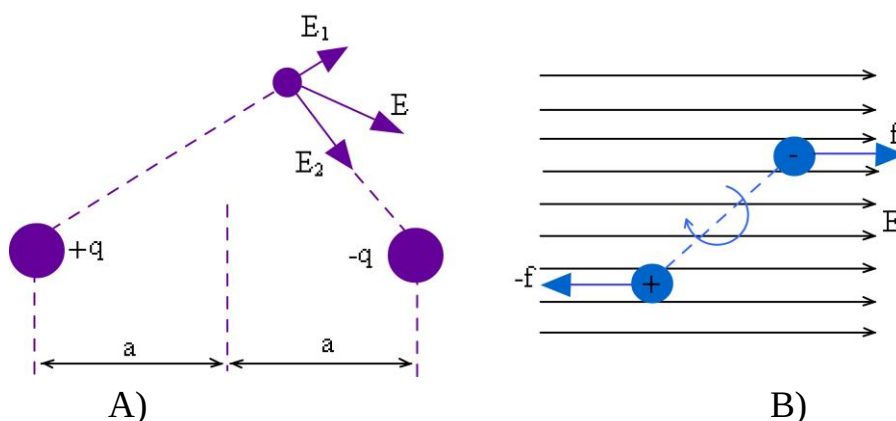


3.2-rasm. Cheksiz uzunlikdagi ingichka sterjen atrofida elektr maydoni, (A)-cheksiz uzunlikdagi plastinka atrofida elektr maydoni, (B)-elektr maydonining turlicha konsentratsiyaga ega bo'lgan, (D)-obyekt geometriyasining o'zgarishini aks ettiradigan kuch chiziqlari

Bu holda zaryadlarning taqsimlanishining muhim tavsiflari q zaryad kattaligi va $2a$ masofa bo'lib hisoblanadi. (3.10) ifodaga bu kattaliklarning ko'paytmasi kirgan, bu shuni bildiradiki, dipoldan turli masofada E elektr maydonining kuchlanganligi o'lchanganda (bu masofa a dan anchagina katta bo'lishi lozim deb hisoblanadi), hech qachon q va $2a$ ning alohida qiymatlarini olib bo'lmaydi, faqatgina ularning ko'paytmasini olish mumkin. Masalan, bir paytning o'zida q ikki marta oshirilganda va a ikki marta kamaytirilganda, elektr maydonining kattaligi o'zgarmasdan qoladi. $2qa$ ko'paytma p dipol momenti deb ataladi. Endi 3.13 ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3} \quad (3.14)$$

Bu yerda P -dipol momenti $P=qll$ -dipol momenti (3.14) l -zaryadlar orasidagi masofa Dipolning kenglikdagi joylashishi uning r vektor ko'rinishida ifodalangan momenti bilan xarakterlanadi. Hamma materiallar ham dipol momentiga ega bo'lavermaydi. Metan, atsetilen, etilen, uglerod dioksidi kabi gazlarda va boshqa ko'pgina gazlarda u yo'q. Bunda uglerod oksidi kuchsiz dipol momentiga ega bo'ladi ($0,37 \cdot 10^{30}$ Ki m). Kuchli dipol momentiga ega bo'lgan moddaga misol sifatida suvni ko'rsatish mumkin ($6,17 \cdot 10^{30}$ Kl m).



3.3-rasm. A - elektr dipoli, B - dipol elektr maydonida aylanish kuchining ta'siriga tortiladi

Dipollar kristall strukturaga ega bo'lgan ba'zi bir materiallarda topilgan. Bu pyezoelektrik va piroelektrik datchiklarni ishlash imkonini bergan. Dipolning dastlabki qaratilishi kristall panjaraning tipi bilan belgilanadi. Dipol elektr maydoniga joylashtirilganda unga aylanish kuchlari ta'sir ko'rsata boshlaydi (3.3B-rasm). Agar elektr maydoni yetarlicha kuchli bo'lsa, dipol uning kuch chiziqlari bo'ylab joylashadi. Bu paytda dipolga ta'sir ko'rsatadigan aylantiruvchi momentni vektor formasida quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\tau = pE \quad (3.15)$$

Dipolning qaratilishini o'zgartirish uchun tashqi elektr maydonida ish bajarilishi lozim. Bu ishni tashqi elektr maydonini generatsiyalaydigan dipoln qurilma tizimida zahiralangan U potensial energiya ko'rinishida ifodalash mumkin. Bu potensial energiya vektor formasida quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\varphi = \frac{kq}{\epsilon r} (r \geq R) \quad (3.16)$$

Dipolning qaratilishining o'zgarish jarayoni *qutblanish* deb ataladi.

Qo'yilgan elektr maydoni materialning kristall panjarasini o'zgarishsiz saqlashga intiladigan kuchlarni yengish uchun yetarlicha kuchli bo'lishi lozim. Qutblanish jarayonini soddalashtirish uchun materialni isitishga murojaat qilinadi, bu uning molekulyar strukturasi harakatchanligini oshiradi. Qutblanish pyezoelektrik va piroelektrik kristallarni tayyorlashda qo'llaniladi.

Zaryadlangan obyekt atrofidagi elektr maydonini faqatgina E kuchlanganlik vektori bilan emas, uning skalyar kattaligi bilan ham tasvirlash mumkin, bu kattalik U elektr potentsiali deb ataladi. Bu har ikkala kattalik bir-biri bilan chambarchas bog'langan, amaliyotda ulardan qaysi birini qo'llash, qoidaga ko'ra, qulay bo'lishi nuqtai nazaridan belgilanadi. Potensialdan kenglikning berilgan nuqtasidagi elektr maydonini tasvirlash uchun kam foydalaniladi. Amaliyotda ko'pincha ikkita nuqta o'rtasidagi potentsiallar farqi (kuchlanish) tushunchasi qo'llaniladi. Ikkita ixtiyoriy nuqta o'rtasidagi kuchlanishni topish

uchun yuqorida tasvirlangan test zaryadi uslubini qo'llash mumkin. Bu yerda test zaryadi rolini juda kichik q_o musbat zaryad o'ynaydi. Aytaylik, elektr zaryadi A nuqtaga joylashtirilgan bo'lsin, bu yerda u muvozanat holatida bo'ladi (nazariy jihatdan, cheksiz uzoq vaqt davomida), bunda unga $q_o E$ ga teng bo'lgan kuch ta'sir ko'rsatadi. Agar endi biz zaryadni A nuqtadan V nuqtaga ko'chirishga urinadigan bo'lsak, bu kuchni yengish bo'yicha ish bajarishimizga to'g'ri keladi. Zaryadni A nuqtadan V nuqtaga ko'chirish uchun elektr maydonining kuchlariga qarshi bajarilgan W_{AB} ishni bu nuqtalar o'rtasidagi kuchlanish kattaligi orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$U_B - U_A = \frac{W_{AB}}{q_o} \quad (3.17)$$

Bu ifodadan kelib chiqib shuni tasdiqlash mumkinki, V nuqtadagi elektr potentsiali A nuqtadagi potentsialga qaraganda kichik bo'ladi. SI birliklar tizimida 1 Volt kuchlanish birligi 1 joulning 1 kulonga nisbati sifatida aniqlanadi ($1 \text{ V} = \text{J/KI}$). Qulay bo'lishi uchun A nuqta qolgan barcha zaryadlardan yetarlicha uzoq bo'lgan masofada tanlanadi (nazariy jihatdan - cheksiz uzoq masofada) va bu nuqtada elektr potentsiali nolga teng deb hisoblanadi. Bundan kelib chiqib kenglikning har qanday nuqtasidagi elektr potentsialini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$U = - \frac{W}{q_o} \quad (3.18)$$

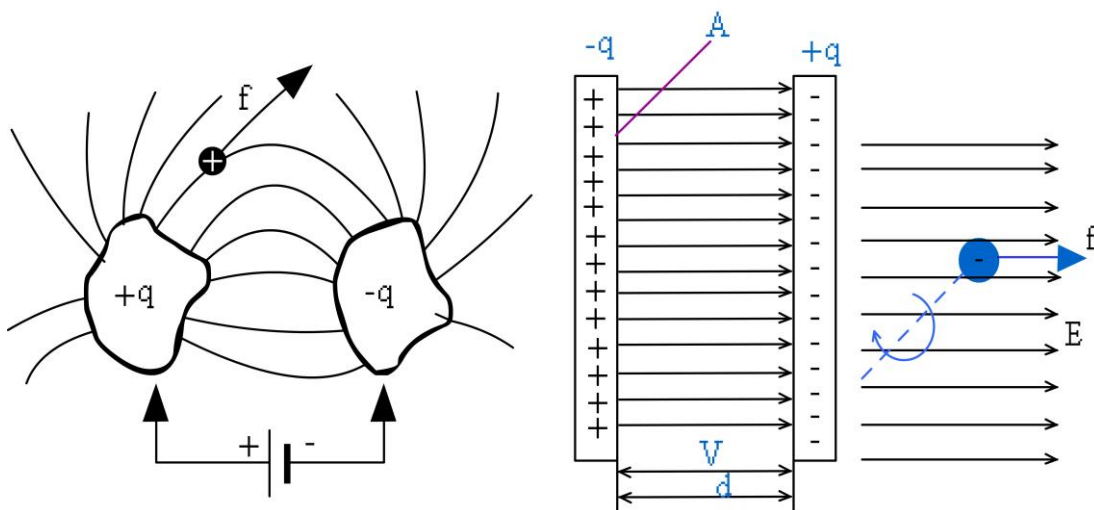
Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, musbat zaryad atrofidagi potentsial musbat bo'lib hisoblanadi. Bu shu bilan izohlanadiki, musbat test zaryadi cheksizlikdan kenglikdagi konkret nuqtaga ko'chganda itarish kuchlarini yengish uchun ish bajariladi. Shu sababli formuladan minus belgisini olib tashlash mumkin. Shuni qayd qilish lozimki, ikkita nuqta o'rtasidagi potentsiallar farqi test zaryadining ko'chish trayektoriyasiga bog'liq bo'lmaydi. U faqatgina tanlangan ikkita nuqta o'rtasidagi elektr maydonining farqini tasvirlaydi. To'g'ri chiziq bo'ylab joylashgan nuqtalarda U kattalikni o'lchashda zaryadning l yo'l bo'ylab ko'chishida U parametrning o'zgarish tezligi shu yo'nalishdagi E maydon kuchlanganligiga mos kelishi ma'lum bo'lgan, ya'ni:

$$E_o = - \frac{dU}{dl} \quad (3.19)$$

Bu formuladagi minus E vektor U parametrning kamayishi tomoniga qarab yo'nalganligini bildiradi. Shu sababli elektr maydonining kuchlanganligini volt/metr (V/m) birliklarda o'lchash mumkin.

Sig'im

Tok o'tazuvchi materialdan ishlangan ixtiyoriy formadagi ikkita obyekt (masalan, plastinkalarni) ko'rib chiqamiz, ularni batareyaning qarama-qarshi qutblariga ulaymiz. Bunda plastinkalar bir xil miqdorda turli nomdagi zaryadlarni oladi, bu manfiy zaryadlangan plastinka qo'shimcha elektronlarni olganligini, musbat zaryadlangan plastinka esa xuddi shu miqdordagi elektronlarni yo'qotganligini bildiradi. Endi batareyani uzamiz. Agar plastinkalar bir-biridan to'liq izolyatsiyalangan bo'lganda va vakumda joylashgan bo'lganda edi, ular olingan zaryadni cheksiz uzoq vaqt davomida saqlagan bo'lar edi. Elektr zaryadini saqlashga qodir bo'lgan, ikkita plastinkadan tarkib topgan qurilma kondensator deb ataladi. Agar zaryadlangan ikkita obyektning orasiga musbat q_0 test zaryadi joylashtirilsa, unga musbat plastinkadan manfiy plastinkaga qarab yo'nalgan elektr kuchi ta'sir ko'rsata boshlaydi. Musbat zaryadlangan plastinka test zaryadini itaradi, manfiy zaryadlangan plastinka esa - uni tortadi. Test zaryadining plastinkalar orasida joylashishiga bog'liq ravishda bu kuch F vektor bilan xarakterlanadigan turli yo'nalish va turlicha kattalikka ega bo'ladi.



3.4-rasm. A - elektr zaryadi va kuchlanish ikkita obyekt o'rtasidagi sig'imni belgilaydi, B – parallel plastinkalarga ega bo'lgan kondensator

Kondensator har ikkala plastinkada to'plangan q zaryad kattaligi va ular o'rtasidagi musbat potentsiallar farqi - φ kuchlanish bilan xarakterlanadi. Shuni qayd qilish lozimki, q kondensatorning nolga teng bo'lgan yig'indi zaryadiga mos kelmaydi, φ esa har bir plastinkaning potentsiali bo'lib hisoblanmaydi, u ular o'rtasidagi potentsiallar farqini aks ettiradi. Zaryadning kuchlanishga nisbati har bir kondensator uchun konstanta bo'lib hisoblanadi:

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (3.20)$$

C doimiy kattalik kondensatorning sig'imi deb ataladi. Sig'imning kattaligi plastinkalarning formasi va ularning bir-biriga nisbatan joylashishiga, shuningdek,

ular o'rtasidagi muhitning xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Shuni qayd qilamizki, C kattalik har doim musbat bo'lib hisoblanadi, chunki (3.20) formulada zaryad va kuchlanish bir xil belgi bilan olinadi. SI birliklar tizimida sig'im birligi Farada hisoblanadi: 1 Farada = 1 Kulon/Volt ($1 F = 1 \text{ Kl/V}$).

Kondensator - juda foydali elektr elementi bo'lib hisoblanadi, undan ko'pincha turli datchiklarda, masalan, masofa, maydon, hajm, bosim, kuch va hokazolarni o'lchaydigan datchiklarda foydalaniladi. 3.4B-rasmda parallel plastinkalarga ega bo'lgan kondensator ko'rsatilgan, unda o'tkazgichlar bir-biridan d masofada joylashgan, A maydonga ega bo'lgan plastinkalar formasida ishlangan. Agar d masofa plastinkalarning o'lchamiga qaraganda ancha kichik bo'lsa, ular o'rtasidagi elektr maydoni bir jinsli bo'ladi, Bu shuni bildiradiki, F kuch chiziqlari parallel va bir tekis taqsimlangan bo'ladi. Elektromagnetizm qonunlaridan shu narsa kelib chiqadiki, plastinkalarning uchlarida eng chekka kuch chiziqlari biroz og'adi, biroq d ning yetarlicha kichik qiymatlari uchun buni hisobga olmaslik mumkin.

Kondensator. Sig'imni hisoblash uchun plastinkalar o'rtasidagi φ potentsiallar farqini va kondensatorning q zaryadini bilish zarur bo'ladi:

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (3.21)$$

Yassi kondensatorning sig'imini topish uchun yana bitta formula mavjud:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} \quad (3.22)$$

Bu yerda: S -qoplamalar yuzsi; d -qoplamalar orasidagi masofa; ε – muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi

Sig'im datchiklarini loyihalashda aynan ana shu bog'lanishdan ko'proq foydalaniladi. U plastinkalarning maydoni bilan ularning orasidagi masofa o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni o'rnatadi. Bu parametrlardan biri o'zgarganda sig'imning qiymati o'zgaradi, buni mos keluvchi sxemalar yordamida etarlicha aniq o'lchash mumkin. Shuni qayd qilish lozimki, (3.21) va (3.22) tenglamalar faqatgina parallel plastinkali kondensatorlar uchun adolatli bo'ladi. Plastinkalarning geometriyasining o'zgarishi bu formulalarning modifikatsiyalanishiga olib keladi. $\frac{S}{d}$ nisbat parallel plastinkali kondensatorning geometrik omili deb ataladi.

3.4A-rasmda silindrik kondensator ko'rsatilgan. U ikkita koaksial silindrlardan tashkil topgan, ularning radiuslari a va b ga, uzunligi esa - l ga teng. Agar $a > b$ bo'lsa, chekkadagi effektlarni hisobga olmaslik mumkin, sig'imni hisoblash uchun esa quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \frac{b}{a}}$$

Bunda: l - ikkita silindrning qoplanish zonasi (3.5B-rasm),

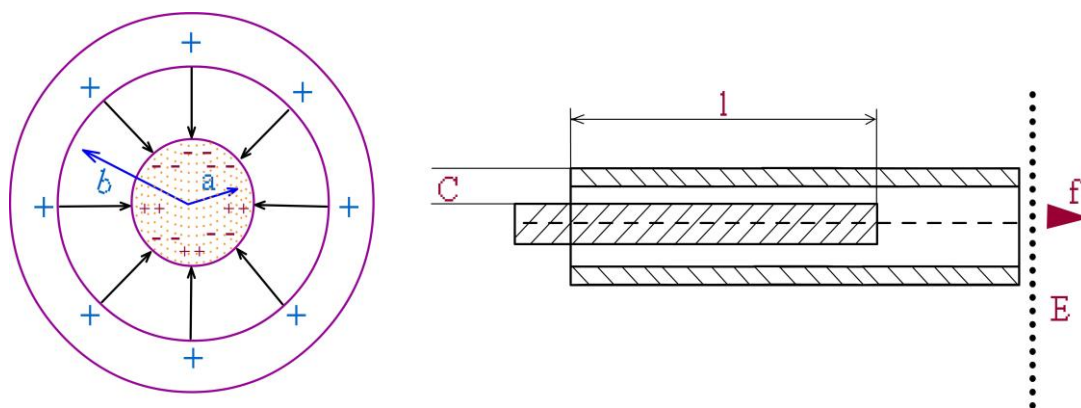
$\frac{2\pi l}{\ln \frac{b}{a}}$ ko'effitsiyent esa koaksial kondensatorning geometrik omili deb

ataladi. Agar ichki silindr tashqi silindrning ichiga siljiy olsa va undan tashqariga qarab siljiy olsa, bunday konstruksiya asosida sig'im bilan ko'chishlar o'rtasida chiziqli bog'lanishga ega bo'ladigan ko'chishlar datchigini ishlash mumkin.

Dielektrik singdiruvchanlik. (3.22) tenglama vakumda (yoki amaliyotda aksariyat hollarda havoda) joylashgan parallel plastinkalarga ega bo'lgan kondensator uchun adolatlidir. M. Faradey 1837-yilda birinchi bo'lib, plastinkalar orasidagi kenglikni dielektrik bilan to'ldirgan va shuni aniqlaganki, bunda kondensatorning sig'imi ϵ ko'effitsiyentga oshgan, bu ko'effitsiyent materialning dielektrik konstantasi deb ataladi (rus tilidagi adabiyotlarda ko'pincha ϵ nisbiy dielektrik singdiruvchanlik tushunchasidan foydalaniladi).

Kondensatorning plastinkalar orasiga dielektrik kiritilganda uning sig'imining ortishi molekulalarning qutblanish hodisasi bilan izohlanadi. Ba'zi bir dielektrlarda (masalan, suvda) molekulalar doimiy dipol momentiga ega bo'ladi, boshqa bir dielektrlarda esa molekulalar faqatgina ular tashqi elektr maydonining ta'siriga tushgandan keyin qutblangan bo'lib qoladi. Bunday qutblanish induksiyalangan qutblanish deb ataladi. Qutblanishning har ikkala holatida qo'yilgan tashqi maydon molekulalarning yo'nalishlarini to'g'rilashga intiladi. Bu jarayon dielektrikning qutblanishi deb ataladi. U 3.6-rasmda ko'rsatilgan.

3.5A-rasmda dipollarning kondensatorga tashqi elektr maydoni berilguncha bo'lgan joylashishi ko'rsatilgan. 3.6B-rasmda esa xuddi o'sha dipollar elektr kuchlanishi ulanganda qanday joylashishi ko'rsatilgan. Birinchi holatda hamma dipollar xaotik qaratilishga ega, ikkinchi holatda esa - kondensatorning zaryadlanish jarayonida hamma dipollar elektr maydonining kuch chiziqlari bo'ylab saflana boshlaydi, biroq issiqlik natijasida aralashib ketish ularga bu jarayonni tugallash imkonini bermaydi. Har bir dipol o'zining elektr maydonini shakllantiradi, bu maydonlar aksariyat hollarda E_0 tashqi elektr maydoniga qarama-qarshi yo'naladi. Ko'p sonli dipollar maydonlarining qo'shilishi tufayli (E'), kondensatorning ichidagi natijalovchi maydon elektr maydoni E ga teng bo'lgan kondensator bilan bo'lgan holatdagiga qaraganda kuchsizroq bo'lib qoladi ($E = E_0 + E'$)



3.5-rasm. A -silindrik kondensator, B - sig'imli ko'chishlar datchigi

Elektr maydonining kamayishi kondensatorda kuchlanishning pasayishiga

olib keladi: $\varphi = \frac{\varphi_o}{\varepsilon}$. Bu ifodani (3.21) formula o'rniga qo'yish bilan

o'tkazgichlarning orasida dielektrikka ega bo'lgan kondensatorning sig'imini topish imkonini beradigan ifodani olamiz:

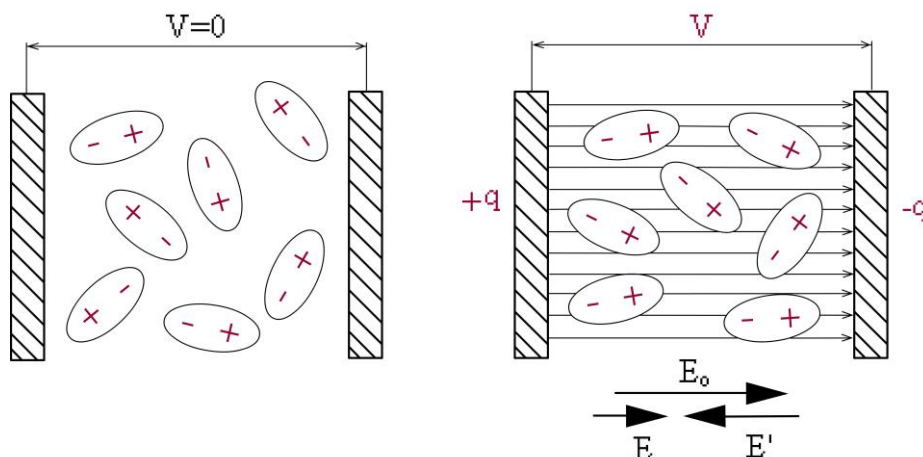
$$C = \frac{q\varepsilon}{\varphi_o} = C_o\varepsilon \quad (3.23)$$

$$\text{bu yerda: } \frac{q}{\varphi_o} = C_o$$

Parallel plastinkalarga ega bo'lgan kondensator uchun quyidagi nisbat o'rinli bo'ladi:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_o S}{d} \quad (3.24)$$

Dielektrik konstantalar berilgan chastota va haroratda aniqlanadi. Ba'zi bir dielektriklarning (masalan, polietilen) dielektrik konstantalari juda keng chastotalar diapazonida ham deyarli o'zgarmaydi, boshqa bir dielektriklar esa chastotaga kuchli salbiy bog'lanishni namoyish qiladi, ya'ni chastota ortishi bilan dielektrik konstantalarning qiymatlari pasayadi.



3.6-rasm. Dielektrikning qutblanishi. A - tashqi elektr maydoni bo'lmaganda dipollar ixtiyoriy qaratilishga ega bo'ladi, B – dipolar qo'yilgan

elektr maydonining kuch chiziqlari bo'ylab saflanadi.

3.7-rasmda uning kirishiga bosqichli issiqlik funksiyasi berilganda piroelektrik datchik uchun qurilgan vaqt diagrammalari ko'rsatilgan. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, elektr zaryadi o'zining pik (eng yuqori) qiymatiga amalda erishadi, so'ngra τ_T issiqlik vaqt doimiysi bilan kamaya boshlaydi. Buni quyidagicha tushuntirish mumkin: qiziganda qutblanish dastlab kristall materialning bir necha atom qalinlikdagi eng yuzadagi qatlamlarida sodir bo'ladi, bu atomlarning harorati lahzada maksimal qiymatgacha o'sadi. Bunda materiallarda maksimal qutblanishni chaqiradigan yuqori harorat gradienti vujudga keladi. Shundan keyin issiqlikning butun piroelektrik bo'ylab tarqalishi sodir bo'ladi, bu issiqlikning bir qismi C issiqlik sig'iminin qiymatiga proporsional tarzda uning massasi tomonidan yutiladi, boshqa bir qismi esa R issiqlik qarshiligi orqali atrof muhitga beriladi. Bularning barchasi dastlabki zaryadning kamayishiga olib keladi. Issiqlik vaqt doimiysi datchikning issiqlik sig'imini uning issiqlik qarshiligiga ko'paytirish bilan aniqlanadi:

$$\tau_T = CR \quad (3.25)$$

Bunda C - sezgir elementning solishtirma issiqlik sig'imi. R issiqlik qarshiligi konveksiya, issiqlik o'tkazuvchanlik va issiqlik nurlanishi orqali atrof muhitga barcha issiqlik yo'qolishlarining funksiyasi bo'lib hisoblanadi. Past chastotali qurilmalarda katta issiqlik vaqt doimiysiga ega bo'lgan datchiklarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi, tezkor harakatlanuvchi tizimlarda esa (masalan, lazer impulslarini o'lchaydigan tizimlarda) τ_T anchagina past bo'lishi lozim. τ_T ni kamaytirish uchun piroelektriklar ba'zan issiqlikni olib ketuvchilar (alyuminiy yoki mis bo'laklari) bilan qoplanadi.

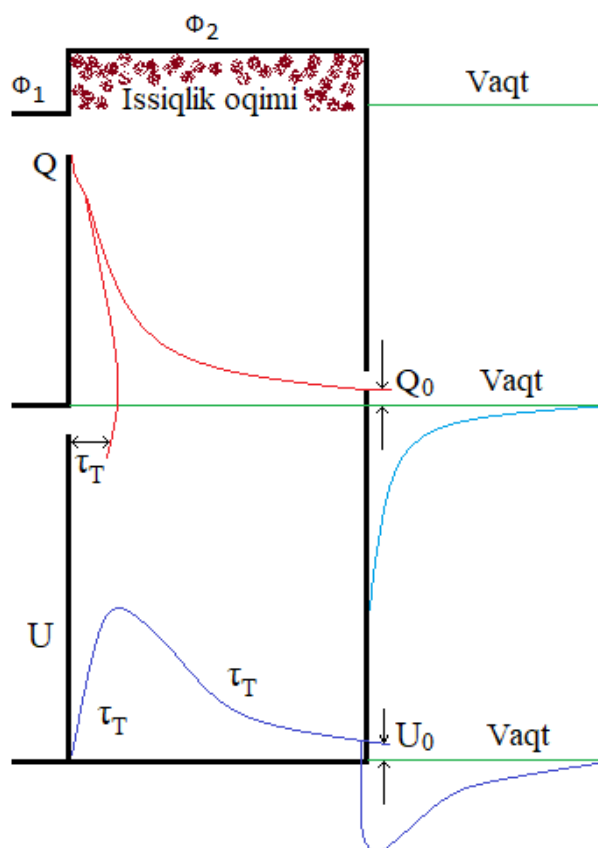
Piroelektrik datchikka juda katta issiqlik sig'imiga ega bo'lgan issiqlik manbai ta'sir ko'rsatadi deb faraz qilamiz, shu sababli uning o'zining issiqlik sig'imini hisobga olmaslik mumkin bo'ladi. Shunda muhitning T_b harorati o'lchashlarni o'tkazish paytida doimiy bo'ladi, datchikning harorati esa vaqtning funksiyasi bo'lib hisoblanadi va detektorning zichligi, solishtirma issiqlik sig'imi va qalinligi bilan belgilanadi. Agar kiruvchi issiqlik oqimi bosqichli funksiya formasiga ega bo'lsa, datchik esa havo muhitida ishlasa, chiqish toki uchun quyidagi approksimatsion ifodani yozish mumkin:

$$i = i_o e^{-\frac{t}{\tau_t}} \quad (3.26)$$

bunda i_o - tokning yuqori qiymati.

3.7-rasmda Q zaryad va U kuchlanish hech qachon nolgacha pasaymasligi ko'rsatilgan. Nima uchun shunday bo'lishini ko'rib chiqamiz: piroelektrik issiqlik energiyasini datchikning a tomonidan oladi, buning hisobiga

materialning harorati ortadi. Haroratning ortishi datchikda zaryadning sapchishiga olib keladi, so'ngra u τ_T vaqt doimiysi bilan kamayadi. Biroq datchik sovuqroq muhit bilan kontaktda bo'ladigan, u orqali issiqlik energiyasining yo'qolishi, ya'ni datchikning sovushi sodir bo'ladigan yana bir b tomonga ega. Sezgir elementning a va b tomonlari turlicha haroratning ta'siriga tortilishi tufayli piroelektrik orqali doimo issiqlik oqimi o'tadi. Piroelektrik datchikning chiqishidagi elektr toki u orqali o'tadigan issiqlik oqimining formasini har doim takrorlaydi. Aniq o'lchashlarni o'tkazish bilan shunga ishonch hosil qilish mumkinki, piroelektrik sensorning chiqish kuchlanishi issiqlik oqimining kattaligiga proporsional bo'lgan V_0 doimiy qiymatiga teng bo'ladi.



3.7-rasm. Piroelektrik sezgir elementning bosqichli issiqlik funksiyasiga reaksiyasi

Xoll effekti. Amerikalik fizik Xoll bu fizikaviy hodisani 1879- yilda ochgan. Dastlab bu effekt metallar, yarim o'tkazgichlar va boshqa tok o'tkazuvchi materiallarning elektr o'tkazuvchanligini aniqlash uchun qo'llanilgan. Hozirgi kunda Xoll datchiklaridan magnit maydonlarini topish va obyektlarning holati va ko'chishini aniqlash uchun foydalaniladi.

Xoll effekti harakatlanadigan elektr zaryadini eltuvchilar bilan tashqi magnit maydoni o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarga asoslanadi. Metallarda elektronlar zaryad eltuvchilar bo'lib hisoblanadi. Elektronlar magnit maydonida

harakatlanganda ularga chetlashtiruvchi kuch ta'sir ko'rsatadi:

$$F = evB$$

Bunda $e \approx 1,6 \cdot 10^{19}$ KI - elektron zaryadining kattaligi, B - magnit induksiyasi. Qora qilib ko'rsatilgan shriftlar F va B vektor kattaliklar bo'lib hisoblanishini bildiradi. Kuchning yo'nalishi va uning kattaligi magnit oqimining kenglikda joylashishi va elektronning harakatlanish yo'nalishiga bog'liq bo'ladi. B ning o'lchov birligi tesla bo'lib hisoblanadi:

$$1\text{Tesla} = \frac{N \cdot s}{Kl \cdot m}$$

Elektronlar B magnit maydoniga joylashtirilgan elektr o'tkazuvchan plastinkaning ichida harakatlanadi deb faraz qilamiz (3.8-rasm). Plastinkaning har ikkala tomoniga voltmetrga ulangan qo'shimcha elektrodlar kiritilgan. Yana ikkita elektrod plastinkaning ustidan va ostidan joylashtirilgan, ular elektr toki manbaiga ulangan. Tashqi magnit maydonining ta'siri tufayli elektronlarni plastinkaning o'ng chekkasiga yaqinroq joyga siljitadigan chetlashtiruvchi kuch vujudga keladi, shu sababli bu tomon chap tomonga qaraganda ko'proq manfiy zaryadlangan bo'lib qoladi. Ko'rinib turibdiki, magnit maydoni bilan elektr tokining o'zaro ta'sirlashishi oqibatida ko'ndalang potentsiallar farqi vujudga keladi, u U_x Xoll kuchlanishi nomini olgan. Bu kuchlanishning belgisi va amplitudasi magnit maydoni va elektr maydonining kattaligiga ham, yo'nalishiga ham bog'liq bo'ladi. O'zgarmas haroratda u quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_x = hB \sin \alpha \quad (3.27)$$

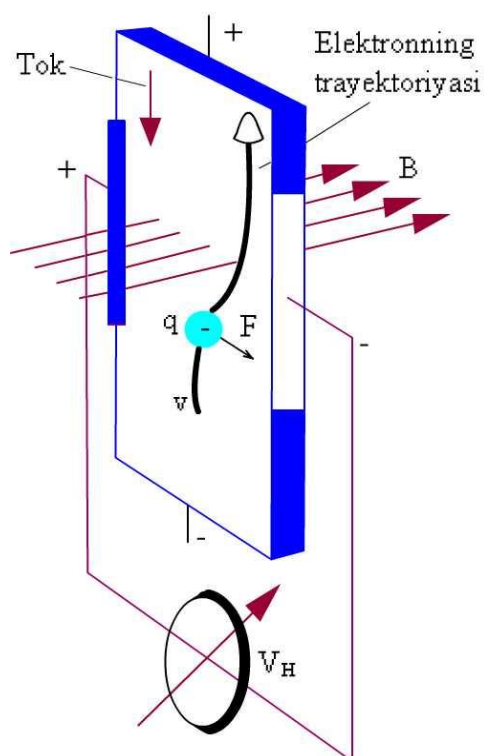
Bunda α - magnit maydoni vektori bilan Xoll plastinkasi tekisligi o'rtasidagi burchak (3.9-rasm), h - datchikning to'liq sezgirliigi, uning qiymatiga plastinka materialining tipi, uning geometriyasi (faol zonaning maydoni) va harorati ta'sir ko'rsatadi.

Xoll datchigining to'liq sezgirliigi Xoll koeffitsiyentiga bog'liq bo'ladi, u ko'ndalang elektr potentsialining magnit maydoni intensivligining birligi va tok zichligining birligiga gradienti bilan aniqlanadi

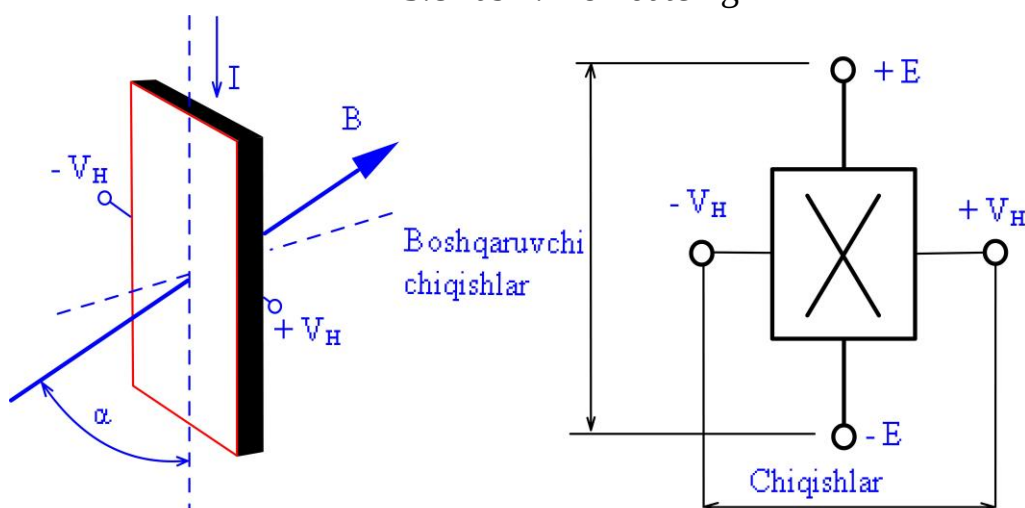
Metallarda erkin elektronlarning bo'lishi nazariyasiga muvofiq Xoll koeffitsiyentini quyidagi ifoda yordamida topish mumkin:

$$N = \frac{1}{Nc q} \quad (3.28)$$

Bunda N - hajm birligidagi erkin elektronlar soni, c - yorug'lik tezligi. $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{sek}$ Materialning kristall strukturasi bog'liq ravishda zaryadlar elektronlar (manfiy), yoki tuynuklar (musbat) bo'lishi mumkin. Shu sababli Xoll effekti musbat yoki manfiy bo'ladi.



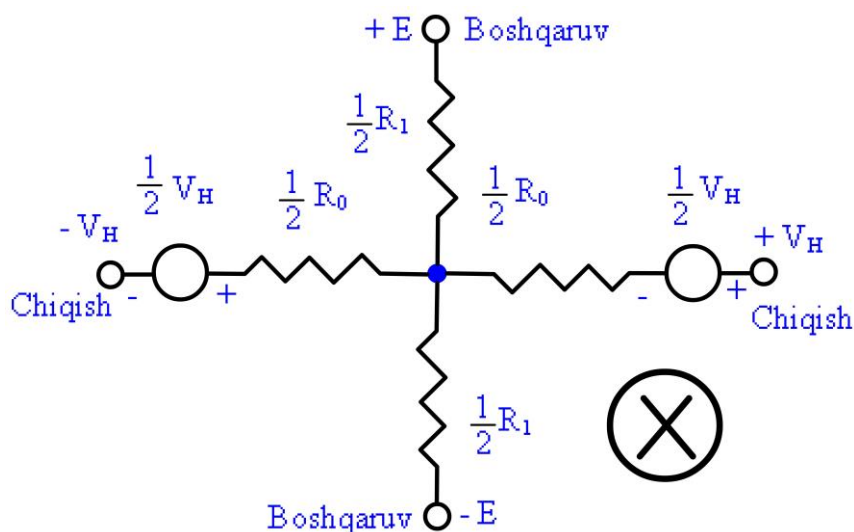
3.8-rasm. Xoll datchigi



3.9-rasm. A - Xoll datchigining chiqish signal magnit maydonining vektori bilan plastinka tekisligi o'rtasidagi burchakka bog'liqligi, B - Xoll datchigining to'rtta chiqishi

Xoll chiziqli datchigi odatda, to'rtta chiqishga ega bo'lgan korpusga joylashtiriladi. Boshqaruv tokini ulash uchun mo'ljallangan chiqishlar R_1 boshqaruvchi chiqishlar, ularning o'rtasidagi qarshilik esa - R_i boshqaruvchi zanjirning qarshiligi deb ataladi. Chiqish kuchlanishini o'lchash uchun mo'ljallangan chiqishlar differensial chiqishlar, ularning o'rtasidagi qarshilik esa - R_o chiqish differensial qarshiligi deb ataladi. Xoll datchigining ekvivalent

sxemasini chiqishlar bilan ketma-ket ulangan 4 ta rezistor va ikkita kuchlanish manbaining tugunsimon ulanishi ko‘rinishida taqdim qilish mumkin (3.10-rasm). 3.9B va 3.10-rasmdagi $\otimes$ belgi V vektor kuzatuvchidan teskari tomonga qarab yo‘nalganligini bildiradi.



3.10-rasm. Xoll datchigining ekvivalent sxemasi

Zeebek va Peltje effektlari. 1821-yilda Estoniyada tug‘ilgan va Germaniyada o‘qigan fizik T. Zeebek (1770-1831) galvanik qurilmalarda issiqlik hodisalarini o‘rganish paytida vismut va misdan tayyorlangan yarim aylana elementlarni tutashtirgan. Tasodifan shu yerda yotgan kompasning strelkasi kutilmaganda burilgan. U bu hodisani metallarning boshqa tutashuvlarida turlicha haroratlarda tekshirib ko‘rgan va har gal magnit maydonining turlicha kuchlanganligi olinishini aniqlagan. Biroq bunda elementlar orqali elektr toki oqishi Zeebekning hayoliga ham kelmagan, shu sababli u bu hodisani termomagnetizm deb atagan.

Agar o‘tkazgich olinsa va uning bir uchi sovuq joyga, ikkinchi uchi issiq joyga joylashtirilsa, issiq uchastkadan sovuq uchastkaga issiqlik energiyasi uzatilishi sodir bo‘ladi. Bunda issiqlik oqimining intensivligi o‘tkazgichning issiqlik o‘tkazuvchanligiga proporsional bo‘ladi. Bunga qo‘shimcha ravishda haroratlar gradienti Tompson effekti bilan shartlanadigan elektr maydonining paydo bo‘lishiga olib keladi (V. Tompson bu effektini taxminan 1850-yilda kashf qilgan. U issiqlikning o‘zining uzunligi bo‘ylab harorat gradientiga ega bo‘lgan bir jinsli o‘tkazgich orqali o‘tadigan tokka chiziqli proporsional tarzda yutilishi yoki ajralib chiqishidan iborat. Bunda agar to κ va issiqlik oqimi qarama-qarshi yo‘nalishlarda yo‘nalgan bo‘lsa - issiqlik yutiladi, ular bir xil yo‘nalishga ega bo‘lganda esa - issiqlik ajraladi). Induksiyalangan elektr maydoni potentsiallar farqi paydo bo‘lishiga olib keladi:

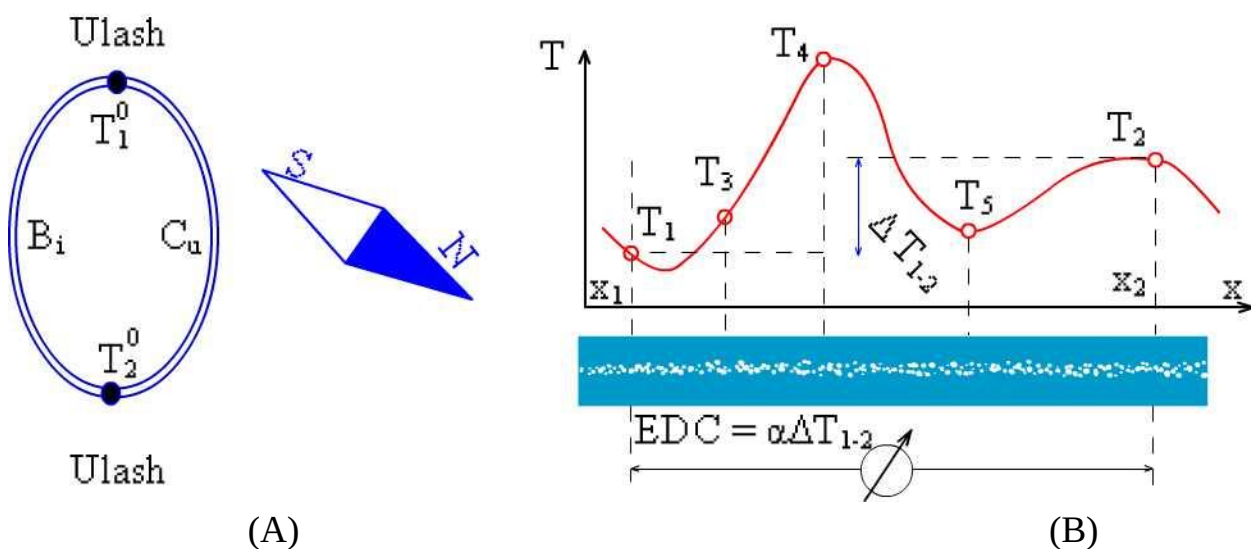
$$\Delta \varphi = a_a \frac{\Delta T}{\Delta x} dx \quad (3.29)$$

Bunda ΔT – unchalik katta bo'lmagan Δx uzunlikdagi uchastkada harorat gradienti, a_a - materialning *absolyut Zeebek koeffitsiyenti*.

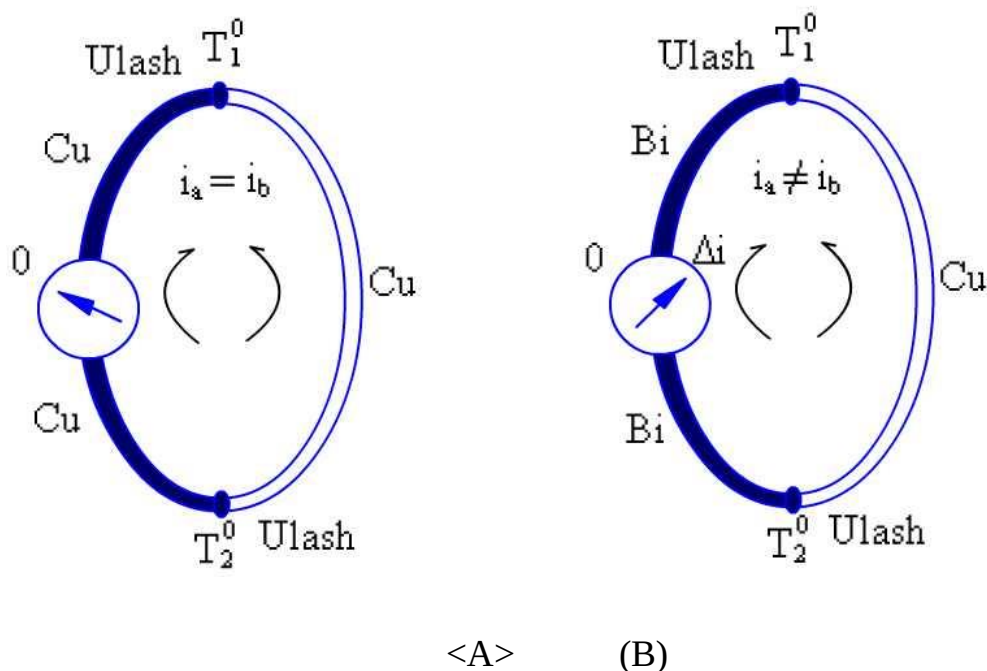
Agar material bir jinsli bo'lsa, a_a uning uzunligiga bog'liq bo'lmaydi va tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\Delta \varphi_a = a_a \Delta T \quad (3.30)$$

(3.30) tenglama termoelektrik effektning asosiy matematik ifodasi bo'lib hisoblanadi. 3.11B-rasmda T harorat uning x uzunligi bo'ylab notekis taqsimlangan o'tkazgich ko'rsatilgan. Ixtiyoriy joylashgan nuqtalar o'rtasidagi harorat gradienti ular o'rtasidagi termoelektr yurituvchi kuchni belgilaydi. Haroratlarning boshqa qiymatlari (masalan T_3, T_4 va T_5) 1 va 2 nuqtalar o'rtasidagi elektr yurituvchi kuchning qiymatiga ta'sir ko'rsatmaydi. Elektr yurituvchi kuchni o'lchash uchun voltmetr o'tkazgichga 3.11B-rasmda ko'rsatilgandek qilib ulanadi. Bu bir qarashda osonday bo'lib ko'rinadi, biroq, aslida, bunday emas. Termoelektr yurituvchi kuchni o'lchash uchun voltmetrning qisqichlarini mos keluvchi tarzda ulash kerak bo'ladi. Biroq voltmetrning qisqichlari ko'pincha tadqiq qilinadigan o'tkazgichdan farqli bo'lgan o'tkazgichdan ishlangan bo'ladi. Termoelektr yurituvchi kuchni o'lchash uchun mo'ljallangan oddiy konturni ko'rib chiqamiz (3.12A -rasm). Bunday konturda o'lchagich o'tkazgich bilan ketma-ket ulanadi. Agar kontur bir xil materialdan ishlangan bo'lsa, hatto uning uzunligi bo'ylab harorat bir tekis bo'lmagan taqdirda ham, zanjirda tok bo'lmaydi. Bu holatda konturning ikkita yarmi teng qiymatli, biroq qarama-qarshi yo'nalgan toklarni hosil qilishi sababli, ular bir-birini yo'q qiladi. Termoelektr yurituvchi kuch notekis haroratli har qanday o'tkazgichda vujudga keladi, biroq ko'pincha uni to'g'ridan-to'g'ri o'lchashning iloji bo'lmaydi.



3.11-rasm. A - Zeebektajribasi, B - o'tkazgich bo'ylab o'zgaradigan harorat



3.12-rasm. Termoelektrik kontur. A - identik metallarning tutashuvi, B - turli metallarni tutashtirish

Termoelektrikni tadqiq qilish uchun ikkita *turli* materiallardan (yoki bir xil, biroq turlicha sharoitlarda joylashgan, masalan, biri - kuchlangan holatda bo'lgan, boshqasi esa - kuchlangan holatda bo'lmagan materiallardan) tarkib topgan konturga ega bo'lishi zarur bo'ladi. Faqat shundagina ularning termoelektrik xususiyatlaridagi farqlarni aniqlash mumkin bo'ladi. 3.12B-rasmda ikkita turlicha metallardan tarkib topgan, unda $\Delta i = i_a - i_b$ toklar farqi vujudga keladigan kontur ko'rsatilgan. Δi kattalik ko'pgina omillarga bog'liq bo'ladi, o'tkazgichning shakli va o'lchami ham shu hisobga kiradi. Agar tutashmagan o'tkazgichda tokning o'rnida kuchlanish o'lchansa, potensiallar farqi faqatgina materiallarning tipi va ularning harorati bilan belgilanadi va boshqa hech qanday omilga bog'liq bo'lmaydi. Issiqlik tomonidan induksiyalangan potensiallar farqi Zeebek kuchlanishi deb ataladi.

Ikkita o'tkazgich bir-biri bilan tutashtirilsa nima sodir bo'ladi? Metalldagi erkin elektronlar o'zlarini xuddi ideal gaz kabi tutadi. Elektronlarning kinetik energiyasi materialning harorati bilan belgilanadi. Biroq turli materiallarda erkin elektronlarning energiyasi va zichligi bir xil bo'lmaydi. Bir xil haroratda bo'lgan ikkita turlicha material bir-biri bilan tutashtirilganda erkin elektronlar diffuziya hisobiga tutashuv joyi orqali aralashib ketadi. Elektronlarni qabul qilib olgan materialning elektr potentsiali ko'proq manfiy bo'lib qoladi, elektronlarni bergan materialniki esa - ko'proq musbat bo'lib qoladi. Tutashuvning ikki tomonida elektronlarning turlicha konsentratsiyasi diffuziya jarayonini muvozanatlaydigan elektr maydonini shakllantiradi, natijada qandaydir bir muvozanat qaror topadi.

Agar kontur yopiq bo'lsa va har ikkala tutashma bir xil haroratda joylashgan bo'lsa, ularning atrofidagi elektr maydonlari bir-birini o'zaro yo'q qiladi, tutashuv joylari turlicha haroratga ega bo'lganda bunday voqea sodir bo'lmaydi.

Keyingi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, Zeebek effekti tabiati bo'yicha elektr hodisasi bo'lib hisoblanadi. Shuni ta'kidlash mumkinki, o'tkazgichlarning termoelektrik xususiyatlari - bu materiallarning xuddi elektr o'tkazuvchanlik va issiqlik o'tkazuvchanlik kabi hajmiy xususiyatlaridir, α_a ko'effitsiyent esa - materialning noyob tavsifi bo'lib hisoblanadi. Ikkita turli materialni (A va V) kombinatsiyalashda har doim Zeebek kuchlanishini aniqlash talab qilinadi. Buni *Zeebek differensial ko'effitsiyenti* yordamida bajarish mumkin:

$$\alpha_{AV} = \alpha_A - \alpha_B \quad (3.31)$$

Shunda tutashuvdagi kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$U_x \Delta U_{AV} = \alpha_{AB} \Delta T \quad (3.32)$$

(3.32) tenglama ba'zan differensial ko'effitsiyentni aniqlash uchun qo'llaniladi:

$$\alpha_{AV} = \frac{\Delta U_{AB}}{\Delta T} \quad (3.33)$$

Masalan, T-tipidagi termojuftlik uchun harorat gradiyentidan kuchlanish funksiyasini ikkinchi tartibli tenglama yordamida yetarlicha darajadagi aniqlik bilan approksimatsiyalash mumkin:

$$U_{AV} = \alpha_o + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 = -0,0543 + 4,094 \cdot 10^{-2} T + 2,874 \cdot 10^{-5} T^2 \quad (3.34)$$

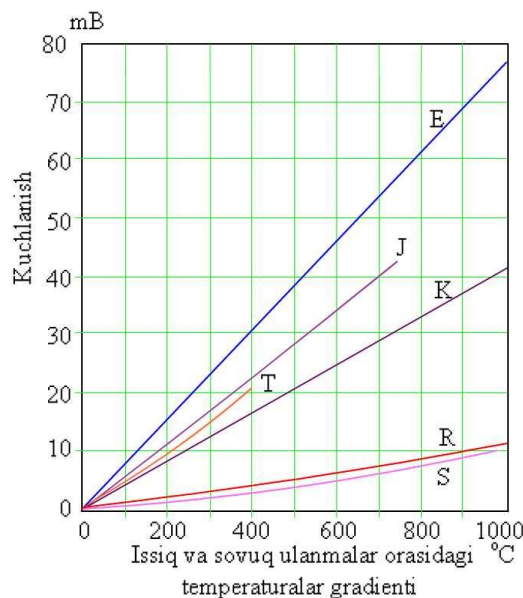
Shunda Zeebek differensial ko'effitsiyenti uchun ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\alpha_T = \frac{\Delta U_{AB}}{\Delta T} = \alpha_1 + 2\alpha_2 T = 4,094 \cdot 10^{-2} + 5,748 \cdot 10^{-5} T$$

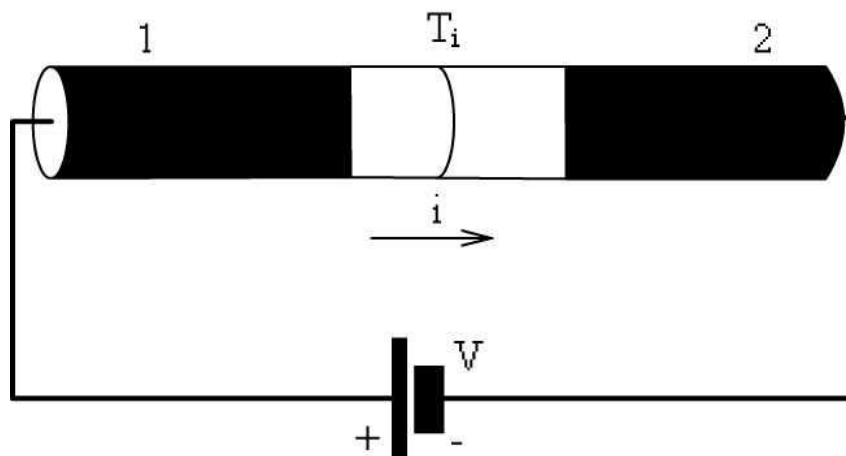
Tenglamadan ko'rinib turibdiki, ko'effitsiyent haroratdan chiziqli funksiya bo'lib hisoblanadi. u ba'zan termojuft tutashmaning *sezgirligi* deb ataladi. Qoidaga-ko'ra, sovuqroq haroratda joylashadigan etalon tutashma *sovuq ulanma*, ikkinchi tutashma esa - *issiq ulanma* deb ataladi. Zeebek ko'effitsiyenti tutashuvning fizikaviy tabiatiga bog'liq bo'lmaydi, metallar buralgan, payvandlangan, kavsharlangan va hokazo bo'lishi mumkin. Faqatgina kavsharlarning harorati va metallarning xususiyatlari ahamiyatga ega bo'ladi. Zeebek effekti issiqlik energiyasining elektr enargiyasiga to'g'ridan- to'g'ri aylanishi bo'lib hisoblanadi.

1826-yilda A. Bekkerel Zeebek effektidan haroratni o'lchash uchun foydalanishni taklif qilgan. Biroq termojuftlikning birinchi konstruksiyasi Genri Le-Shatelye tomonidan oradan qariyb oltmish yil o'tgandan keyin yaratilgan. U platina bilan platina va rodiiy qotishmasidan tayyorlangan simlarni tutashtirish eng katta termokuchlanishni olish imkonini berishini aniqlashga muvaffaq bo'lgan. Le-

Shatlye metallarning ko‘plab kombinatsiyalarining termoelektrik xususiyatlarini o‘rgangan va tasvirlab bergan. U tomonidan olingan ma’lumotlardan hozirgi kungacha haroratlarni o‘lchashda foydalaniladi. Ilovada termojuftliklarning ba’zi bir keng tarqalishga ega bo‘lgan tiplarining 25°C ga mos keladigan sezgirliklari keltirilgan, 3.13-rasmda esa standart termojuftliklar uchun keng haroratlar diapazonida Zeebek kuchlanishlari ko‘rsatilgan. Shuni qayd qilish lozimki, termoelektrik sezgirlik butun haroratlar intervalida doimiy bo‘lib hisoblanmaydi va termojuftliklar odatda, 0°C da taqqoslanadi. Zeebek effektidan shuningdek, termoelementlarda ham foydalaniladi, ular mohiyati bo‘yicha o‘zlarida bir nechta ketma-ket ulangan termojuftliklarni taqdim qiladi. Hozirgi kunda termoelementlar issiqlik nurlanishlarini detektorlash uchun ko‘p qo‘llaniladi. Simlardan tayyorlangan birinchi termoelementlar Jeyms Joul (1818-1889 y) tomonidan o‘lchash qurilmasining chiqish kuchlanishini oshirish uchun ishlab chiqilgan.



3.13-rasm. Standart termojuftliklarda chiqish kuchlanishining sovuq va issiq kavsharlar o‘rtasidagi haroratlar gradiyentiga bog‘lanishi



3.14-rasm. Peltie effekti •

Hozirgi kunda Zeebek effekti integrallangan datchiklarda qo‘llaniladi,

ularda mos keluvchi materiallar juftliklari yarim o'tkazgich tagliklar yuzasiga surkaladi. Bunday datchiklarga misol bo'lib issiqlik nurlanishlarini aniqlaydigan termoelement xizmat qila oladi. Kremniy yetarlicha katta Zeebek koefitsiyentiga ega bo'lganligi sababli, uning asosida yuqori sezgirlikka ega bo'lgan termoelektrik detektorlar tayyorlanadi. Zeebek effekti E_G -Fermi energiyasining harorat bog'lanishi bilan bog'lanadi, shu sababli n-tipidagi kremniy uchun Zeebek koefitsiyentini qiziqtiradigan harorat diapazonidagi (xona haroratidagi datchiklar uchun) solishtirma elektr qarshiligidan funksiya bilan approksimatsiyalash mumkin:

$$\alpha_a = \frac{mk}{q} \ln\left(\frac{p}{p_o}\right) \quad (3.35)$$

bu yerda $p = 5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ va $m = 2,5$ konstantalar bo'lib hisoblanadi. k - Bolsman doimiysi, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ q - elektr zaryadi. Legiraydigan qo'shimchalar yordamida 0,3...0,6 mV/K atrofida Zeebek koefitsiyentiga ega bo'lgan materiallar olinadi.

o'n to'qqizinchi asrning boshlarida keyinchalik fizikka aylangan fransuz soatsozi Jan Shari Atanas Peltie (1785-1845) elektr tokining bir materialdan ikkinchisiga o'tishida ularning tutashuv joyida issiqlik ajralishi yoki issiqlik yutilishi sodir bo'ladi, bu tokning yo'nalishiga bog'liq bo'lishini aniqlagan:

$$\Delta Q_p = \pm p i dt \quad (3.36)$$

Bunda i - tok kuchi, t - vaqt, p koefitsiyent kuchlanish o'lchamliligiga ega va materialning termoelektrik xususiyatlari bilan belgilanadi. Shuni qayd qilish lozimki, issiqlik miqdori boshqa tutashuvlarning haroratiga bog'liq bo'lmaydi.

Peltie effekti - bu ikkita turlicha metallarning tutashuvidan elektr toki o'tganda issiqlik ajralishi yoki yutilishidir. Bu hodisa tok tashqi manbalardan kirib keladigan holat uchun ham termojuftlikning kavsharlangan joyida Zeebek effekti tufayli induksiyanadigan holat uchun ham xarakterlidir.

Peltie effekti ikkita vaziyatda qo'llaniladi: materiallar tutashgan joyga issiqlik olib borish kerak bo'lganda, yoki issiqlikni olib ketish kerak bo'lganda, bu tokning yo'nalishini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi. Bu hususiyat haroratni pretsizion nazorat qilishni amalga oshirish talab qilinadigan qurilmalarda qo'llanilishga ega bo'lgan. Peltie va Zeebek effektlari bir hil tabiatga ega deb hisoblanadi. Biroq shuni yaxshi anglash kerakki, Peltie va Joule issiqligi bir-biridan farq qiladi. Peltie issiqligi, Joule issiqligidan farqli o'laroq, tok kuchiga chiziqli bog'liq bo'ladi (Joule issiqligi uchida qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgich orqali har qanday yo'nalishda elektr toki o'tganda ajraladi. Bunda ajralib chiqadigan issiqlik energiyasi tokning kvadratiga proporsional bo'ladi: $P = \frac{i^2}{R}$, R - o'tkazgichning

qarshiligi). Peltie issiqlik energiyasining kattaligi va yo'nalishi ikkita turlicha materiallarni tutashtirishning fizikaviy tabiatiga bog'liq bo'lmaydi, balki to'lig'icha ularning hajmiy termoelektrik xususiyatlari bilan belgilanadi, Peltie effektidan spektrning uzoq infraqizil diapazonida ishlaydigan, foton detektorlarining, shuningdek, sovutiladigan oynali gigrometrlarning haroratini pasaytirish uchun qo'llaniladigan termoelektrik sovutgichlarda foydalaniladi.

Shuni esdan chiqarmaslik kerakki, sxemaning turlicha haroratga ega bo'lgan ikkita yoki undan ko'p metallar tutashtiriladigan har qanday joyida har doim termoelektrik tok vujudga keladi. Bu haroratlar farqiga har doim Furiye issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasi hamrohlik qiladi, elektr toki o'tganda esa Joul issiqligi ajraladi. Shu bilan birgalikda elektr tokining o'tishi Peltie effekti turli materiallarning tutashuv joylarida issiqlik ajralishi yoki yutilishi bilan bog'lanadi, bunda shuningdek, haroratlar farqi Tompson effekti - o'tkazgichning o'zining uzunligi bo'ylab qizishi yoki sovushi paydo bo'lishini ham chaqiradi. Bu ikkita issiqlik effekti (Tompson va Peltie effektlari)

Tovush to'liqlari

Tovush to'liqlari deb muhitning (qattiq jismlar, suyuqliklar va gazlarning) ma'lum bir chastota bilan sodir bo'ladigan davriy siqilishlari va kengayishlariga aytiladi. Muhitning tarkibiy qismlari to'liqning tarqalish yo'nalishida tebranma harakatlarni sodir qiladi, shu sababli bunday to'liqlar bo'ylama mexanik to'liqlar deb ataladi. *Tovush to'liqi* degan nom odamning qulog'i qabul qiladigan diapazon bilan bog'lanadi, u taxminan 20 ... 20000 Hz intervalni tashkil qiladi. 20 Hz dan past bo'lgan bo'ylama mexanik to'liqlar *infratovushlar*, 20 kHz dan yuqorilari esa - *ultratovushlar* deb ataladi. Agar to'liqlarni klassifikatsiyalash boshqa jonivorlarga, masalan, itlarga nisbatan olib borilganda edi, tovush to'liqlarining diapazoni anchagina keng bo'lgan bo'lar edi.

Infratovush to'liqlarini detektorlash qurilish konstruksiyalarini tadqiq qilish, yer qimirlashlarining oldindan aytish va katta geometrik o'lchamlarga ega bo'lgan boshqa obyektlarni o'rganishda qo'llaniladi. Odamlar, garchi ularni eshitmasada, katta amplitudali infratovush to'liqlarini his qiladilar, bunda ularda sarosimaga tushish, qo'rquv va boshqa psixologik holatlar paydo bo'ladi. Tovush diapazonidagi to'liqlarga torlarning tebranishi (tori musiqa asboblari), havo ustunining vibratsiyasi (puflab chalinadigan musiqa asboblari), plastinkalarning ovozi (zarba berib chalinadigan musiqa asboblari, tovush bog'lamlari, ovoz kuchaytirgich) misol bo'ladi. Tovushlarning vujudga kelish tabiati qanday bo'lishidan qat'iy nazar, bunda havoning navbatma-navbat siqilishi va siyraklashishi sodir bo'ladi, bunda to'liqlar hamma tomonga tarqaladi. Tovush to'liqlarining spektri o'ta xilma-xil metronomning oddiy bir xil tovushidan skripkaning yuqori ohanglarigacha bo'lishi mumkin. Shovqin qoidaga ko'ra, juda

keng spektrga ega bo'ladi. U zichlikning bir tekis taqsimlanishiga ega bo'lishi yoki garmonikalarning ma'lum bir chastotalarida paydo bo'lishi mumkin.

Muhit siqilganda uning hajmi v dan $v - \Delta v$ gacha o'zgaradi. ΔP bosim o'zgarishining hajmning nisbiy o'zgarishiga nisbati muhit qayishqoqligining hajmiy moduli deb ataladi:

$$B = \frac{\Delta P}{\Delta v / v} = p_o v^2 \quad (3.37)$$

Bunda p_o - siqilish zonasidan tashqaridagi zichlik, v - tovushning muhitdagi tezligi. Bundan tovushning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\frac{B}{p_o}} \quad (3.38)$$

Tovush to'liqinining organ trubasida tarqalishini ko'rib chiqamiz, bunda havoning har bir kichik hajmiy element muvozanat holatining atrofida tebranma harakatlarni sodir qiladi. Sof garmonika uchun elementar hajmning muvozanat holatiga nisbatan siljishini quyidagi ifoda bilan tasvirlash mumkin:

$$y = y_m \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x - vt) \quad (3.39)$$

bunda x - muvozanat holati, y - muvozanat holatidan siljish y_m - amplituda, λ - to'liqinning uzunligi. Amaliyotda tovush to'liqinida bosimning o'zgarishini ko'rib chiqish qulayroq bo'ladi:

$$p = (kp_o v^2 y_m) \sin(kx - \omega t) \quad (3.40)$$

bunda $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - to'liqinning tartibi, ω - burchak chastotasi, birinchi qavsdagi a'zolar esa tovush bosimining p_m amplitudasiga mos keladi. Shuni qayd qilish lozimki, (3.39) va (3.40) tenglamalardagi sin va cos siljish to'liqlari va bosimning fazalari 90° ga farq qilishini ko'rsatadi.

Bosim muhitning har qanday berilgan nuqtasida doimiy bo'lib hisoblanmaydi. Bosimning lahzalik va o'rtacha qiymatlari o'rtasidagi farq R akustik bosim deb ataladi. To'liqin tarqalayotgan paytda havoning vibratsiyalanayotgan zarrachalari muvozanat holatining atrofida ξ lahzalikka tezlik binoan tebranma harakatlarni sodir qiladi. Akustik bosim bilan lahzalik tezlikning (to'liqinning tezligi bilan adashtirmang) nisbati akustik impedans deb ataladi:

$$Z = \frac{R}{\xi} \quad (3.41)$$

U amplituda va faza bilan xarakterlanadigan kattalik bo'lib hisoblanadi. Ideal muhit uchun (yo'qolishlar bo'lmagan muhit uchun) Z -to'liqinning tezligi

bilan

$$Z = p_o v \quad (3.42)$$

munosabat bilan bog'lanadigan haqiqiy son bo'ladi.

Tovush to'liqlinining I intensivligi birlik maydon orqali uzatilgan quvvat sifatida aniqlanadi. Uni shuningdek, akustik impedans kattaligi orqali ham ifodalash mumkin:

$$I = P \xi = \frac{P^2}{Z} \quad (3.43)$$

Biroq amaliyotda tovush ko'pincha intensivlik bilan emas, balki tovushning darajasi deb ataladigan β parametr bilan xarakterlanadi, u $I_o = 10^{-12} \text{ Wt/m}^2$ standart intensivlikka nisbatan aniqlanadi:

$$\beta = \lg\left(\frac{I}{I_o}\right) \quad (3.44)$$

I_o ning bunday qiymati shuning uchun ham tanlanganki, u odam qulog'i eshitishining pastki chegarasiga mos keladi. β ning o'lchov birligi detsibel (dB) bo'lib hisoblanadi, u Aleksandr Bellning nomi bilan atalgan. $I = I_o$ bo'lganda $\beta = 0$ bo'ladi. Bosim darajalarini ham detsibellar orqali ifodalash mumkin:

$$P = \log_{20}\left(\frac{P}{P_o}\right) \quad (3.45)$$

Bunda $P_o = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ (0,0002 mkbar) = 2,9 10^9 psi.

3.1-jadvalda ba'zi bir tovushlarning darajalari keltirilgan. Odam qulog'i har xil chastotali tovushlarga bir xil reaksiya ko'rsatmasligi sababli, tovush darajalari odatda 1 kHz chastotaga mos keladigan I_o intensivlik uchun keltiriladi, bu yerda eshitish sezgirliги maksimal bo'ladi.

3.1- jadval

1000 Hz chastotaga mos keladigan I_o intensivlik uchun p tovush darajalari

Tovush manbai	dB	Niagara sharsharasi	5
Raketa dvigateli 50 m masofada	200	Tiqilinch avtomobil yo'li	0
Tovush to'sig'idan oshib o'tish	160	Avtomobil 5 m masofada	5
Gidravlik press 1 m masofada	130	Idish yuvish mashinasi	0
Og'riq ostonasi	120	1 m masofadan gaplashish	0
10 Wt Hi-Fi ovoz kuchaytirgich 3 m masofada	110	Hisob-kitob byurosi	0
Ovoz so'ndirgichsiz	110	Shahar ko'chasi	

mototsikl		transportsiz)	0
Rok-n-roll	100	1 m masofadan shivirlash	0
Metro poyezdi 5 m masofada	100	Barglarning shitirlashi	0
Pnevmatik drel 3 m masofada	90	Eshitish ostonasi	

Materiallarning harorat va issiqlik xususiyatlari

Inson tanasi haroratni his qilishga qodir, biroq bu tashqi issiqlikni o'lchashning aniq uslubi bo'lib hisoblanmaydi. Odamning his qilishi nafaqat nohiziq bo'lib qolmasdan, balki nisbiy hamdir, chunki u oldingi tajribaga asoslanadi. Biroq odamlar sovuq va issiq obyektlar o'rtasidagi farqni hech bir qiyinchiliksiz aniqlaydilar. Nima uchun bu obyektlar har xil qabul qilinadi?

Atrofimizdagi olamning har bir zarrasi doimo harakatda bo'ladi. Harorat tebranayotgan zarrachalarning kinetik energiyasining o'lchami bo'lib hisoblanadi. Harakat qanchalik tez bo'lsa, zarrachaning harorati shunchalik yuqori bo'ladi. Molekulalar va atomlar materialning berilgan hajmida bir xil tezlik bilan harakat qilmaydi, albatta, chunki ularning hammasi mikroskopik darajada har xil haroratda bo'ladi. Ko'p sonli harakatlanayotgan zarrachalarning o'rtacha kinetik energiyasi obyektning makroskopik haroratini belgilaydi. Bu jarayonlar statistik mexanikada o'rganiladi. Materialning haroratini belgilaydigan zarrachalarning makroskopik o'rtacha kinetik energiyasini o'lchash uslublari va qurilmalari ko'rib chiqamiz. Harorat molekulalarning harakatiga bog'liq bo'lganligi sababli, u birlik maydonda molekulalarga qo'yilgan kuchga teng bo'ladigan bosim bilan chambarchas bog'lanishda bo'ladi.

Turlicha materiallar tutashganda ular harakatlanayotgan atomlar va molekulalar bir-biri bilan o'zaro ta'sirlarga kirishadi. Buning ustiga har bir tebranayotgan atom o'zini atrof muhitga elektromagnitik nurlanishni sochayotgan mikroskopik manba kabi tutadi. B ularning barchasi issiq obyektlardan sovuq obyektlarga issiqlikni uzatishni amalga oshirish imkonini beradi. Atomlarning harakati qanchalik intensiv bo'lsa, harorat shunchalik yuqoriroq va elektromagnitik nurlanish shunchalik kuchliroq bo'ladi. Haroratni o'lchash uchun termometrlar deb ataladigan maxsus qurilmalardan foydalaniladi, ular obyekt bilan kontaktda bo'ladi yoki uning elektromagnitik nurlanishini qabul qiladi va chiqishda fizikaviy signalni ishlab chiqaradi. Aynan ana shu signal obyektning harorat o'lchami bo'lib hisoblanadi.

Termometr so'zi adabiyotlarda dastlab 1624-yilda J Leurechon "La Recreation Mathematique" kitobida paydo bo'lgan. Muallif suv bilan to'ldirilgan, shkalasining bo'linishi 8 gradusni tashkil qiladigan shisha termometrning

tuzilishini tasvirlagan. Bosimga bog'liq bo'lmagan birinchi termometr Toskaniya gersogi Ferdinand II tomonidan 1654-yilda yaratilgan. U o'zida spirt bilan to'ldirilgan germetik qilib kavsharlangan trubkani taqdim qilgan.

Ko'pincha issiqlik deb ataladigan issiqlik energiyasi kaloriyalarda o'lchanadi (ozuq-ovqatlarning to'yimlilikini o'lcaydigan kaloriya aslida, 1000 fizikaviy kaloriyaga teng va kilokaloriya deb ataladi). Bir kaloriya (kal) normal atmosfera bosimida 1 g suvni 1 gradus isitish uchun zarur bo'ladigan issiqlik miqdoriga teng. AQSH da ko'pincha ingliz issiqlik birligi - BIB dan foydalaniladi: 1 BIB = 252,02 kal (BIB - Britaniya issiqlik birligi).

Harorat shkalalari. Bir nechta harorat shkalalari mavjud. Dastlabki, nolinchi harorat 1664-yilda Robert Guk tomonidan distillangan suvning muzlash nuqtasida o'rnatilgan. 1694-yilda Paduyalik Karl Renaldi chiziqli harorat shkalasida reper (tayanch) nuqtalar sifatida ikkita nuqta muzning erish nuqtasi va suvning qaynash nuqtasidan foydalanishni taklif qilgan. U butun harorat intervalini 12 ta teng bo'lakka bo'lgan. Taassufki, uning taklifi qariyb 50 yilgacha hech kimni qiziktirmagan. 1701-yilda Nyuton ham harorat shkalasi uchun ikkita belgilangan nuqtadan foydalanishni taklif qilgan. Birinchi nuqta sifatida u muzning erish nuqtasini tanlagan (nolinchi nuqta), ikkinchi nuqta uchun sog'lom angliyalikning qo'ltig'i ostidagi haroratni tanlagan, u buni 12-nuqta deb atagan. Nyuton shkalasi bo'yicha suv 34-nuqtada qaynagan. Daniyalik amaliyotchi ixtirochi Daniel Farengeyt 1706-yilda o'zining termometri uchun nolinchi nuqta sifatida suv, muz va osh tuzi aralashmasining sovuq haroratini tanlagan. Ikkinchi nuqta sifatida u "sog'lom odam qonining harorati" deb ta'riflanadigan 96 gradus haroratni tanlagan (aslida, Farengeyt uchun 96 soni shunchaki qulay

bo'lgan, chunki u 2 ga qoldiqsiz bo'lingan, bu bo'laklarni oson belgilash imkonini bergan. Biroq Farengeyt qonning harorat odamning millati va boshqa ko'plab omillarga bog'liq bo'lishini hisobga olmagan. Hozirgi kunda sog'lom odamning harorati $97 \dots 100^{\circ}\text{F}$ ($36 \dots 37,7^{\circ}\text{C}$) oralig'ida bo'lishi isbotlangan, biroq daniyalik ixtirochi yashagan paytda odam tanasidan yaxshiroq termostat hali mavjud bo'lmagan). Uning shkalasida muzning erish nuqtasi 32° ga, suvning qaynash nuqtasi esa 212° ga to'g'ri keladi. 1742-yilda astronomiya professori Andrea Selsiy nol - muzning erish nuqtasi, 100 - suvning qaynash harorati bo'lgan shkalani taklif qilgan.

Hozirgi kunda ilmiy va texnik ishlanmalarda odatda, ikkita selsiy va Kelvin shkalasidan foydalaniladi. Kelvin shkalasi bunda suv bir paytnig o'zida uchta holatda bug', suyuqlik va muz holatida bo'ladigan, 4,58 mm simob ustuni bosimga mos keladigan suvning uchlanma nuqtasiga asoslanadi. Suvning uchlanma nuqtasining harorati 273,16 K yoki 0°C ga teng deb qabul qilingan. Kelvin shkalasi chiziqli bo'lib hisoblanadi, unda nolinchi nuqta (0 K) barcha harakatlanayotgan

zarrachalarning kinetik energiyasi nolga teng bo'ladigan haroratga mos keladi. Amaliyotda bu nuqtani olib bo'lmaydi, u absolyut nol deb ataladigan sof nazariy kattalik bo'lib hisoblanadi. Kelvin va selsiy shkalalari o'rtasida $0,01^\circ$ farq mavjud, bu nol gradus selsiy suvning uchtalik nuqtasi bilan emas, balki muz va namlikka to'yingan havo atmosfera bosimida dinamik muvozanatda bo'ladigan harorat bilan belgilanishi bilan izohlanadi. Bu ikkita shkala bir xil egilishga ega (ya'ni $1^\circ\text{C} = 1\text{ K}$, $0\text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$):

$$^\circ\text{C} = ^\circ\text{K} - 273,15^\circ \quad (3.46)$$

Suvning qaynash harorati $100^\circ\text{C} = 373,15\text{ K}$ ga teng. Farengeyt shkalasi ko'proq tik egilishga ega, chunki $1^\circ\text{C} = 1,8^\circ\text{F}$ Selsiy va Farengeyt shkalalari -40°C va $^\circ\text{F}$ haroratda kesishadi. Qiymatlarni bir shkaladan boshqasiga o'tkazish uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi:

$$^\circ\text{F} = 32 + 1,8^\circ\text{C} \quad (3.47)$$

Bu 0°C da Farengeyt shkalasi bo'yicha harorat $+32^\circ\text{F}$ ga teng bo'lishini bildiradi.

Issiqlik sig'imi. Obyekt isitilganda uning harorati ortadi. Isitish deganda obyektga ma'lum miqdordagi issiqlik yoki issiqlik energiyasini uzatish tushuniladi. Issiqlik obyektida atomlar vibratsiyasining kinetik energiyasi ko'rinishida to'planadi. Idishdagi maksimal mumkin bo'lgan suv miqdori bilan obyekt yutishi mumkin bo'lgan issiqlik miqdorini bir-biriga o'xshatish mumkin. Tabiiyki, idishdagi suv miqdori uning idishning sig'imi deb ataladigan hajmidan oshiq bo'lishi mumkin emas. Huddi shunga o'xshab har qanday obyekt issiqlik sig'imi bilan xarakterlanishi mumkin, u obyektning materialiga ham, m massasiga ham bog'liq bo'ladi:

$$C = cm \quad (3.48)$$

Bunda c - materialning solishtirma issiqlik sig'imi $\frac{J}{kg \cdot K}$ konstanta. C

jismning issiqlik sig'imi $\frac{J}{K}$ deb ataladi va m materialli jismni Δt ga isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdorini quyidagicha topishimiz mumkin:

$$Q = cm \Delta t = cm (t_2 - t_1)$$

Bu yerda: t_1 va t_2 boshlang'ich va oxirgi temperaturalari

Solishtirma issiqlik sig'imi materialning o'zini tasvirlaydi, issiqlik sig'imi esa bu materialdan qilingan obyektning tavsifi bo'lib hisoblanadi. Qat'iy qilib aytadigan bo'lsak, solishtirma issiqlik sig'imi butun haroratlar diapazonida ham, materialning barcha holatlarida ham doimiy kattalik bo'lib hisoblanmaydi. U materialning holati o'zgarganda, masalan, material qattiq fazadan suyuq fazaga o'tganda sezilarli darajada o'zgarishi mumkin. Mikroskopik darajada solishtirma issiqlik sig'imi materialning struktura o'zgarishini aks ettiradi. Masalan, 0 ...

100°C harorat diapazonida (suyuq faza) suvning solishtirma issiqlik sigʻimi deyarli doimiy boʻlib hisoblanadi. Biroq butunlay emas, u muzlash harorati atrofida biroz yuqoriroq, 35°C oraligʻida va 38 ... 100°C intervalda biroz pastroq boʻlib qoladi. Shuningdek, suvning eng past solishtirma issiqlik sigʻimi 37°C ga, barcha issiq qonli mavjudotlarning biologik optimal haroratiga mos kelishi qayd qilingan.

Shuni qayd qilish mumkinki, qoidaga koʻra, material qanchalik ogʻir boʻlsa, uning solishtirma issiqlik sigʻimi shunchalik past boʻladi.

Issiqlik uzatilishi

Issiqlikning ularni bilish zarur boʻlgan ikkita fundamental xususiyati mavjud:

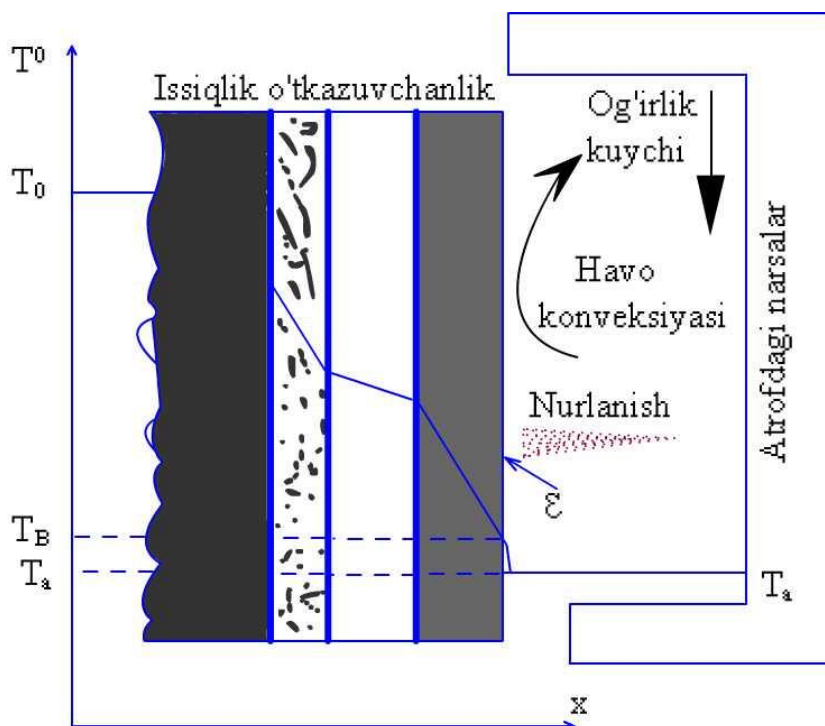
1. Issiqlikda hech qanday spetsifik tavsiflar yoʻq: bu shuni bildiradiki, u turlicha fizikaviy tabiatga ega boʻlishi mumkin, uni oʻlchash mumkin, biroq bunda uni ajratib boʻlmaydi.

2. Issiqlikni chegaralab boʻlmaydi: bu shuni bildiradiki, u tizimning issiq qismlaridan sovuq qismlariga erkin uzatiladi.

Issiqlik energiyasi bir obyektidan boshqa obyektga uchta usul bilan uzatilishi mumkin: issiqlik oʻtkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish. Obyektlardan biri, issiqlikni olgan yoki bergan obyekt issiqlik detektor boʻlishi mumkin. Uning funksiyasi obyekt toʻgʻrisida maʼlum bir maʼlumot olish uchun obyekt ajratadigan yoki obyekt tomonidan yutiladigan issiqlik miqdorini oʻlchashdan iborat boʻladi. Bunday maʼlumot obyektning harorati, kimyoviy reaksiyalarning issiqligi, obyektning joylashuvi yoki koʻchishi va hokazolar boʻlishi mumkin.

Sendvich koʻrinishidagi koʻp qatlamli strukturani koʻrib chiqamiz, bu yerda har bir qatlam boshqa-boshqa materialdan tayyorlangan. Qatlamlar orqali issiqlik oʻtganda strukturaning harorat profili har bir qatlamning qalinligi va issiqlik oʻtkazuvchanligi bilan belgilanadi. 3.15-rasmda uch qatlamli struktura koʻrsatilgan, unda birinchi qatlam issiqlik manbai bilan (cheksiz issiqlik sigʻimi va yuqori issiqlik oʻtkazuvchanlikka ega boʻlgan qurilma bilan) kontaktda boʻladi. Oʻzini xuddi “cheksiz” issiqlik manbai kabi tutadigan eng qoʻl keladigan qattiq obyektlardan biri nazorat qilinadigan haroratga ega boʻlgan katta hajmli mis jism boʻlib hisoblanadi. Issiqlik manbaining ichidagi harorat qatlamli struktura bilan yonma-yon joylashgan juda tor zonadan tashqari hamma joyda doimiy va yuqori boʻladi. Issiqlik bir materialdan ikkinchi materialga issiqlik uzatilish mexanizmi orqali uzatiladi. Har bir qatlamning ichida haroratning tushish tezligi materialning issiqlik xususiyatlari bilan belgilanadi. Oxirgi qatlam issiqlikni konveksiya mexanizmi orqali havoga va infraqizil nurlanish yordamida yon atrofdagi obyektlarga beradi. Shunday qilib, 3.15-rasm issiqlikning bir obyektidan boshqasiga uzatilishining mumkin boʻlgan uchta usulini ham namoyish qiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik. Issiqlikni issiqlik o'tkazuvchanlik mexkanizmi orqali uzatish uchun ikkita obyekt o'rtasida kontakti ta'minlash zarur bo'ladi. Issiq jismning termik qo'zg'atilgan zarrachalari shiddatli tebranma harakatlarni sodir qiladi va kinetik energiyani sovuqroq jismning zarrachalariga uzatadi, bunda ular ham qo'zg'algan holatga o'tadi. Natijada issiq obyekt issiqlikni yo'qotadi, sovuq obyekt esa uni yutadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik mexkanizmi orqali issiqlik uzatilishi suvning oqishi yoki elektr tokiga o'xshaydi. Masalan, issiqlikning sterjen orqali o'tishi Om qonuniga o'xshash bo'lgan ifoda bilan tasvirlanadi.



3.15-rasm. Ko'p qatlamli strukturaning harorat profili

A maydonga ega bo'lgan ko'ndalang kesim orqali o'tadigan issiqlik oqimining tezligi (issiqlik "toki") sterjenning uzunligi bo'ylab harorat gradientiga (issiqlik "kuchlanishiga") $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ proporsional bo'ladi:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (3.49)$$

Bunda κ - materialning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsiyenti deb ataladi. Minus belgi issiqlikning haroratning pasayish yo'nalishida oqishini bildiradi. Yaxshi issiqlik o'tkazgichlar (aksariyat metallar) yuqori issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsiyentiga ega bo'ladi, yaxshi issiqlik izolyatorlari esa past issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsiyentiga ega bo'ladi. Materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsiyenti konstanta deb hisoblanadi, biroq aslida bunday emas, harorat ortishi bilan u ham biroz ortadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik hisobiga issiqlik yo'qolishini, masalan, sim orqali issiqlik yo'qolishini hisoblash uchun

uning har ikkala uchidagi T_1 va T_2 haroratlarni bilish zarur bo'ladi:

$$H = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (3.50)$$

Bunda L - simning uzunligi.

Amaliyotda ko'pincha issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining o'rniga issiqlik qarshiligidan foydalaniladi, u quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \frac{L}{k} \quad (3.51)$$

Bu holda (3.50) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$H = A \frac{T_1 - T_2}{R} \quad (3.52)$$

3.15-rasmda turlicha issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallardan tashkil topgan ko'p qatlamli strukturaning ichidagi ideal harorat profili ko'rsatilgan. Biroq real hayotda ikkita materialni tutashtirish orqali issiqlik uzatilishi butunlay boshqachasiga sodir bo'lishi mumkin. Agar ikkita material birgalikda tutashtirilsa va bunday konstruksiyada issiqlikning tarqalishi kuzatilsa, olingan harorat profili ko'rsatilganidek ko'rinish hosil qilishi mumkin. Agar tutashtiriladigan obyektlarning yon yuzalari yaxshi izolyasiyaga ega bo'lsa, statsionar sharoitlarda har ikkala materialdagi issiqlik oqimlari teng bo'lishi lozim. Maydoni a ga teng bo'lgan kontakt zonasida haroratning keskin tushishi o'tish sohasining issiqlik qarshiligining bilan tushintiriladi.

Sezgir elementlarning dinamik modellari

Datchiklarning dinamik tavsiflarini aniqlash uchun ularning kirishiga o'zgaruvchan tashqi signallarni berish va chiqishdagi reaksiyani kuzatish zarur bo'ladi. Umumiy holatda, tashqi test signallari faqatgina amaliy ehtiyojlar bilan belgilanadigan har qanday ko'rinishda bo'lishi mumkin. Masalan, akselerometrning o'zining chastotasini aniqlash uchun o'zgaruvchan chastotali sinusoidal tebranishlar eng yaxshi test signallari bo'lib hisoblanadi, termistorning sezishi uchun test signali o'zida bosqichli harorat funksiyasini taqdim qilishi lozim. Boshqa holatlar uchun ko'pincha bosqichli yoki impulsli funksiyalar qo'llaniladi. Bosqichli funksiyalar nazariy jihatdan cheksiz chastota diapazoniga ega bo'ladi, bu ulardan dinamik datchiklarning tavsiflarini aniqlash uchun foydalanilishining sababi bo'lib hisoblanadi, chunki ular bir paytning o'zida barcha chastotalarda testdan o'tkazish imkonini beradi.

Datchikning o'zini qanday tutishi matematik jihatdan differensial tenglama bilan tasvirlanishi mumkin, uning tartibi sezgir element va butun tizimning konstruksiyasining fizikaviy tabiati bilan belgilanadi. s kirish signali va S chiqish reaksiyasi o'rtasidagi bog'lanishlarning bir nechta nolinch tartibli, birinchi tartibli va ikkinchi tartibli tiplari mavjud.

Nolinchi tartibli tenglama statik yoki vaqtga bog‘liq bo‘lmagan tenglama bo‘lib hisoblanadi:

$$S(t) = Gs(t) \quad (3.53)$$

Bunda G - doimiy uzatish funksiyasi. Bu ifodani bir nechta ko‘rinishda yozish mumkin. Bu yerda shu narsa muhim bo‘lib hisoblanadiki, G vaqtga bog‘liq bo‘lmaydi, shu sababli nolinchi tartibli tizimning bosqichli kirish ta’siriga javob tariqasidagi chiqish signali ham bosqichli bo‘ladi.

Birinchi tartibli tenglama quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$a_1 \frac{\Delta S(t)}{\Delta t} + a_o S(t) = s(t) \quad (3.54)$$

Bunda a_1 va a_o - konstantalar. Bu tenglama awal energiyani to‘playdigan, so‘ngra uni beradigan datchiklarning o‘zini qanday tutishini tasvirlaydi. Bunday datchiklarga misol issiqlik sig‘imiga ega bo‘lgan va qurshab turuvchi muhit bilan issiqlik qarshiligi orqali bog‘langan harorat datchigidir. Bunday tizimning bosqichli kirish funksiyasiga javob tariqasidagi chiqish signali eksponensial xarakterga ega bo‘ladi;

$$S(t) = S_o (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (3.55)$$

Bunda S_o - datchikning statik reaksiyasi, τ - tizimning inersionliligini tavsiflaydigan vaqt doimiysi.

Ikkinchi tartibli tenglamalarga o‘tamiz:

$$a_2 \frac{d^2 S(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dS(t)}{dt} + a_o S(t) = s(t) \quad (3.56)$$

Bunday differensial tenglamalar ularning tarkibiga ikkitadan energiya to‘pdaydigain element, masalan, induktiv g‘altak va kondensator yoki harorat datchigi va kondensator kiradigan datchiklar yoki tizimlarga mos keladi. Ikkinchi tartibli datchiklarning tarkibiga ko‘pincha tebranma harakatlarni sodir qiladigan elementlar kirishi sababli, bu butun tizimning beqarorligiga olib kelishi mumkin. Bunday tizimlarda dinamik xatolar bir nechta omillar - ω_o chastota va b so‘ndirish koeffitsiyenti bilan belgilanadi, ular (3.56) tenglamaning mustaqil koeffitsiyentlari bilan quyidagi munosa- batlar orqali bog‘lanadi:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{a_o}{a_2}} \quad (3.57)$$

$$b = \frac{a_1}{\sqrt{a_o a_2}} \quad (3.58)$$

Tizimning kritik dlempfirlashi $b = 1$ so‘ndirish koeffitsiyentiga mos keladi. $b > 1$ bo‘lganda ortiqcha dempfirlash, $b < 1$ bo‘lganda esa - to‘liq dempfirlamaslik sodir bo‘ladi.

Datchikni matematik modellashtirish uni tavsiflarini modellashtirish uchun

qudratli vosita bo'lib hisoblanadi. Modellashirish ikkita statik va dinamik tipda bo'ladi. Dinamik modellarning tarkibiga bir nechta mustaqil o'zgaruvchilar kirishi mumkin, ulardan biri har doim vaqt bo'lib hisoblanadi. Ko'rib chiqiladigan modeliar datchiklarning jamlangan parametrlarga ega bo'lgan tizimlar ko'rinishida taqdim qilinishiga mos keladi. Bu bo'limda barcha matematik modellar fizika qonunlarini tizimning alohida elementlariga nisbatan qo'llash asosida quriladi. Boshqacha qilib aytganda, modelni ishlab chiqishda datchik alohida elementlarga ajratiladi va har bir element alohida ko'rib chiqiladi. Shundan keyin individual elementlarning matematik tavsiflari butun tizimning umuman o'zini qanday tutishini tasvirlydigani yagona modelga birlashtiriladi.

Mexanik elementlar. Dinamik mexanik elementni prujina va dempfiraydigan qurilma bilan tutashtirilgan massa (inersion tarkibiy qism) ko'rinishida tasvvur qilish mumkin. Yopishqoq dempfirlash va to'g'ri chiziqli ko'chishda tutib turuvchi kuch harakat tezligiga proporsional bo'ladi. Xuddi shunday, aylanma harakatda ham tutib turuvchi kuch har doim burchak tezligiga proporsional bo'ladi. Shu sababli shtok yoki prujina bilan shakllantiriladigan kuch yoki burovchi moment ham, qoidaga ko'ra, ko'chishga proporsional bo'ladi.

Harakat tenglamalarini chiqarishning eng oddiy usuli har bir inersion elementni (massani) ajratish va uni erkin jism sifatida ko'rib chiqishdir. Bunda barcha erkin tarkibiy qismlar o'zining harakatini muvozanat holatidan boshlaydi, ko'chishda vujudga keladigan tutib turuvchi kuchlar yoki momentlar esa ularni yana boshlang'ich pozitsiyaga qaytaradi deb faraz qilinadi. Bu shartlar bajarilganda har bir elementga Nyutonning ikkinchi qonunini qo'llash va undan harakat tenglamasini chiqarish mumkin.

To'g'ri chiziqli harakat va birlashtirsa bo'ladigan o'lchash birliklari tizimlari uchun Nyutonning ikkinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi: jismga ta'sir ko'rsatuvchi kuchlarning yig'indisi uning massasi va tezlanishining ko'paytmasiga teng bo'ladi. SI birliklar tizimida kuch nyutonlarda (N), massa kilogrammlarda (kg) va tezlanish m/s^2 larda o'lchanadi.

Aylanma harakat uchun Nyuton qonuni quyidagicha bo'ladi: jismga ta'sir ko'rsatadigan kuch momentlarining yig'indisi uning inersiya momenti bilan burchak tezlanishining ko'paytmasiga teng bo'ladi. Kuch momenti Nyuton metrda (N-m), inersiya momenti kvadrat metrga kilogrammlarda (kg/m^2), burchak tezlanishi esa kvadrat sekundiga radianlarda (rad/s^2) o'lchanadi.

Inersion elementdan tashkil topgan bir o'qli akselerometrni ko'rib chiqamiz, uning harakati elektr signaliga aylantiriladi. Buning uchun, masalan, pyezoelektrik qayta shakllantirgichni qo'llash mumkin. 3.16A-rasmda bunday akselerometrning mexanik modeli ko'rsatilgan. M massa k qattqlik ko'effitsiyentiga ega bo'lgan prujina bilan ushlab turiladi. Massaning harakati b

soʻndirish koeffitsiyentini taʼminlaydigan tinchlantiruvchi qurilma bilan dempirlanadi. Inersion element akselerometrning korpusida faqatgina gorizontal yoʻnalishda siljiy oladi. Harakat paytida qurilmaga d^2x/dt^2 tezlanish taʼsir koʻrsatadi, chiqish signali esa massaning x_0 masofaga chetlashishiga proporsional boʻladi.

Inersion element faqatgina bitta yoʻnalishda siljiy olishi sababli akselerometr faqatgina bitta erkinlik darajasiga ega boʻladi. 3.16B-rasmda M massaning erkin jismiga taʼsir koʻrsatuvchi kuchlarning diagrammasi koʻrsatilgan. Shuni qayd qilamizki, x jismning muvozanat holatdan siljishi va qandaydir bir qayd qilingan masofaning yigʻindisiga teng boʻladi. Nyutonning ikkinchi qonunini qoʻllash bilan quyidagi munosabatni olamiz:

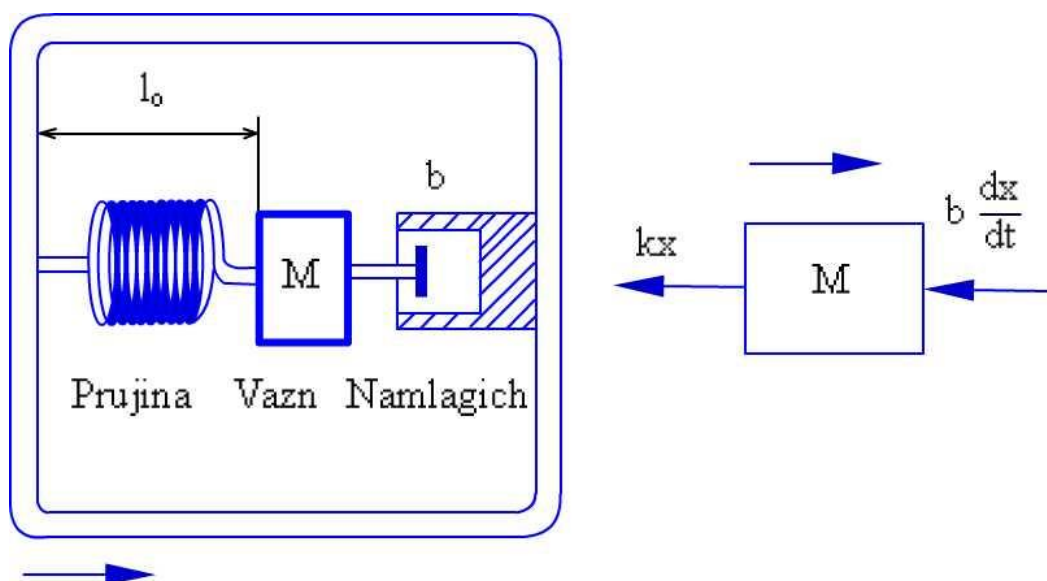
$$Mf = -kx - b \frac{dx}{dt} \quad (3.59)$$

Bu yerda f - inersion massaning tezlanishi, erkin tushish tezlanishini hisobga olish bilan:

$$f = \frac{d^2x}{dt^2} - \frac{d^2y}{dt^2} \quad (3.60)$$

Bu ifodani (3.59) ga oʻrniga qoʻyish bilan talab qilinayotgan harakat tenglamasini olamiz:

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = M \frac{d^2y}{dt^2} \quad (3.61)$$



3.16-rasm. A –akselerometrning mexanik modeli; B – M massaning erkin jismiga taʼsir koʻrsatuvchi kuchlarning diagrammasi

Nazorat savollari:

1. Sezgir elementlarning dinamik modellarini tushuntirib bering.
2. Datchiklarni modellashtirish qanday amalga oshiriladi?
3. Issiqlik energiyasi bir obyektдан boshqa obyektga nechta usul bilan uzatiladi.
4. Kondensatorning sig‘imi nima?
5. Sig‘imning kattaligi nimalarga bog‘liq?
6. Elektr dipol nima?
7. Solishtirma issiqlik sig‘imi va issiqlik sig‘imining nima farqi bor.
8. Harorat shkalalarni tushuntirib bering?
9. Tovush to‘lqinlari deb nimaga aytiladi?
10. Peltie effektini tushuntirib bering?
11. Zeebek effekti nimaga asoslangan?
12. Xoll datchigi qanday tuzilgan ?
13. Issiqlikdan kengayish hodisasi asosida qanday datchiklar ishlab chiqilgan?
14. Tovushning tezligi haroratga bog‘liq bo‘ladimi?

3.2. Datchik materiallari va tayyorlash texnologiyasi

Hozirgi kunda datchiklarni tayyorlashning ko‘plab texnologik uslublari ishlab chiqilgan. U yoki bu uslubni tanlash har doim konkret detektorning konstruksiyasi bilan shartlanadi. Materialning har bir tipi yarim o‘tkazgichlar, metallar, keramika va plastmassa uchun o‘zining ishlov berish texnologiyalari ishlab chiqilgan.

Datchiklarni tayyorlash uchun kremniyning qo‘llanilishi. Kremniy Quyoshda va amalda barcha yulduzlarda ham bor. U meteoritlarning aerolitlar deb ataluvchi butun boshli klassining asosini tashkil qiladi. Kremniy miqdor jihatidan Yerdagi ikkinchi material bo‘lib u faqatgina kisloroddan orqada turadi, uning Yer qobig‘idagi og‘irlik konsentratsiyasi 25,7% deb baholangan. Tabiatda kremniy sof holda mavjud bo‘lmaydi, u oksidlar va silikatlar ko‘rinishida uchraydi. Eng keng tarqalgan kremniy oksidlari qum, kvars, ametist, tuproq, slyuda va hokazolardir. Kremniy uning oksidi va uglerodli materiallarni ko‘mir elektrodlardan foydalanish orqali pechda qizdirish yo‘li bilan olinadi. Kristall kremniy metall yaltiroqligi va kul rangiga ega (kremniyni kremniyning organik xloridlarini, shuningdek, kremniy dimetil xloridni gidrolizlashda olinadigan silikon bilan chalkashtirmaslik lozim). Kremniyni olishning boshqa uslublari ham bor. Qattiq jisimli yarim o‘tkazgichli detektorlar va mikrodatchiklarni tayyorlash uchun foydalaniladigan kremniy monokristallari ko‘pincha Choxralskiy uslubi bo‘yicha yetishtiriladi.

Kremniy nisbatan inert material bo‘lib hisoblanadi, u faqatgina galogenlar va ishqor eritmalari bilan reaksiyaga kirishadi. Aksariyat kislotalar, ftorvodorod

kislotadan tashqari, kremniyga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Kremniy IQ nurlanishni o'tkazadi va shu sababli IQ datchiklarda darchalarni tayyorlash uchun ishlatiladi.

Kremniyning atom og'irligi 28,0855 ni tashkil qiladi, uning atom nomeri 14 ga teng. U 1410°C haroratda eriydi. 25°C haroratda kremniyning solishtirma og'irligi 2,33 ni tashkil qiladi, uning valentligi esa 4 ga teng.

Kremniyning xossalari yaxshi o'rganilgan, shu sababli undan butun dunyoda datchiklarni tayyorlash uchun keng foydalaniladi. Kremniy arzon material bo'lib hisoblanadi va uni ishlab chiqarish texnologiyasi uning sofligini ham, sifatini ham nazorat qilish imkonini beradi. 3.2-jadvalda kremniy uchun xarakterli bo'lgan, datchiklarni qurish uchun foydalanishdagi fizikaviy hodisalar keltirilgan.

Garchi monokristall kremniy xuddi ko'pchilik metallar kabi plastik deformatsiyaga berilmaydigan yetarlicha mo'rt material bo'lib hisoblansada, aslida u unchalik ham mo'rt emas. Kremniyning Yung moduli ($1,9 \cdot 10^{12}$ dina/sm) zanglamaydigan po'latning Yung moduli bilan teng va qayishqoqlik koeffitsiyenti kvartslar va aksariyat shishalarga qaraganda yuqori. Kremniyning mo'rtligi to'g'risidagi xato tasvurlar shu tufayli paydo bo'lganki, u ko'pincha 5-13 sm diametrli plastinkalar ko'rinishida shakllanadi, ularning qalinligi 250-500 mkm ni tashkil qiladi. Hatto bunday o'lchamdagi zanglamaydigan po'lat listlar ham qayishqoq bo'lmagan deformatsiyaga oson beriladi.

3.2-jadval

Kremniyli datchiklar uchun tashqi ta'sirlar	
Tashqi ta'sirlar	Fizikaviy hodisalar
Nurlanishli	Fotovolt va fotoelektrik hodisalar, foto o'tkazuvchanlik, foto-magnitik-elektrik hodisasi
Mexanik	Pyezorezistivlik, bo'ylama fotoelektr hodisasi, bo'ylama fotovolt hodisasi
Issiqlik	Zeebek va Nernst hodisalari, o'tkazuvchanlik va o'tishlarning haroratga bog'liqligi
Magnitik	Xoll hodisasi, magnitorezistivlik
Kimyoviy	Ionli sezuvchanlik

Polikremniyli materiallar noyob tavsiflarga ega bo'lgan datchiklarni tayyorlash imkonini beradi. 0,5 mkm atrofida qalinlikdagi polikremniy qatlamlar, qoidaga ko'ra, yuzasida 0,1 mkm qalinlikda kremniy dioksidiga ega bo'lgan kremniy taglikka vakuumli changlash yo'li bilan shakllantiriladi. Polikremniyli strukturalar ko'pincha bor bilan legirlanadi. Buning uchun past bosimda gaz fazadan kimyoviy o'tirish uslubi qo'llaniladi.

3.17A-rasmda polikremniyning solishtirma qarshiligi borning konsentratsiyasiga bog'liq ravishda qanday o'zgarishi ko'rsatilgan. Shu yerning

o'zida taqqoslash uchun monokremniy uchun xuddi shunday egri chiziq keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, polikremniyning solishtirma qarshiligi hatto borning yuqori konsentratsiyalarida ham monokristall materialga qaraganda har doim anchagina yuqori bo'ladi. Borning konsentratsiyasi kichik bo'lgan diapazonda polikremniyning solishtirma qarshiligining sezilarli o'zgarishi kuzatiladi, shu sababli datchiklarni tayyorlash uchun aynan ana shu diapazondan foydalaniladi. Polikremniy qarshiligining haroratga bog'lanishi chiziqli bo'lib hisoblanmaydi. Legirlanish darajasiga bog'liq ravishda polikremniy qarshiligining harorat koeffitsiyentini keng qiymatlar diapazonida yoki musbat, yoki manfiy qilib tanlash mumkin (3.17B-rasm). Odatda, qarshilikning harorat koeffitsiyenti legirlaydigan aralashmalarning konsentratsiyasi kamayishi bilan kamayadi. Har qanday haroratda polikremniy qatlamining qarshiligini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$R(T) = R_{20} e^{a_R (T - T_0)} \quad (3.62)$$

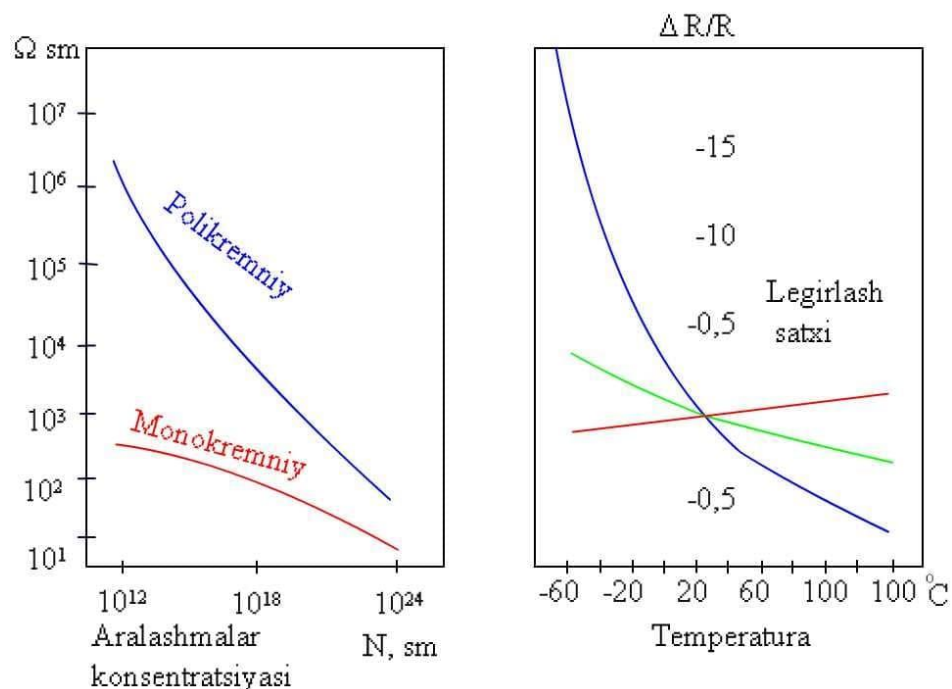
Bunda $a_R = \frac{1}{R_{20}} \frac{dR(T)_o}{dT}$ harorat koeffitsiyenti; $R_{20} - 20^\circ C$ haroratda

kalibrlashdagi qarshilik. 3.17A -rasmda turlicha legirlash darajalarida polikremniy va monokremniyning harorat sezgirliги ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, polikremniyning harorat sezgirliги monokremniyga qaraganda yuqori va legirlaydigan aralashmalarning konsentratsiyasini o'zgartirish hisobiga boshqarilishi mumkin. Shuni qayd qilish qiziqarliги, borning ma'lum bir konsentratsiyasida (Z nuqta) qarshilik haroratga bog'liq bo'lmay qoladi.

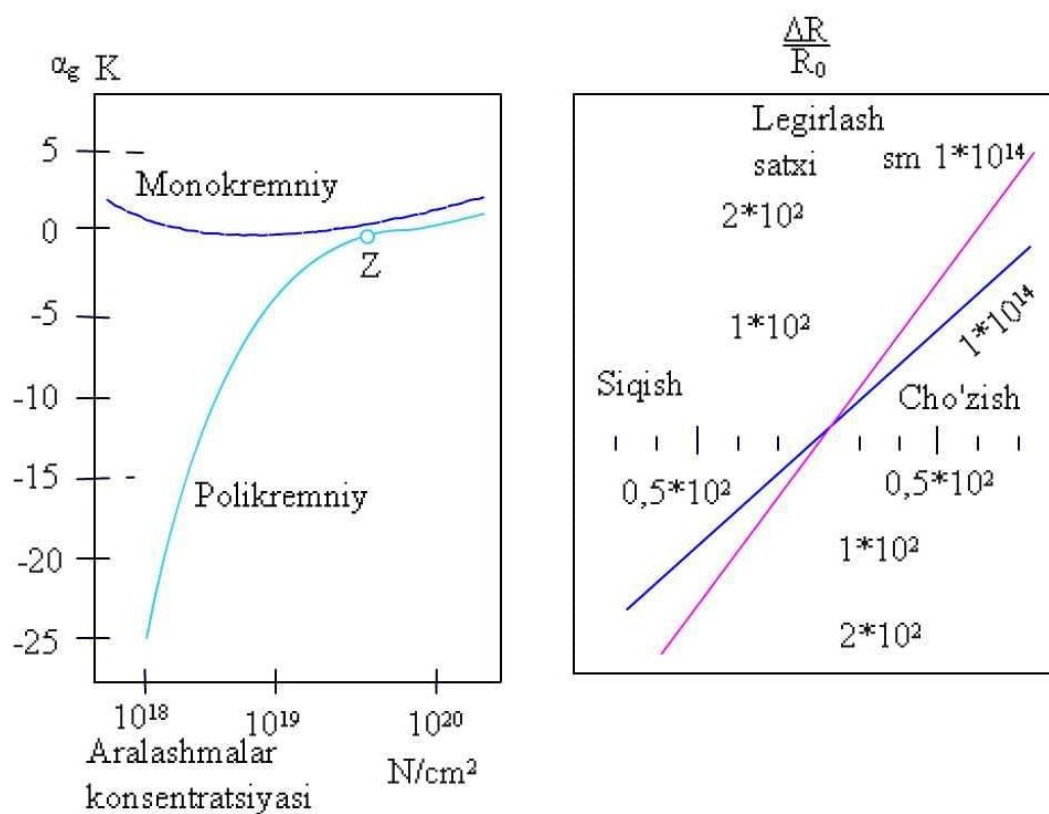
Bosim, kuch va tezlanish datchiklarini ishlab chiqishda polikremniyli rezistorlarning tenzosezgirlik koeffitsiyentini bilish muhim bo'ladi. 3.18B -rasmda bor bilan legirlangan polikremniyli rezistorlarning qarshiligining ε_1 bo'ylama deformatsiya kattaligiga bog'liq ravishda nisbiy o'zgarishlari ko'rsatilgan. ΔR ning barcha qiymatlari yuklanmagan holatda o'lchangan R_0 qarshilik kattaligiga nisbatan keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, ΔR ning qiymatlari legirlanish darajasiga bog'liq bo'ladi, qarshilikning kattaligi esa siqilishda kamayadi va cho'zilishda ortadi. Shuni ham qayd qilish lozimki, tenzosezgirlik koeffitsiyenti (3.18B-rasmda chiziqning egilishi) haroratga bog'liq bo'ladi. Polikremniydan ishlangan rezistorlar xuddi monokristall kremniydan ishlangan rezistorlar kabi uzoq muddatli barqarorlikka ega bo'ladi, chunki yuza effektlari qurilma-ning tavsiflariga jiddiy ta'sir ko'rsatmaydi.

Plastmassalar. Plastmassalar - bu monomerlardan shakllantirilgan sintetik materiallardir. Monomerlar (masalan, etilen) boshqa monomerlar bilan reaksiyaga kirishganda takrorlanuvchi etilen zvenolarining polietilenning polimeri bo'lib hisoblanadigan uzun zanjirini hosil qiladi. Huddi shunday yo'l bilan stirol

monomerlaridan polistirol polimeri shakllantiriladi. Polimerlar boshqa elementlar bilan bog‘langan uglerod atomlaridan tashkil topadi. Polimerlar tarkibida asosan faqatgina sakkizta element uglerod, vodorod, kislorod, azot, kremniy, oltingugurt, xlor va ftordan foydalaniladi, biroq bu turli plastmassalarning minglab variantlarini yaratish imkonini beradi.



3.17-rasm. Bor bilan legirlangan kremniyning solishtirma qarshiligi (A); legirldaydigan aralashmalarning turli konsentratsiyalari uchun kremniy qarshiligining harorat koeffitsiyenti (B)



3.18-rasm. Harorat koefitsiyentining legirlaydigan aralashmalarining konsentratsiyasiga bog‘liqligi (A), kremniyning pyezorezistiv sezgirligi (B)

3.3-jadval

Element	atom og‘irilik	valent aloqalar	
Vodorod	1	$-H$	1
Uglerod	12	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array}$	4
Azot	14	$-N-$	3
Kislorod	16	$-O-$	2
Ftor	19	$-F$	1
Kremniy	28	$\begin{array}{c} \\ -Si- \\ \end{array}$	4
Oltingo‘gnrt	32	$-S-$	2
Xlor	35	$-Cl$	1

3.17-rasm. Polimerlarni qurish uchun foydalaniladigan atomlar. Har bir atom boshqa atomlar bilan bog‘lanish uchun energetik (valent) bog‘lanishlarning cheklangan soniga ega bo‘ladi va modda barqaror bo‘lishi uchun har bir atom molekulaning ichida o‘zining barcha bog‘lanishlaridan foydalanishi lozim bo‘ladi. Masalan, vodorod faqatgina bitta boshqa atom bilan bog‘lanishi mumkin, uglerod va kremniy esa o‘ziga boshqa to‘rtta atomlarni biriktirib olishi mumkin. Shunday qilib, H-H va H-Si molekulalar barqaror molekulalar, C-H va Si-Cl esa barqaror

bo'lmagan molekulalar bo'lib hisoblanadi.

Polimer zanjiriga katta miqdordagi uglerod atomlarini qo'shish birikkan vodorod atomlari sonining ortishiga olib keladi, bu molekulalarni og'irroq qilib qo'yadi. Masalan, etan (C_2H_6) qo'shimcha uglerod atomi va ikkita vodorod atomini o'z tarkibiga olganligi sababli metanga qaraganda og'irroq bo'lib hisoblanadi. Uning molekulyar og'irligi 30 ga teng. Ko'rinib turibdiki, polimerning molekulyar og'irligi to u pentanga C_5H_{12} aylanguncha har gal 14 birlikka ortadi (bitta uglerod va ikkita vodorod atomlarining og'irligiga). Pentan juda og'ir bo'lganligi uchun xona haroratida u endilikda gaz emas, suyuqlik bo'lib hisoblanadi. Keyinchalik CH_2 guruhlarni yana qo'shish yanada og'irroq polimer suyuqliklarning shakllanishiga olib keladi. Tarkib $C_{18}H_{38}$ ga yetganda polimer qattiq moddaga aylanadi ($C_{18}H_{38}$ bu parafin mumi). Polimer molekulalari kattalashib borishi bilan mum yanada og'irlashib boraveradi. 1402 molekulyar og'irlikka ega bo'lgan $C_{100}H_{202}$ tarkibli polimer polietilen deb ataladi, u eng oddiy termoplastik bo'lib hisoblanadi. CH_2 guruhlari soni yanada oshganda polimer materialning qattiqligining yanada ortishi sodir bo'ladi. 1000-5000 diapazondagi molekulyar og'irlikka ega bo'lgan polimerlar o'rtacha molekulyar og'irlikka ega bo'lgan polietilenlar deb, undan yuqorilari esa yuqori molekulyar og'irlikka ega bo'lgan polietilenlar deb ataladi. Eng oddiy polimer bo'lib hisoblanuvchi polietilen datchiklarni qurishda foydalaniladigan bir qator foydali xususiyatlarga ega. Masalan, polietilen spektral diapazonning o'rtacha va uzoq IQ nurlari uchun shaffof, shu sababli deraza oynalari va linzalarni tayyorlash uchun qo'llanilishi mumkin.

Qizdirilganda, bosim ostida va katalizatorlar kiritilganda monomerlar juda uzun zanjirlar hosil qilishi mumkin. Bu jarayon polimerlanish deb ataladi. Zanjirning uzunligi (molekulyar og'irlik) juda muhim tavsif hisoblanadi, chunki plastmassalarning ko'pgina xususiyatlari aynan unga bog'liq bo'ladi. Og'irlikning ortishi qattqlik va mustahkamlikning ortishi, oquvchanlikning kamayishi, erish haroratining ortishi va erigan holatda yopishqoqlikning ortishi, shuningdek, ishlov berish jarayonining murakkablashuviga olib keladi. Polimerlanish jarayoni tugagandan keyin olingan polimer zanjirlari bir-biri bilan bog'lanmaydi. Bunday polimerlar termoplastlar deb ataladi, bu ularga qizdirish bilan shakl berish mumkinligini bildiradi.

Zanjirlar bir-biriga qanchalik yaqin joylashsa, polimerning zichligi shunchalik yuqori bo'ladi. Ma'lum bir zichlikda kristallarning shakllanish jarayoni boshlanishi mumkin. Kristallangan sohalar katta qattqlik va mustahkamlikka ega bo'ladi. Bunday polimerlar ishlov berishga qiyin beriladi, chunki anchagina yuqori erish haroratiga ega bo'ladi. Bunda ular asta-sekin yumshash o'rniga birdaniga past

yopishqoqlikka ega bo'lgan suyuqlik holatiga o'tadi. Boshqa tomonlama esa amorf termoplastmassalar sekin eriydi, biroq ular kristallangan plastiklarchalik yaxshi oqmaydi. Amorf polimerlarga akrilonitril, butadiene, stirol (ABS), polistirol, polikarbonat, polisulfon va boshqalar misol bo'la oladi. Kristall plastmassalar bu polietilen, polipropilen, neylon, poliviniliden ftorid va boshqalardir.

ABS - juda qattiq va mustahkam material. U yuqori kimyoviy barqarorlik, past namlik yutuvchanlik va yaxshi shakl barqarorlikka ega. Ba'zi bir turlariga galvanik qoplama qoplanishi mumkin.

Akril - yuqori optik shaffoflik va qurshab turuvchi muhitning ta'siriga nisbatan yuqori barqarorlikka ega. U yaxshi elektr xususiyatlariga ega bo'lgan mustahkam va yaltiroq material bo'lib hisoblanadi. Har xil rangda bo'ladi.

Ftoroplastlar - juda yaxshi elektr xususiyatlari va kimyoviy barqarorlik, past ishqalanish va yuqori termobarqarorlikka ega bo'lgan materiallarning butun boshli oilasini o'z ichiga oladi (PTFE, FEP, PFA, CTFE, ECTFE, ETFE, PPDF). Biroq ular o'rtacha mustahkamlikka ega va ularning narxi qimmat.

Neylon- poliamid yuqori mustahkamlik va yedirilishga bardoshlilikka, shuningdek, past ishqalanish koeffitsiyentiga ega. U yaxshi elektr va kimyoviy xususiyatlarga ega, biroq uning gigroskopikligi va shakl barqarorligi boshqa plastmassalarga qaraganda past.

Polikarbonat - juda yuqori zarba mustahkamligiga ega. U shaffof va atrof muhit ta'siriga barqaror bo'lib hisoblanadi, shuningdek, yuklama berilganda past oquvchanlikka ega. Biroq unga ba'zi bir kimyoviy reagentlar ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Poliyester - yuqori shakl barqarorlikka ega. Biroq undan xonadan tashqarida yoki qaynoq suvda foydalanib bo'lmaydi.

Polietilen – a'lo darajadagi kimyoviy barqarorlik va yaxshi elektr xususiyatlariga ega bo'lgan yengil va arzon material. U keng spektral diapazon - ko'rinadigan nurlardan tortib to uzoq IQ nurlargacha bo'lgan diapazonda o'rtacha shaffoflikka ega, biroq yomon shakl barqarorlik va termobarqarorlikka ega.

Polipropilen - bukilishlar va uzuvchan yuklamalarga nisbatan barqaror, a'lo darajadagi kimyoviy va elektr xususiyatlariga, shuningdek, yuqori termobarqarorlikka ega. U yengil, arzon va uzoq IQ diapazonning nurlari uchun shaffof. Biroq o'rta IQ diapazonda uning yutish koeffitsiyenti va fotonlarning sochilishi polietilenga qaraganda yuqori.

Poliuretan - mustahkam, yedirilishga va zarbaga bardoshli material. U plyonkalar va penoplastlar ko'rinishida tayyorlanishi mumkin, yaxshi elektr va kimyoviy xususiyatlarga ega. Biroq UB nurlanishlar uning sifatini yomonlashtiradi.

Plastik materiallarning boshqa bir tipi *termoreaktiv plast-* massalar deb

ataladi. Bu materiallarda polimerlanish ikki bosqichda - materiallarni ishlab chiqarish va ulardan yakuniy mahsulotni shakllantirishda sodir bo'ladi. Bunday plastmassalarga fenol smolalari misol bo'lib, ular talab qilinadigan strukturani shakllantirishda bosim ostida eritiladi. Bunda keyinchalik qizdirilganda yemirilmaydigan mustahkam ko'ndalang molekulalararo bog'lanishlar hosil bo'ladi. Termoreaktiv plastmassalardan buyumlarni shakllantirish jarayoni tuxum qaynatishni eslatadi: ular payvandlangandan keyin qattiq bo'lib qolaveradi. Plastmassalarning bu tipi termoplastiklarga qaraganda yuqori haroratga bardoshlilik va shakl barqarorlikka ega. Shu sababli termoreaktiv plastmassalardan kemalarning korpuslari va elektr o'chirgichlar (armirlangan poliester), bosma tagliklar (epoksid smolasi) va idish-tovoqlarni (melamin) tayyorlashda foydalaniladi. Boshqa tomonlama esa termoplastiklar termoreaktiv plastmassalarga qaraganda yuqoriroq zarbaga bardoshlilikka ega, ularga ishlov berish osonroq va murakkab buyumlarni ishlab chiqishda yaxshiroq moslashuvchanlikka ega.

Datchiklarni tayyorlashda ko'proq quyidagi termoplastmassalardan foydalaniladi:

Alkid smolasi - a'lo darajadagi elektr xususiyatlari va past namlik singdiruvchanlikka ega.

Allil (diallil ftalat) - yuqori shakl barqarorlik, termobarqarorlik va kimyoviy barqarorlikka ega.

Epoksid smolasi - yuqori termik va elektr mustahkamligiga, shuningdek, ko'pchilik materiallarga nisbatan yuqori adgeziyaga ega.

Fenol smolasi - qora yoki jigar rangdagi arzon material bo'lib hisoblanadi.

Poliester (termoplastik shakli) - har xil rang va har xil shaffoflikka ega bo'lishi mumkin. Kuchli kirishuvchanlikka (usadka) ega.

Agar polimerlanish reaksiyasida har xil tipdagi (A va V) ikkita monomer ishtirok etsa, olinadigan polimer *sopolimer* deb ataladi, uning xususiyatlari A va V tarkibiy qismlarning o'zaro nisbati bilan belgilanadi. Polimerning mexanik xususiyatlarini o'zgartirish uchun unga qo'shimcha tarkibiy qismlar qo'shiladi, masalan, tolalar mustahkamlikni, plastifikatorlar qayishqoqlikni oshirish imkonini beradi, moylovchi moddalar ishlov berishni osonlashtiradi, UB barqarorlashtirgichlar esa quyosh yorug'ligi sharoitlarida ishlaydigan datchiklarning tavsiflarini yaxshilaydi.

Plastmassalarning xususiyatlarini boshqarishning boshqa bir yaxshi usuli polimer qotishmalari yoki kompozitsiyalarini tayyorlash bo'lib hisoblanadi. Bunda har bir tarkibiy qismning xususiyatlari saqlanib qoladi.

Elektr o'tkazuvchan plastmassalar. Plastmassalar, aslida, ajoyib izolyatorlar hisoblanadi. Ularga elektr xususiyatlarini berish uchun ular metall folga yoki o'tkazuvchan bo'yoq qatlami bilan qoplanadi, yoki ularga metall

qatlami purkaladi. Elektr o'tkazuvchan plastmassalarni tayyorlashning boshqa bir usuli o'tkazuvchan aralashmalarni qo'shish (masalan, grafit yoki metall tolalar), yoki plastmassaga metall to'rni kiritish bo'lib hisoblanadi.

Pyezoelektrik plastmassalar. Ular polivinil ftoridlar va poliviniliden ftoridlar, shuningdek, kristall materiallar bo'lib hisoblanadigan sopolimerlardan tayyorlanadi. Avval boshda ular pyezoelektrik xususiyatlarga ega bo'lmaydi. Ularga bu xususiyatlarni berish uchun ular yuqori kuchlanish, yoki tojli razryad yordamida qutblanadi. Plenkaning ikki tomonidan trafaretli bosish uslubi bilan, yoki vakuumli metallashtirish uslubi bo'yicha metall elektrodlar kiritiladi. Bunday plyonkalar ba'zi bir datchiklarda keramik materiallarning o'rniga qo'llaniladi. Ularning yutuqlari qayishqoqlik va mexanik yuklamalarga barqarorlik bo'lib hisoblanadi. Pyezoelektrik plastmassalarning boshqa bir yutug'i ulardan amalda har qanday shakldagi buyumlarni yasash imkoniyati.

Metallar va qotishmalar. Datchiklarni ishlab chiquvchi nuqtai-nazaridan barcha metallar ikkita klassga - temirni o'z ichiga oladigan va olmaydigan metallarga bo'linadi. Temirni o'z ichiga oladigan metallardan, masalan, po'latdan, harakat, masofa, magnit maydoni va hokazo magnit datchiklarini tayyorlash uchun foydalaniladi. Ular shuningdek, magnit ekranlarini shakllantirish uchun qo'llaniladi. Metallarning boshqa tiplari magnit maydonini singdiradi, shu sababli bu maydonlar hech qanday ahamiyatga ega bo'lmagan joylarda qo'llaniladi.

Temirni o'z ichiga olmaydigan metallar va qotishmalar bir qator ajoyib mexanik va fizikaviy xususiyatlarga ega. Metallni tanlashda faqatgina uning xususiyatlarini hisobga olib qolmasdan, balki unga ishlov berish usullarini ham ko'rib chiqish zarur bo'ladi. Masalan, mis garchi ajoyib issiqlik va elektr xususiyatlariga ega bo'lishiga qaramasdan, u bilan ishlash qiyin bo'lganligi sababli ko'pincha uning o'rniga alyuminiydan foydalaniladi.

Alyuminiy (Al) mustahkamlik og'irlik nisbatining yuqori kattaligi va aksilkorrozion xususiyatlarga ega: havo ta'sirida u temirday tez oksidlanmaydi. Bu alyuminiy yuzasida uni atrof muhitning ta'siridan himoya qiladigan mikroskopik oksid qatlami shakllanishi bilan izohlanadi.

Yuzlab alyuminiy qotishmalari mavjud. Ularga ishlov berish uchun yoyish, quyish, shtamplash kabi maxsus uslublar ishlab chiqilgan. Ba'zi bir qotishmalarni kavsharlash va payvandlash uslublari bilan bariktirish mumkin. Alyuminiy ajoyib elektr xususiyatlariga qo'shimcha ravishda UB dan tortib to radioto'lqinlargacha amalda butun spektrning nurlarini ikkilamchi qaytarish xususiyatlariga ega. Alyuminiy qoplamalar ko'pincha oyna'lar va volnovodlarga qoplanadi. O'rta va uzoq IQ diapazonda faqatgina oltin undan yaxshiroq qaytarish qobiliyatiga ega.

Berilliy (Be) bir qancha ajoyib xususiyatlarga ega. U past zichlik (alyuminiy zichligining uchdan ikkisi), katta qattqlik koeffitsiyenti (po'latdan besh

marta katta), yuqori solishtirma issiqlik sig'imi, a'lo darajadagi shakl barqarorlik va rentgen nurlari uchun shaffoflikka ega. Uning asosiy kamchiligi qimmatligidir. Xuddi alyuminiy kabi berilliyning yuzasida ham yuzani korroziyadan himoyalovchi mikroskopik qatlam shakllanadi. Berilliyga ko'pgina an'anaviy usullar bilan ishlov berish mumkin, kukundan sovuq presslash ham shular qatoriga kiradi. Undan rentgen datchiklari uchun darchalar, optik platformalar, oyna tagliklar va sun'iy yo'ldoshlarning detailari tayyorlanadi.

Magniy (Mg) qattqlikning og'irlikka nisbati katta bo'lgan juda yengil material bo'lib hisoblanadi. Past qayishqoqlik koeffitsiyenti tufayli u yaxshi dempfirlaydigan xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin. Unga ishlov berish uchun amalda metallarga ishlov berishning barcha uslublari qo'l keladi.

Nikel (Ni) korroziyaga bardoshli juda mustahkam strukturalarni tayyorlashda qo'l keladi. Nikel qotishmalari po'latga qaraganda juda yuqori mustahkamlik va yuqori qayishqoqlik koeffitsiyentiga ega. Nikel qotishmalari bu mis, kremniy va molibdenli ikki tarkibiy qismli tizimlardir. Nikel va uning qotishmalari kriogen haroratlardan to 1200°C gacha harorat diapazonida o'zining xususiyatlarini saqlaydi.

Mis (Cu) o'zida yaxshi issiqlik va elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlarini birlashtiradi (sof kumushdan keyin ikkinchi o'rinda turadi), korroziyaga bardoshli va unga ishlov berish anchagina oson. Biroq u mustahkamlikning og'irlikka nisbatan past nisbatiga ega. Mis mikrotexnologiyalar uslublari bilan ishlov berishga qiyin beriladi. Mis va uning qotishmalari latun va bronza har xil ko'rinishda, jumladan, plyonkalar ko'rinishida tayyorlanishi mumkin. Latun bu ba'zi bir qo'shimchalar qo'shilgan mis va rux qotishmasidir. Bronzani bir nechta guruhga ajratish mumkin: fosforli bronza (mis, qalay, fosfor), qo'rg'oshin, fosforli bronza (mis, qalay, qo'rg'oshin, fosfor) va kremniyli bronza (mis-kremniy). Misdan xonadan tashqarida foydalanilganda u ko'kimtir, yashil qatlam bilan qoplanadi, Akril qoplamadan foydalanish bilan bundan qochish mumkin. Misning berilliy bilan qotishmasi ajoyib mexanik xususiyatlarga ega va undan prujinalar tayyorlash uchun foydalaniladi.

Qo'rg'oshin (Pb) rentgen nurlari va y nurlanishlarni o'tkazmaydigan materialdir. U ko'pgina kimyoviy reagentlarga nisbatan yuqori korrozion bardoshlilikka ega. Undan yasalgan buyumlar har qanday tuproqda, dengiz suvida ham, sanoat sharoitlarida ham ishlay oladi. Qo'rg'oshinning erish harorati past, shu sababli uni oson eritish va shtamplash mumkin. U tovush va vibratsiyani yaxshi yutadi. U tabiiy moylash qobiliyati va edirilishga bardoshlilikka ega. Qo'rg'oshindan sof holda kam foydalaniladi. Eng keng tarqalgan qotishmalar 1-13% surmani o'z ichiga oladigan "og'ir qo'rg'oshin", yuqori mustahkamlik va qattqlikka ega bo'lgan kalsiy va qalayli qotishmalar bo'lib hisoblanadi.

Platina (Pt) - bu oqish-kumushrang nodir metall bo'lib, yumshoq, plastik va korroziyaga bardoshli material bo'lib hisoblanadi. U qarshilikning musbat harorat koeffitsiyentiga ega bo'lgan juda yuqori barqarorlik va qayta yaratuvchanlikka ega, shu sababli undan ko'pincha harorat datchiklarida foydalaniladi.

Oltin (Au) juda yumshoq va kimyoviy inert material hisoblanadi. U faqatgina kuchli aroq bilan, shuningdek, kislorod ishtirokida natriy va kaliy bilan reaksiyaga kirishadi. Bir gramm sof oltin bilan 0,1 mkm dan kam qalinlikda 5000 sm² yuzani qoplash mumkin. Oltindan asosan, galvanik qoplamalar va boshqa metallar mis, nikel va kumush bilan qotishmalar tarkibida foydalaniladi. Datchiklarda oltin elektr kontaktlari, o'rta va uzoq IQ diapazonda ishlaydigan oynalar va volnovodlarda qo'llaniladi.

Kumush (Ag) nodir metallar ichida eng arzoni hisoblanadi. U yumshoq va korroziyaga bardoshli material bo'lib, kumush barcha metallar orasida eng katta issiqlik va elektr o'tkazuvchanlikka ega.

Palladiy (Pd), iridiy (Ir) va rodiy (Rh) bir-biriga o'xshaydi va o'zini xuddi platina kabi tutadi. Gibrid va bosma tagliklar, shuningdek, elektr o'tkazgichlarga ega bo'lgan turli-tuman keramik tagliklarni tayyorlashda elektr qoplamalar sifatida qo'llaniladi. Bu metallardan shuningdek, yuqori haroratlar va tajovuzkor muhitda keng spektral diapazonda ishlashga qodir bo'lgan yuqori sifatli qaytargichlarni tayyorlashda foydalaniladi. Barcha metallar orasida iridiy eng yuqori korrozion bardoshlilikka ega, shu sababli kritik sharoitlarda ishlaydigan tizimlarda aynan undan foydalaniladi.

Molibden (Mo) 1600°C gacha bo'lgan haroratda mustahkamlik va qattqlikni saqlaydi. Bu metall va uning qotishmalari an'anaviy uskunalarda yordamida mashinada ishlov berishga oson beriladi. U ko'pchilik kislotalarning ta'siriga bardoshli emas. Molibden asosan IQ pechlardagi qizdiruvchi elementlar va qaytargichlar kabi yuqori haroratlarda ishlaydigan qurilmalarda qo'llaniladi. Molibden kichik issiqlikdan kengayish koeffitsiyentiga ega va erigan metallarning ta'siri ostida eroziyaga berilmaydi.

Volfram (W) ko'p jihatdan molibdenga o'xshaydi, biroq undan ham yuqoriroq haroratlarda ishlay oladi. Undan ko'pincha termojuftliklarni (volfram-reniyli termojuftliklar) tayyorlash uchun foydalaniladi.

Rux sof holda kam qo'llaniladi (qoplamalar sifatida foydalanishdan tashqari). Undan qotishmalar ko'rinishida foydalaniladi.

Keramik materiallar. Keramik materiallar, qoidaga ko'ra, kristall strukturaga ega bo'ladi. Ularning asosiy xususiyatlari mustahkamlik, haroratga bardoshlilik, kichik og'irlik, ko'pchilik kimyoviy reagentlarga nisbatan barqarorlik, boshqa materiallar bilan birlasha olish qobiliyati va ajoyib elektr tavsiflaridir. Shu tufayli ulardan datchiklarni tayyorlashda keng foydalaniladi.

Garchi aksariyat metallar kislorod bilan hech bo'lmaganda bitta kimyoviy birikma hosil qilsada, ulardan juda ozchiligi keramikani tayyorlash uchun yaroqli bo'lib hisoblanadi. Alyuminiy va berilliy oksidlari bunga misol bo'la oladi. Alyuminiy oksidi ko'pincha kremniy oksidi bilan birga eritiladi, biroq uning o'rniga xrom, magniy, kalsiy kabi boshqa elementlardan ham foydalanish mumkin.

Ba'zi bir metallarning karbidlari keramik materiallar guruhiga kiradi. Ulardan eng keng tarqalganlari bor karbidi, shuningdek, alyuminiy nitrati va nitridi hisoblanadi. Issiqlikni tezkor uzatish talab qilinadigan hollarda alyuminiy nitridini qo'llash lozim bo'ladi, sig'imli datchiklarni tayyorlashda esa kremniy karbididan foydalangan ma'qul, chunki u yuqori dielektrik konstantaga ega. Qattiqligi tufayli aksariyat keramik materiallar ishlov berish uchun skraybirlash, mikroishlov berish, SO_2 lazer yordamida mikroprotsensor bilan boshqariladigan o'yish kabi maxsus uslublarni qo'llashni talab qiladi. Bu uslublar 0,1-10 mm qalinlikdagi turli shakldagi keramik tagliklarni qirqish imkonini beradi.

Shishalar. Shisha - bu qattiq amorf material bo'lib, kremniy dioksidi va asosiy oksidni eritish bilan tayyorlanadi. Garchi uning atomlari hech qachon kristall strukturani tashkil qilmasada, shishada atomlararo masofalar yetarlicha kichik. Shishaning asosiy xususiyatlari shaffoflik, har xil rangga bo'yash mumkinligi, mustahkamlik va ftorvodorod kislotasidan tashqari aksariyat kimyoviy reagentlarga barqarorlik bo'lib hisoblanadi. Aksariyat shishalar silikat asosida amalga oshiriladi va uchta asosiy tarkibiy qism kremniy oksidi (SiO_2), ohaktosh ($CaCO_3$) va natriy karbonatdan ($NaCO_3$) tayyorlanadi. Nosilikat shishalar - bu fosfat shishalar (kislotalarga bardoshli), issiqlik yutadigan shishalar (FeO dan ishlangan) va alyuminiy, vanadiy, germaniy va boshqa metallarning oksidlariga asoslangan tizimlardir. Bunday maxsus shishalarga o'rta va uzoq IQ spektral diapazonda shaffof bo'lgan va optik qurilmalar tarkibida foydalaniladigan, AMTIR sifatida ma'lum bo'lgan mishyak uchsulfat (As_2S_3) misol bo'la oladi.

Bor-silikat shishalar - shishalarning eng qadimiy tipi bo'lib hisoblanadi, harorat o'zgarishlariga juda barqaror. Bunday shishalarda SiO_2 molekulalarining bir qismi bor oksidi bilan almashtiriladi. Bor silikat shishalar past issiqlikdan kengayish ko'effitsiyentiga ega, bu ulardan optik oynalarni tayyoriash uchun foydalanish (masalan, teleskoplar uchun) imkonini beradi.

Qo'rg'oshin-ishqorli shishalar (yoki shunchaki qo'rg'oshinli) ularning sindirish ko'effitsiyentini oshiradigan qo'rg'oshin monooksididan tashkil topadi. Bunday shishalar yaxshi elektr izolyatorlar bo'lib hisoblanadi. Datchiklarni tayyorlashda ulardan optik darchalar va prizmalar, shuningdek, yadro nurlanishlaridan himoyalaydigan ekranlar tayyorlanadi. Boshqa shishalar alyumosilikat shishalar asosida amalga oshiriladi, ularda Al_2O_3 kremniy

oksidining, 96% li kremniy oksidi va erigan kremniy oksidining ba'zi bir molekulalarini siqib chiqaradi.

Boshqa bir sinf - bu yorug'lik sezgir shishalardir, ular uchta turda ishlab chiqariladi. Fotoxromatik shishalar UB nurlanish ta'siriga tortilganda qorayadi, nurlanish to'xtaganda yoki shisha qiziganda esa oqaradi. Ba'zi bir fotoxromatik kompozitsiyalar haftalab, hatto oylab qoraygan holda qolaveradi. Qolganlari nurlanish manbai olingandan keyin bir necha minutdan keyin oqaradi. Fotosezgir shishalar UB nurlanishga turlicha reaksiya ko'rsatadi. Agar ular nurlatishdan keyin qizdirishga tortilsa, qo'ng'ir rangga kiradi. Bu shisha strukturada ba'zi bir bezaklarni yaratish imkonini beradi. Bundan tashqari, bu qo'ng'ir shishalar kislotalarda yaxshi eriydi, bu ularga eritib quyish texnologiyasi bo'yicha ishlov berish imkonini beradi.

Datchiklarning texnologiyalari

Yupqa va qalin plyonkalarni qoplash. Yupqa plyonkalardan ko'pincha sezgir yuzaga ba'zi bir qo'shimcha xususiyatlarni berish uchun foydalaniladi. Masalan, uzoq IQ spektral diapazonda ishlaydigan datchikning issiqlik nurlarini yutish qobiliyatini yaxshilash uchun uning yuzasi ba'zan yuqori yutish koeffitsiyentiga ega bo'lgan material, masalan, nixrom bilan qoplanadi. Kremniy taglikka unga pyezoelektrik xususiyatlarini berish uchun pyezoelektrik qatlam qoplanishi mumkin. Qalin plyonkalardan ko'pincha bosim datchiklari yoki mikrofonlar tarkibida membranalari sifatida foydalaniladi. Turli materiallardan ishlangan tagliklarga turlicha qalinlikdagi plyonkalarni qoplashning bir nechta uslublari ishlab chiqilgan. Ularning orasida aylanishli quyish, termovakuumli changlash, ionli changlash, galvanik uslub va trafaretli bosish eng ommaviylari bo'lib hisoblanadi.

Aylanishli quyish. Bu texnologiya bo'yicha plyonkani yaratish uchun mo'ljallangan material uchuvchan suyuq erituvchida eritiladi. Olingan eritma tez aylanayotgan namunaning ustiga quyiladi. Markazdan qochma kuchlar materialni to'zg'itadi va erituvchi bug'lanib ketgandan keyin namunaning yuzasida yupqa plyonka qoladi. Bu uslubdan ko'pincha namlik datchiklari va kimyoviy detektorlarni tayyorlashda yupqa organik plyonkalarni qoplash uchun foydalaniladi. Tayyor plyonkalarining qalinligi qoplanadigan materialning eruvchanligi va aylanish tezligi bilan belgilanadi, u odatda, 0,1-50 mkm diapazonda bo'ladi. Mazkur uslubning kamchiligi, ayniqsa, namuna yaqqol turtib chiqib turgan notekisliklarga ega bo'lsa, plyonkaning bir tekis qoplanmasligi bo'lib hisoblanadi. Buning ustiga, qoplangan material quriganda burishishga moyil bo'ladi. Shunga qaramasdan, ushbu uslub ko'pgina amaliy qo'llashlar uchun to'liq yaroqli bo'lib hisoblanadi.

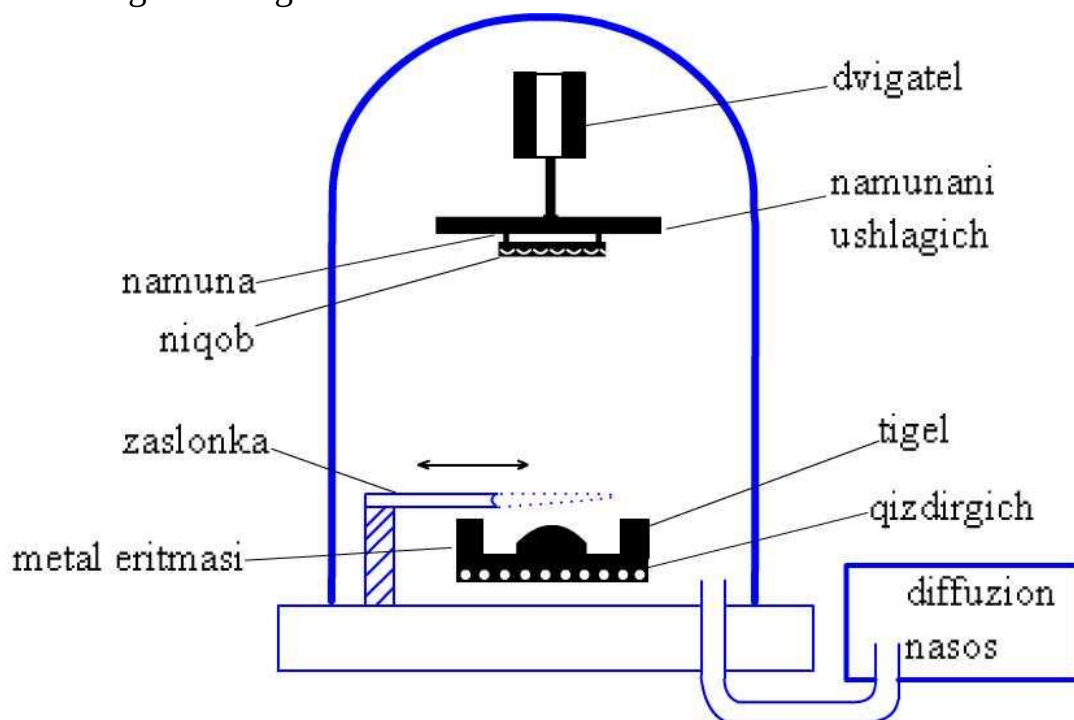
Termovakuumli changlash. Bu uslubda metall oldindan gazga

aylantiriladi, u namunaning yuzasiga o'tiradi va uning yuzasida yupqa plyonkani shakllantiradi. Changlash tizimi vakuum kamera (3.19-rasm), kamerada $10^{-6} \dots 10^{-7}$ tor atrofida bosimni ta'minlaydigan diffuzion nasos, tutqich, tigl va zaslonkadan tashkil topadi. Qoplanadigan material keramik tigelga joylashtiriladi, volfram cho'g'lanma tola yordamida metalining erish haroratigacha qizdiriladi. Qizdirishning muqobil uslubi elektron nurdan foydalanish bo'lib hisoblanadi.

Boshqaruv blokidan berilgan komanda bo'yicha zaslonka ochiladi va uzilib chiqqan metall atomlariga namunaga o'tirish imkonini beradi. Namunaning niqob bilan himoya qilingan qismlari qoplanmasdan qoladi. Plenkaning qalinligi changlash vaqti va metall bug'larining bosimi bilan belgilanadi. Metallning erish harorati qanchalik past bo'lsa, uni changlash shunchalik oson bo'ladi (masalan, alyuminiy). Qoidaga ko'ra, vakuumli changlash uslubi bilan qoplangan plyonkalar katta qoldiq kuchlanishga ega bo'ladi, shu sababli ushbu uslub faqatgina yupqa plyonkalarni qoplash uchun qo'llaniladi.

Erigan material amalda atomlarning nuqtali manbai bo'lib hisoblanishi sababli, ikkita muammo vujudga keladi. Plenkalarining notekis qoplanishi va niqobning chegaralari bo'ylab plyonka chekkalarining aniq bo'lmasligi. Bu hodisalarni kamaytirish uchun quyidagi uslublar qo'llaniladi: bir nechta tigeldan (3 yoki 4 ta), yoki namunaning aylanishidan foydalaniladi.

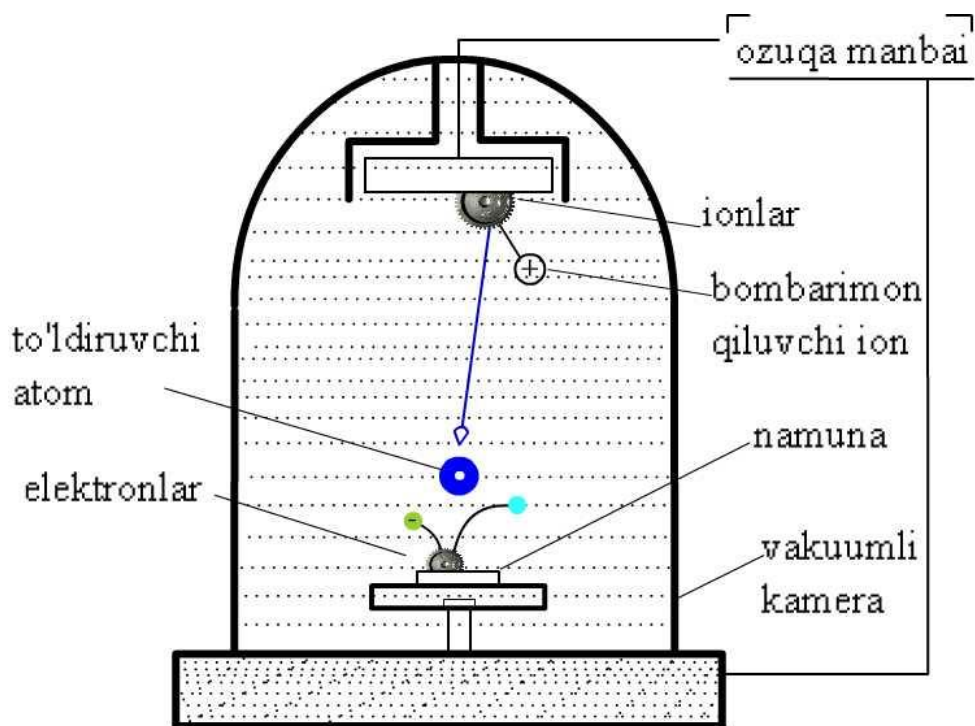
Vakuumli changlash uslubidan foydalanishda kameraga begona moddalar tushishiga yo'l qo'ymaslik zarur bo'ladi. Masalan, unchalik ko'p bo'lmagan miqdorda moy tushishi ham (masalan, nasosdan) organik materiallarning yonib ketishi yoki namunaga xohlanmaydigan tarkibiy qismlarning, masalan, uglevodlarning o'tirishiga olib kelishi mumkin.



3.19-rasm. Vakuum kamerada yupqa metall plyonkani qoplash

Ionli changlash. Xuddi vakuumli changlash kabi ionli changlash ham vakuum kamerada o'tkaziladi (3.20-rasm). Biroq bu yerda kameradan havo so'rib olingandan keyin unga $2 \cdot 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-6}$ tor bosim ostida inert gaz (argon yoki geliy) kiritiladi. Changlanadigan materialdan tayyorlangan katodga (nishonga) yuqori doimiy yoki o'zgaruvchan kuchlanish beriladi. Namuna katoddan qandaydir bir masofada joylashgan anodga mahkamlanadi. Yuqori kuchlanish inert gazning plazmasini qizdiradi va tezlashgan gaz ionlari nishonni bombardimon qila boshlaydi. Bombardimon qiluvchi ionlarning kinetik energiyasi alohida atomlarni katod yuzasidan ajralib chiqishga majbur qilish uchun yetarli bo'ladi. Bu atomlarning ba'zilar namunagacha yetib borish bilan uning yuzasida yupqa plyonka hosil qiladi.

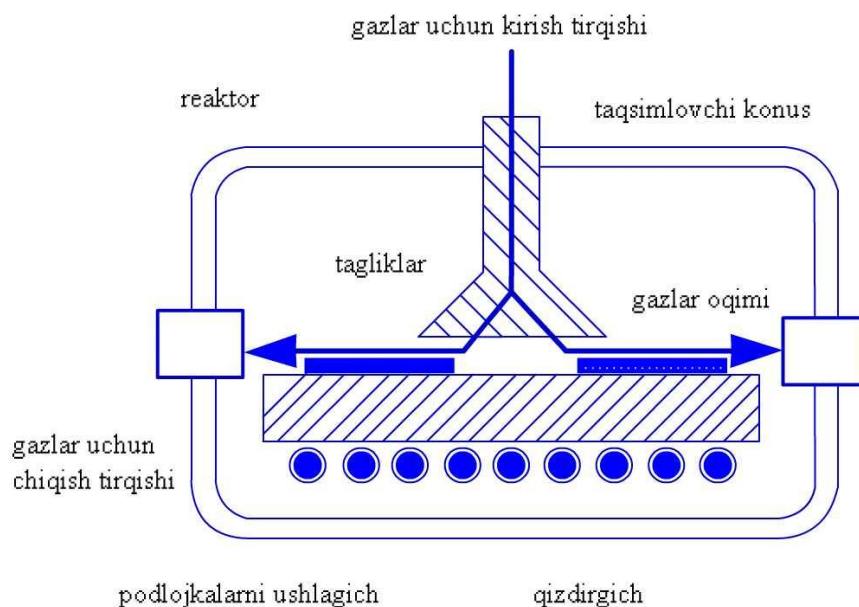
Ionli changlash uslubi bilan qoplangan plyonkalar, ayniqsa, kameraga ionlarni to'g'ri namunaning yuzasiga yo'naltiradigan magnit maydoni kiritilganda, o'ta yuqori bir tekislikka ega bo'ladi. Bu uslubda nishonni kuchli qizdirish zarurati yo'qligi sababli amalda har qanday materialni, organik materiallarni ham changlash mumkin. Buning ustiga materiallar bir paytning o'zida bir nechta nishonlardan changlanishi mumkin. Masalan, piroelektrik datchiklarning yuzasida nixrom elektrodni shakllantirishda nikel va xrom ionlari ikkita turli nishondan changlanishi mumkin.



3.20-rasm. Vakuum kamerada ionli changlash

Gaz fazadan kimyoviy o'tirgizish. Bu texnologiyadan optik, optoelektron va elektron qurilmalarni tayyorlashda foydalaniladi. Datchiklarni ishlab chiqarishda ko'pincha optik darchalarni shakllantirish yoki yarim o'tkazgich tagliklar yuzasiga yupqa yoki qalin kristall plyonkalarni qoplash zarur bo'ladi.

Kimyoviy o'tirgizish jarayoni reaktorda o'tkaziladi, uning soddalashtirilgan sxemasi 3.21-rasmda keltirilgan. Tagliklar statsionar yoki aylanuvchi stolga joylashtiriladi, stolning harorati maxsus qizdirgich yordamida talab qilinadigan darajagacha ko'tariladi. Reaktorning yuqori qopqog'ida maxsus aralashmalarga ega bo'lgan vodorodni kiritish uchun teshik mavjud, ular tagliklarning qizdirilgan yuzasi ustida ko'chish bilan ularga o'tiradi. Yupqa plyonkani shakllantiradi. Gaz odatda, reaktorning markaziy qismidan kiritiladi. Reaktordagi gazning o'rtacha bosimi 1 atm atrofida, ba'zan undan pastroq bo'ladi. Masalan, InP taglikda 1,4 mkm/s tezlik bilan 6000 mkm qalinlikdagi $Ga_{0.47}In_{0.53}As$ plyonkani hosil qilish uchun 630°C harorat va 1 atm bosimni ta'minlash talab qilinadi.



3.21-rasm. Gaz fazadan kimyoviy o'tirgizish jarayonini o'tkazish uchun mo'ljallangan reaktorning soddalashtirilgan sxemasi

Nano-texnologiyalar. Nano-texnologiyalar to'g'risida gapirganda uning o'lchamlarini nanometr bilan (10^{-9}) taqqoslash mumkin bo'ladigan qurilmalar xususida gap boradi. Amaliyotda esa juda mitti elementlarning aksariyati minglab marta katta mikron atrofida ($10^{-6} m$) o'lchamga ega bo'ladi. Biroq texnologiyalar rivojlanib borishi bilan bu o'lchamlar kichrayish tendensiyasiga ega bo'lib bormoqda.

Hozirgi kunda mikrotizimli texnologiyalar shiddat bilan rivojlanmoqda, ular mikroelektromexanik tizimlarni (MEMT) va mikroelektrooptomexanik tizimlarni (MEOMT) yaratish imkonini beradi. MEMT qurilmalar o'zining

tarkibida elektr va mexanik tarkibiy qismlarni birlashtiradi. Bu ularning strukturasiga hech bo'lmaganda bitta qo'zg'aluvchan yoki deformatsiyalanadigan qism va albatta, elektr sxemasi kirishini bildiradi. MEOMT nomidan esa uning elementlaridan biri optik tarkibiy qism bo'lishi lozimligi kelib chiqadi. Aksariyat MEMT va MEOMT lar o'lchamlari mikron atrofida bo'lgan uch o'lchamli qurilmalar bo'lib hisoblanadi.

Hozirgi kunda mikrotexnologiyalarning ikkita tipi mikroelektronika va mikromashinali texnologiyalar mavjud. Mikroelektronika deganda kremniy kristallarida integral sxemalarni ishlab chiqarish tushuniladi. Mikromashinali texnologiya esa o'zida mikroqurilmalarning strukturalari va qo'zg'aluvchan qismlarini tayyorlash uslublarini birlashtiradi. MEMT larni qurishdan maqsad integral elektron sxemalar va mikromashinali qurilmalarni birlashtirishdan iborat. MEMT laming yaqqol ko'zga tashlanadigan yutuqlari narxining pastligi, ishonchliligi, mitti o'lchamlari bo'lib hisoblanadi.

Hozirgi kunda mikrotexnologiyalarning uchta yo'nalishi kremniyga ishlov berish uslublari, eksimer lazer yordamida ishlov berish va LIGA-texnologiya ko'proq rivojlanishga ega bo'lgan. Kremniyga mikroishlov berish uslublari ko'proq shiddat bilan rivojlanayotgan uslublar bo'lib hisoblanadi, chunki mikroelektronikada kremniy tagliklardan keng foydalaniladi, mikrotizimlarni qurish uchun aynan ular ko'proq to'g'ri keladigan nomzodlar bo'lib hisoblanadi.

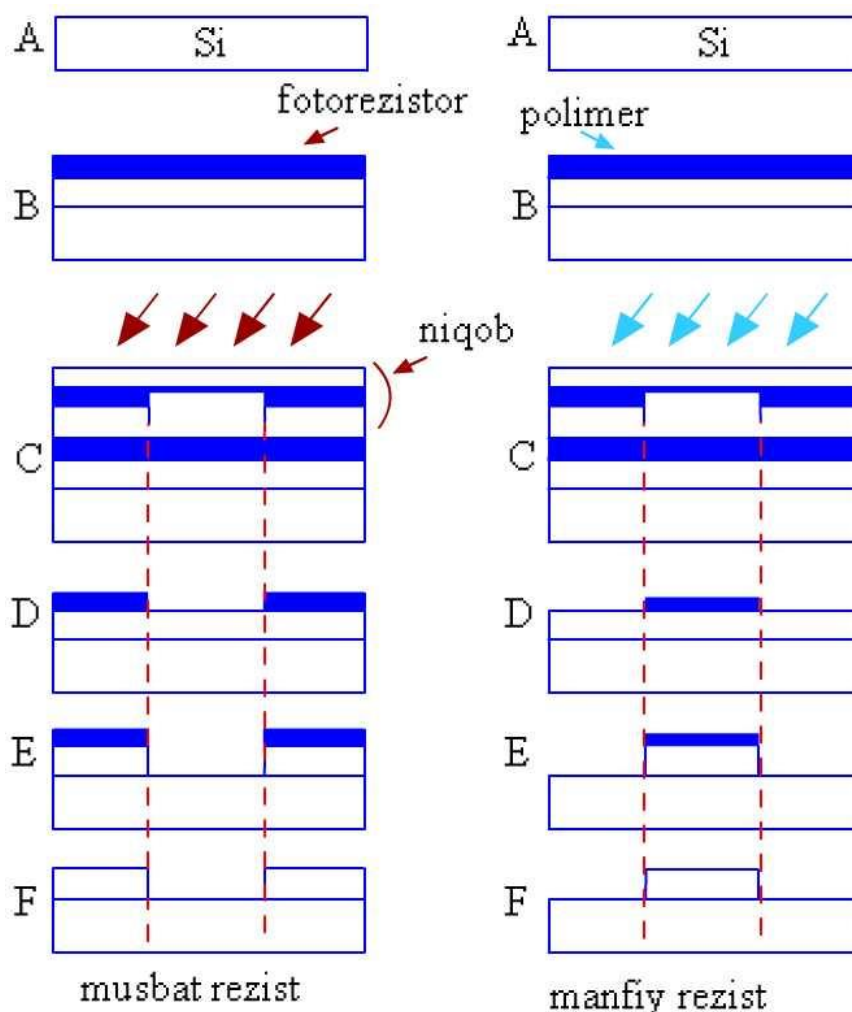
Eksimer lazer UB qurilma bo'lib, u juda katta miqdordagi materiallarga ularni qizdirmasdan turib mikromashinali ishlov berish imkonini beradi, bu uning lazerlarning materialni kuydirish yoki bug'latish yo'li bilan chiqarib yuboradigan boshqa tiplaridan ajralib turadigan xarakterli chizgisi bo'lib hisoblanadi. Eksimer lazerdan asosan organik materiallar bilan (polimerlar va hokazolar) ishlash uchun foydalaniladi.

LIGA (litografik galvanoplastika va quyish) - turli materiallardan ishlanishi mumkin bo'lgan mexanik mikrotarkibiy qismlarni tayyorlash uchun foydalaniladigan texnologiyadit. Biroq bu texnologiya jiddiy kamchiligi bor unda sinxrotronning rentgen nurlanishini qo'llash talab qilinadi.

Fotolitografiya. Fotolitografiya - mexanik mikrotizimlarning uch o'lchamli strukturalarini yaratishning mikroelektronikadan olingan uslubidir. 3.22A-rasmda qandaydir materialning (aytaylik, kremniy dioksidining) boshqa bir materialdan (masalan, kremniydan) ishlangan taglikka qoplangan plyonkasi ko'rsatilgan. Uslubning maqsadi taglikning talab qilinadigan uchastkasini bo'shatish uchun oksid qatlamining bir qismini selektiv tarzda chiqarib yuborishdan iborat (3.22F-rasm).

Oksid qatlamining yuzasiga UB nurlanishga sezgir bo'lgan fotorezist deb ataluvchi polimerdan plyonka qoplanadi (3.22E-rasm). Polimerning ustidan niqob

shakllantiriladi, u oʻzida koʻpincha shisha plastinkaga qoplangan xrom shablonni taqdim qiladi. UB nurlanish fotorezistga niqob orqali tushadi (3.22D-rasm). Shundan keyin fotorezistning nurlatilgan qismi chiqarib tashlanadi. Natijada fotorezistdan niqob shakllanadi (3.22F-rasm).



3.22-rasm. Musbat va manfiy fotolitografiya

Fotorezistlarning ikkita tipi mavjud: musbat (3.22-rasmning chap tomoni) va manfly (3.22-rasmning oʻng tomoni). UB nurlar musbat fotorezistni nurlatganda bu nurlar polimerni zaiflashtiradi, natijada nurlatishdan keyin rezistning aynan ana shu qismi chiqarib tashlanadi, u rezistiv qatlamda musbat niqobni qoldiradi. UB nurlar bilan manfly rezist nurlatilganda polimerning kuchayishi sodir boʻladi, va polimerning nurlanishga tortilmagan qismi chiqarib tashlanadi. Bunda rezistiv qatlamda boshlangʻich niqobning invertirlangan rasmi qoladi. Rezist bilan himoyalangan zonalaridan kremniy oksidini chiqarib tashlash uchun kimyoviy yoki boshqa biror toʻgʻri keladigan uslub qoʻllaniladi (3.22E-rasm). Jarayonning oxirida rezist chiqarib tashalanadi va tayyor struktura qoladi. (3.22 F-rasm).

Kremniyga ishlov berish uslublari. Talab qilinadigan mikrostrukturalarni olish uchun kremniy taglikka qoplanadigan qatlamlarni shakllantirish va taglikning oʻziga shakl berish uslublari mavjud (kremniyga hajmli ishlov berish).

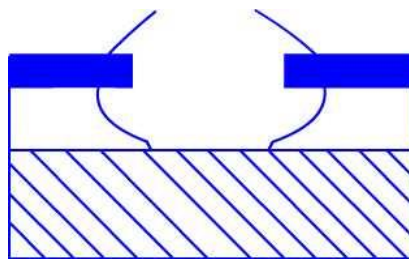
Shuningdek, yupqa plyonkalarni qoplash va shakllantirishning kremniy taglikning yuzasida yetarlicha murakkab strukturalarni tayyorlash imkonini beradigan texnologiyalar ham ishlab chiqilgan (kremniyga yuzali ishlov berish). Bu texnologiyalarni takomillashtirish uchun ularga elektrokimyoviy eritish uslublari kiritiladi. Tagliklarni tutashtirishning yangi uslublari esa ko'p qatlamli strukturalarni tayyorlash imkonini beradi.

Yupqa plyonkalarni qoplash. Kremniy (yoki qandaydir bir boshqa) taglikning yuzasiga turli materiallardan yupqa (bir necha mikron atrofida yoki undan ham yupqa) plyonkalarni qoplash uchun fotolitografiya yoki eritish uslublariidan foydalaniladi. Eng keng tarqalgan materiallar quyidagilar: kremniy dioksidi, kremniy nitridi, polikremniy va alyuminiy. Yupqa plyonkalar ko'rinishida boshqa materiallar nodir metallar, masalan, oltin ham qoplanishi mumkin. Biroq nodir metallar elektron sxemalarga tushgandan keyin ularni ishdan chiqarishi mumkin, shu sababli tagliklarga bunday qoplamalarni qoplash elektron uzellarni shakllantirishdan oldin bajarilishi lozim. Nodir metallardan plyonkalar quruq yoki suyuqlikli eritish texnologiyasi bo'yicha emas, ko'pincha trafaret bo'yicha teskari litografiya uslubi bilan qoplanadi.

Ko'pincha fotorezist eritish uslubi bilan ishlov berish uchun yetarlicha mustahkam bo'lmaydi. Bunday hollarda boshqa qattiqroq materiallardan (masalan, oksid yoki nitrid) yupqa qatlam qoplanadi va keyinchalik plyonkani shakllantirish esa fotolitografiya uslubi bilan olib boriladi. Pastda yotuvchi materialni eritish jarayonida oksid nitrid niqob rolini o'taydi. Pastda yotuvchi material to'liq eritilgandan keyin bu niqoblaydigan qatlam chiqarib yuboriladi.

Suyuqlikli eritish. Suyuqlikli eritish deganda taglikni kimyoviy reagentli kyuvetga joylashtirish bilan materialning bir qismini chiqarib yuborish tushuniladi, Suyuqlikli eritishning ikkita usuli mavjud: izotrop va anizotrop. Izotrop eritishda erituvchi reagentlar materialni bir paytning o'zida barcha yo'nalishlarda bir tekis chiqarib yuboradi. Anizotrop eritishda esa materialni chiqarib yuborish tezligi turli yo'nalishlarda bir xil bo'lmaydi, shu sababli bu uslubdan murakkab shaklli strukturalarni shakllantirish uchun foydalaniladi. Eritish tezligi ko'pincha kremniy aralashmalarining konsentratsiyasi bilan belgilanadi.

Kremniy oksidlari va nitridlari, alyuminiy, polikremniy, kremniy va oltinni eritishdir erituvchi reagentlari mavjud. Izotrop erituvchilar materialga barcha yo'nalishlarda bir xil ta'sir ko'rsatishi sababli ular materialni faqat vertikal yo'nalishda emas, balki gorizontal yo'nalishda ham chiqarib yuboradi, bunda ular niqobning ostida joylashgan qatlamni eritadi. Bu 3.23-rasmda ko'rsatilgan.



3.23-rasm. Niqob qatlami ostida izotrop eritish

Tagliklarni tutashtirish. Murakkab qurilmalarni olish uchun turli materiallardan ishlangan tagliklarni bir-biri bilan tutashtirishning ko‘plab uslublari mavjud. Kremniyni shisha bilan tutashtirishning eng keng tarqalgan uslublaridan biri anodli yoki elektrostatik eritish bo‘lib hisoblanadi. Buning uchun kremniy va shisha tagliklar birga tutashtiriladi va yuqori haroratgacha qizdiriladi. So‘ngra bu tutashuvga yuqori kuchlanish qo‘yiladi, natijada tagliklar o‘rtasida juda mustahkam bog‘lanishlar hosil bo‘ladi.

Ikkita kremniy tagliklarni tutashtirish uchun to‘g‘ridan-to‘g‘ri tutashtirish uslubi qo‘l keladi, u ikkita kremniy plastinkalarni suv ostida birlashtirish va ularga unchalik katta bo‘lmagan bosim ko‘rsatishdan iborat. Shuningdek, shisha va rezist kabi oraliq adgezion qatlamlardan foydalanuvchi uslublar ham ommaviy hisoblanadi. Garchi anodli eritish va tagliklarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri tutashtirish uslublari mustahkam tutashuvlarni olish imkonini bersada, ular yetarlicha jiddiy kamchilikka ega: ular uchun tutashuvchi yuzalarning tozaligi va silliqligi muhim ahamiyatga ega bo‘ladi. Tagliklarni tutashtirish uslublaridan turli datchiklarning tarkibiy qismlari bo‘lib hisoblanadigan membranalar, konsollar, klapanlar va hokazolarni tayyorlashda mikrostrukturalarni mahkamlash uchun foydalaniladi.

Nazorat savollari:

1. Datchiklarni tayyorlashning texnologik uslublari qanday tanlanadi?
2. Termoreaktiv plastmassalardan nima maqsadda foydalaniladi?
3. Datchiklarni tayyorlashda qaysi metallardan foydalaniladi?
4. Metallni tanlashda uning qaysi xususiyatlarini hisobga olib tanlanadi?
5. Datchiklarni tayyorlash uchun kremniyning qo‘llanilishi.
6. Termoplastlar deb nimaga aytiladi?
7. Kramik materiallarning asosiy xususiyatlarini sanab bering.
8. Datchiklarning qanday texnologiyalarini bilasiz?
9. Vakuum kamerada yupqa metal plyonkani qoplash qanday amalga oshiriladi?

IV -BOB. DATCHIK TURLARI VA ULARNING XUSUSIYATLARI

4.1. Obyekt xolati, harakati va ko'chishi detektorlari

Mavjud bo'lish datchiklari odamlarning (ba'zan esa hayvonlarning ham) nazorat qilinadigan zonada bo'lishini detektiraydi, harakat detektorlari esa faqatgina obyektlarning ko'chishiga reaksiya ko'rsatadi. Ularning asosiy farqi shu bo'lib hisoblanadiki, mavjud bo'lish datchiklari obyekt qotib turishi yoki harakatda bo'lishidan qat'iy nazar chiqish signallarini ishlab chiqaradi, harakat detektorining chiqishida esa signal faqatgina obyekt ko'chgan holatda paydo bo'ladi. Bunday datchiklar kuzatish va qo'riqlash tizimlarida, energiyani boshqaruvchi qurilmalarda (masalan, elektr chirog'ini yoqishni o'chirishni boshqarish uchun), interfaol o'yinchoqlar va hokazolarda qo'llaniladi. Odamning mavjud bo'lishini konkret vaziyatga bog'liq ravishda uning tanasining ba'zi bir parametrlari yoki o'zini qanday tutish tavsiflari bo'yicha aniqlash mumkin. Masalan, datchik odamning og'irligiga, uning tanasidan tarqalayotgan issiqlikka, tovushlarga, dielektrik singdiruvchanlikning o'zgarishi va hokazolarga reaksiya ko'rsatishi mumkin. Hozirgi kunda odamlarning mavjud bo'lishi va harakatlarini aniqlash uchun quyidagi tipdagi datchiklar qo'llaniladi:

- *Havo bosimi datchiklari:* eshiklar va derazalar ochilganda havo bosimining vujudga keladigan o'zgarishlariga reaksiya ko'rsatadigan detektorlar.
- *Sig'im datchiklari:* odam tanasi sig'imining o'zgarishiga reaksiya ko'rsatadigan detektorlar.
- *Akustik datchiklar:* odamlar tomonidan chiqariladigan tovushlarga reaksiya ko'rsatadigan detektorlar.
- *Fotoelektrik datchiklar:* harakatlanayotgan obyektlar yorug'lik nurini kesib o'tishiga reaksiya ko'rsatadigan detektorlar.
- *Optoelektron datchiklar:* qo'riqlanadigan zonada yoritilganlik darajasi yoki optik kontrastlik (uyg'unlik) darajasiga reaksiya ko'rsatadigan datchiklar.
- Kuchlanish detektorlari:* pol, zinapoya va boshqa konstruktiv elementlarga kiritilgan deformatsiya datchiklari.
- *Ochilish detektorlari:* eshik va derazalarga o'rnatilgan elektr kontaktlari.
- *Magnitik ochilish detektorlari:* ochilish detektorlarining kontaktsiz ko'rinishi.
- *Vibratsiya detektorlari:* binolarning devorlari yoki boshqa konstruksiyalarining vibratsiyasiga reaksiya ko'rsatuvchi qurilmalar, bunday elementlar obyektlarning harakatini aniqlash uchun eshiklar va derazalarga ham o'rnatilishi mumkin.
- *Infraqizil (IQ) harakat detektorlari:* issiq yoki sovuq harakatlanuvchi obyektlar tomonidan chiqariladigan issiqlik to'lqinlariga reaksiya ko'rsatuvchi

qurilmalar.

- *o'ta yuqori chastotali (O'YuCh) detektorlar (mikroto'lqinli datchiklar):* obyektlardan qaytgan o'ta yuqori chastotali elektromagnitik to'lqinlarga reaksiya ko'rsatuvchi faol qurilmalar.

- *Ultratovush datchiklari:* O'YuCh datchiklarga o'xshash bo'lgan qurilmalar, faqat ularda elektromagnitik to'lqinlar o'rniga ultratovush tebranishlaridan foydalaniladi.

- *Yangi obyektlar paydo bo'lishining videodetektorlari:* qo'riqlanadigan zonaning joriy tasvirini xotiraga yozilgan etalon tasvir bilan solishtiradigan videoqurilmalar.

- *Videotanish tizimlari:* odamlarning aftangorining xarakterli xususiyatlarini ma'lumotlar bazasida saqlanadigan suratlar bilan solishtiradigan tasvir analizatorlari.

- *Lazer detektorlari:* fotoelektrik detektorlarga o'xshash bo'lgan qurilmalar, ularning farqi shundaki, ular tor yorug'lik nurlari va qaytargichlar kombinatsiyalaridan foydalanadi.

- *Elektrostatik detektorlar:* harakatlanuvchi obyektlar tomonidan olib o'tiladigan statik elektr zaryadlarini detektirlashga qodir bo'lgan datchiklar.

Odamlarning borligini aniqlaydigan detektorlarning kamchiliklaridan biri ularning yolg'ondan ishga tushishidir bo'lib hisoblanadi. Yolg'ondan ishga tushish deganda tizim aslida u yerda mavjud bo'lmagan obyektlarni ko'rsatadigan vaziyat tushuniladi. Ba'zi hollarda, masalan, yorug'lik bilan boshqariladigan o'yinchoqlar yoki qurilmalarda yolg'ondan ishga tushish katta muammolarni tug'dirmaydi. Biroq qo'riqlash tizimlari va harbiy tizimlarda yolg'ondan ishga tushish ham, begonalarning qo'riqlanadigan zonaga bostirib kirishi ham bir xil xavfli vaziyatlar bo'lib hisoblanadi. Shu sababli bunday qo'llashlar uchun datchiklarni tanlashda ularning ishonchliligi, tanlovchanligi va xalaqit beruvchilardan himoyalanganligiga e'tibor qaratish zarur bo'ladi. Qo'riqlash tizimlarining ishonchliligini oshirish uchun ko'pincha o'zlarining interfeysli sxemalariga ega bo'lgan, bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda ishlaydigan bir nechta datchiklardan foydalaniladi. Begonalarning bostirib kirishini aniqlashda xatolarni kamaytirishning boshqa bir usuli turli fizikaviy tamoyillarga asoslanadigan bir nechta datchiklarni qo'llash bo'lib hisoblanadi (masalan, sig'im va IQ detektorlarining kombinatsiyasi juda samarali bo'ladi, chunki ular uchun kiritiladigan xalaqit beruvchilarning har xil turlari kritik bo'lib hisoblanadi).

Mikroto'lqinli harakat detektorlari

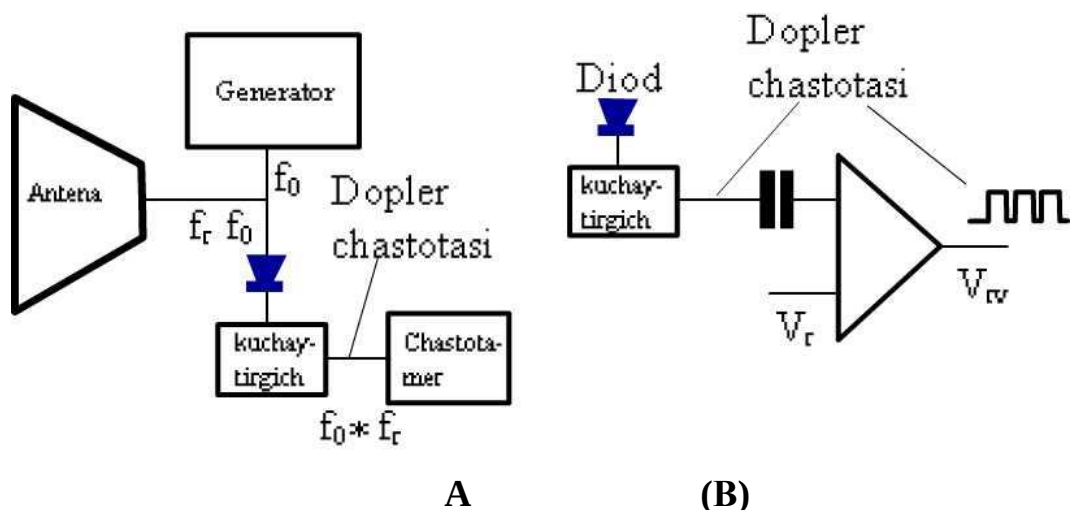
Katta maydonlarni nazorat qilish va kuchli shovqin-suron sharoitlarida - shamolda, kuchli xalaqit beruvchilar mavjud bo'lganda, tumanda, chang-to'zonda, namlik va hokazolarda keng haroratlar diapazonida ishlash talab qilinganda

O'YuCh detektorlar boshqa datchiklarga ajoyib alternativ bo'lib hisoblanadi. O'YuCh detektorlarning harakat tamoyili qo'riqlanadigan zona tomonga elektromagnitik radiochastotali to'lqinlarni nurlatishga asoslanadi. 10.525 GHz (X-diapazon) va 24.125 GHz (K-diapazon) chastotalar eng keng tarqalgan chastotalar bo'lib hisoblanadi. Nurlatish quwati odamlarning salomatligiga ziyon yetkazmaslik uchun yetarlicha past bo'lishi, nurlatiladigan to'lqinlarning uzunligi havoni ifloslantira- digan aksariyat zarrachalar orasidan bimalol o'tish uchun yetarlicha katta bo'lishi (X-diapazon uchun $\lambda = 3$ sm) va katta obyektlardan qaytishi uchun yetarlicha qisqa bo'lishi lozim.

Detektorlarning mikroto'lqinli qismi Gann generatori, antenna va aralashtiruvchi dioddan tashkil topadi. Gann generatori o'zida kichik pretsizion bo'shliqqa o'rnatilgan diodni taqdim qiladi, unga oziqlantiruvchi kuchlanish berilganda u O'YuCh tebranishlarni ishlab chiqara boshlaydi. Bu elektromagnitik to'lqinlarning f_0 chastotaga ega bo'lgan bir qismi diafragma va volnovod orqali o'tadi va ularni obyekt tomonga qarab yo'naltiradigan antennaga kelib tushadi. Qo'llanilishga bog'liq ravishda antenning turlicha fokuslaydigan tavsiflari tanlanadi. Asosiy qoida quyidagicha: antenning yo'naltirilganlik diagrammasi qanchalik tor bo'lsa, u shunchalik katta sezgirlikka ega bo'ladi (ya'ni uning kuchaytirish koeffitsiyenti shunchalik katta bo'ladi). Boshqa bir muhim xususiyati quyidagidan iborat: tor (ignasimon) yo'naltirilganlik diagrammasiga ega bo'lgan antennalar yetarlicha kichik bo'lishi mumkin bo'lgan keng burchakli antennalarga qaraganda katta o'lchamlarga ega bo'ladi. Uzatgichning tiplashgan quwati 10-20 mWt ni tashkil qiladi. Gann generatorlarining barqarorligi qo'yilgan kuchlanishga bog'liq bo'ladi, shu sababli generatorlarni oziqlantirish uchun yuqori sifatli kuchlanish regulyatorlaridan (rostlagichlaridan) foydalanish juda muhim. Generator uzluksiz yoki davriy ravishda ishlashi mumkin. Impulsli rejimda ishlashda oziqlantirish manbaidan iste'mol qilinadigan quwat keskin kamayadi.

Nuril tiladigan to'lqinlarning kamroq qismi Shotka aralashtiruvchi diodga kelib tushadi va etalon signal sifatida foydalaniladi (4.1A-rasm). Ko'pincha signallar priemnigi va peredatchigi (qabul qilgich va uzatgich) priemoperedatchik yoki transiver deb ataladigan bitta modulda joylashadi. Obyektdan qaytarilgan to'lqinlarning bir qismi antennaga qaytadi, u ularni aralashtiruvchi diodga yo'llaydi. Dioddagi tok o'zida uning chastotasi nurlatilgan va qaytarilgan to'lqinlarning obyektgacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional bo'lgan faza farqi bilan belgilanadigan garmolnik signalni taqdim qiladi. Bunday aza *sezgir* detektor yordamida obyektgacha bo'lgan masofani aniqlash mumkin, biroq masofani emas, balki obyektning qo'riqlanadigan zonada harakatlanish faktini aniqlash talab qilinadi. Mavjud bo'lish va harakat detektorlari ko'pincha Dopier hodisasi asosida amalga oshiriladi. Amalda barcha O'YuCh va ultratovush

detektorlari shu tamoyil asosida ishlaydi. Shuni qayd qilish lozimki, Dopier datchiklari mavjud bo'lish detektorlari emas, balki harakat detektorlari hisoblanadi, chunki faqatgina harakatlanayotgan obyektlarga reaksiya ko'rsatadi. Endi ular qanday ishlashini tushuntiramiz.



4.1-rasm. O'YuCh mavjud bo'lish detektori: A - Dopier chastotasini o'lchash uchun sxema; B - ostona detektoriga ega bo'lgan sxema

Antenna f_o chastota bilan nurlatadi, bu chastota λ_o to'lqin uzunligi bilan belgilanadi:

$$f_o = \frac{c_o}{\lambda_o} \quad (4.1)$$

bunda c_o - yorug'lik tezligi.

$$c_o \approx 3 \cdot 10^8 \frac{m}{sek}$$

Agar obyekt antennaga qarab harakatlansa yoki undan uzoqlashsa, qaytarilgan nurning chastotasi o'zgaradi. Obyekt antennadan v tezlik bilan harakatlanganda qaytarilgan signalning chastotasi kamayadi, obyekt antennaga yaqinlashganda esa - ortadi. Bu Dopier hodisasi deb ataladi, u avstriyalik olim Kristian Doplarning (1803-1853) nomi bilan atalgan. Dopier hodisasi dastlab tovush uchun kashf qilinganligiga qaramasdan, u elektromagnit to'lqinlar uchun ham adolatli bo'ladi. Biroq ularning tezligi tovush manbaining harakatiga bog'liq bo'ladigan tovush to'lqinlaridan farqli o'laroq, elektromagnit to'lqinlar absolyut konstanta bo'lib hisoblanadigan yorug'lik tezligi bilan tarqaladi. Nisbiylik nazariyasiga ko'ra, qaytarilgan elektromagnit to'lqinlarning chastotasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$f_r = f_o \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c_o}\right)^2}}{1 + \frac{v}{c_o}} \quad (4.2)$$

Amaliyotda $\left(\frac{v}{c_o}\right)$ kattalikni hisobga olmaslik mumkin,

chunki u birga qaraganda juda kichik. Shunda qaytarilgan to‘lqinlarning chastotasi uchun ifoda akustik to‘lqinlarning tenglamasi bilan bir xil bo‘lib qoladi:

$$f_r = f_o \frac{1}{1 + \frac{v}{c_o}} \quad (4.3)$$

Dopier hodisasi tufayli qaytarilgan va tushadigan to‘lqinlar turlicha chastotalarga ega bo‘ladi. Aralashtiruvchi diod nurlatilgan (etalon) va qaytarilgan to‘lqinlarni jamlaydi. U noxiziqli qurilma bo‘lib hisoblanishi sababli, uning chiqish signali har ikkala kirish signallari chastotalari garmonikasi ko‘pligidan tashkil topadi. Diod orqali oqib o‘tadigan elektr tokini polinom ko‘rinishida taqdim qilish mumkin:

$$i = i_o + \sum_{k=1}^n a_k (U_1 \cos 2\pi f_o t + U_2 \cos 2\pi f_r t)^2 \quad (4.4)$$

bunda i_o - doimiy tarkib toptiruvchi; a_k - diodning ishchi nuqtasi bilan belgilanadigan garmonika koeffitsiyentlari; va U_2 - nurlatilgan va qaytarilgan signallarning amplitudalari; t - vaqt.

Bu tok cheksiz sonli garmonikalarni o‘z ichiga oladi, ularning orasida Ai chastotalar farqiga teng bo‘ladigan, Dopier chastotasi deb ataladigan chastota mavjud:

$\Delta f = a_2 U_1 U_2 \cos 2\pi (f_o - f_r) t$ Aralashtiruvchi dioddagi Dopier chastotasini (5.3) tenglamadan topish mumkin:

$$\Delta f = f_o - f_r = f_o \frac{1}{\frac{c_o}{v} + 1} \quad (4.5)$$

$\frac{c_o}{v} \gg 1$ bo‘lganligi sababli, quyidagi tenglamani olamiz:

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda_o} \quad (4.6)$$

Shundan kelib chiqqan holda aralashtiruvchi diodning chiqishidagi signalning chastotasi obyektning harakatlanish tezligiga chiziqli proporsional bo‘ladi. Masalan, odam detektorga 0,6 m/s tezlik bilan yaqinlashib kelayotgan bo‘lsa, datchik X-diapazonda ishlaganda Dopier chastotasi $\Delta f = 0,6/0,03 = 20$ Hz ni tashkil qiladi. (4.6) tenglama faqatgina obyekt detektorning nurlanishiga to‘g‘ri

qarama-qarshi harakatlanadigan holat uchun adolatli bo‘ladi. Agar obyekt detektorga qandaydir bir θ burchak ostida yaqinlashsa, Dopier chastotasini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda_o} \cos \theta \quad (4.7)$$

Ushbu tenglamadan ko‘rinib turibdiki, obyekt 90° ga yaqin bo‘lgan θ burchak ostida yaqinlashganda Dopier detektorlari samarasiz bo‘lib qoladi. Tezlik datchiklarida obyektning harakat tezligini aniqlash uchun Dopier chastotasini va ko‘chish yo‘nalishini aniqlash uchun fazani o‘lchash talab qilinadi (4.1A-rasm). Bu uslub avtoinspektorlarning radarlarida qo‘llaniladi. Qo‘riqlash tizimlari va supermarketlarda eshiklarning ochilish qurilmalarida ham Dopier datchiklaridan foydalaniladi, biroq ularda chastotani o‘lchash o‘rniga harakatlanuvchi obyektlar topilganda ostona komparatori ishga tushadi (4.1B-rasm). Shuni qayd qilamizki, garchi (4.7) ifodadan $\theta = 90^\circ$ burchak ostida harakatlanayotgan obyektlar uchun Dopier chastotasi nolga teng bo‘lishi kelib chiqsada, amaliyotda obyektlarning qo‘riqlanadigan zonaga har qanday burchak ostida tushishi qabul qilinadigan signal amplitudasining keskin sapchishi va shunga mos ravishda aralashtiruvchi diodning chiqish kuchlanishining o‘zgarishiga olib keladi. Odatda signallarning bu o‘zgarishlari ostona detektorining ishga tushishi uchun yetarli bo‘ladi.

Aralashtiruvchi dioddagi kuchlanish odatda mikrovoltbdan millivoltgacha diapazonda bo‘ladi, shu sababli undan keyin, qoidaga ko‘ra, kuchaytirgich o‘rnatiladi. Dopier chastotasi tovush diapa- zonida yotishi sababli, foydalaniladigan kuchaytirgich yetarlicha oddiy bo‘lishi mumkin. Normal ishlashni ta‘minlash uchun qabul qilinadigan signalning quvati yetarlicha yuqori bo‘lishi zarur. Bu shartning bajarilishi bir nechta omillarga - antennaning A apertura maydoni, a obyektning maydoni, shuningdek, obyektgacha bo‘lgan r masofaga bog‘liq bo‘ladi.

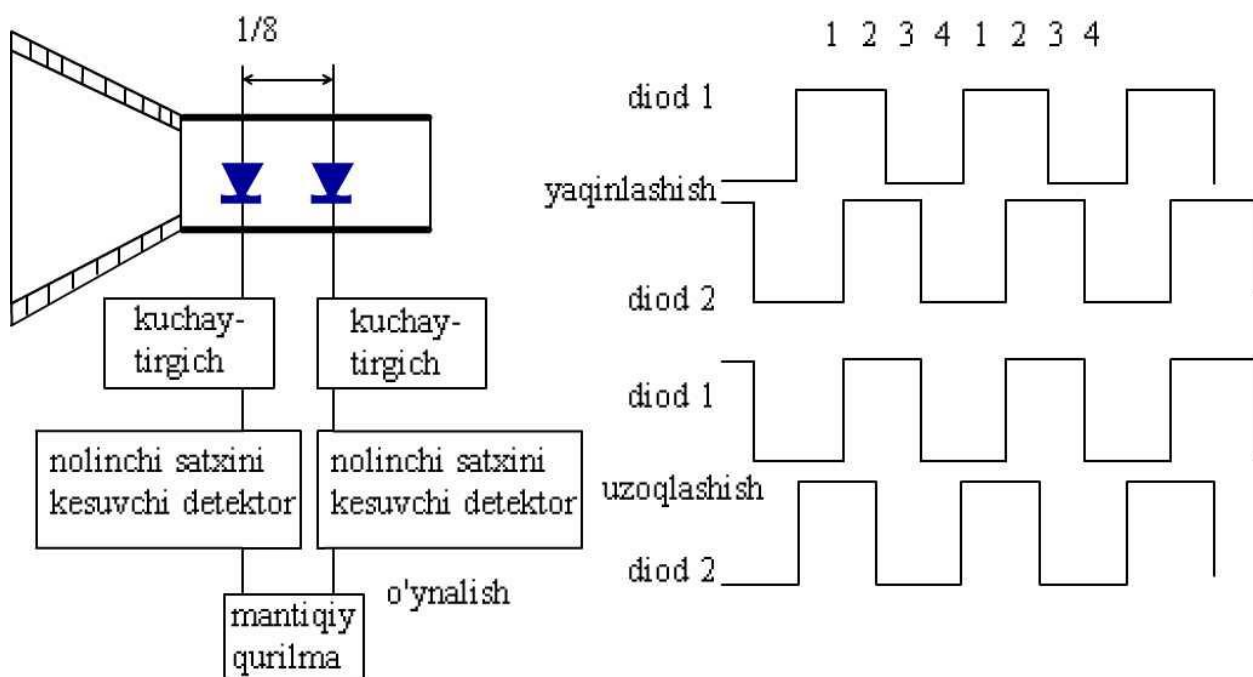
$$P_1 = \rho \frac{P_o A^2 a}{4 \pi \lambda^2 r^4} \quad (4.8)$$

Bunda P_o boshlang‘ich nurlanishning quvvati.

Samarali ishlash uchun obyektning a ko‘ndalang kesim maydoni yetarlicha katta bo‘lishi lozim, chunki $\lambda^2 \leq a$ bo‘lganda qabul qilinadigan signalning amplitudasi keskin pasayadi. Obyektning ρ qaytarish qobiliyati ham unga ma‘lum bir uzunlikda nurlatilgan to‘lqin ta’sir ko‘rsatganda qabul qilinadigan signal kattaligiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Odatda, tok o‘tkazuvchan materiallar va yuqori dielektrik singdiruvchanlikka ega bo‘lgan obyektlar elektromagnitik to‘lqinlarni yaxshi qaytaradi, ko‘pgina dielektriklar esa energiyani yutadi, buning oqibatida yomon qaytarish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Plastmassalar va keramik materiallar

yaxshi o'tkazuvchanlik qobiliyatiga ega va shu sababli ulardan O'YuCh detektorlarda deraza sifatida foydalanish mumkin. Mikroto'lqinli datchiklar uchun eng yaxshi obyektlar tekis, silliq yuzaga ega bo'lgan, detektorning nurlatish yo'nalishiga perpendikulyar joylashgan o'tkazuvchan plastinkalar bo'lib hisoblanadi. Tekis o'tkazuvchan yuza juda yuqori qaytarish qobiliyatiga ega bo'ladi, biroq plastinkaning hatto unchalik katta bo'lmagan θ burchakka og'ishi ham datchikning ishlashiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Masalan, burchak $\theta = 45^\circ$ bo'lganda qaytarilgan signal qabul qiluvchi antennaga umuman yetib bormasligi ham mumkin. Elektromagnitik to'lqinlar chetlashishining bunday usuli yerdagi radarlarning ekranlarida ko'rinmaydigan Stels samoletida qo'llanilgan.

Obyektning harakat yo'nalishini aniqlash uchun datchik yana bitta aralashtiruvchi diod bilan jihozlangan bo'lishi lozim. Ikkinchi diod volnovodda shunday joylashtiriladiki, bunda ikkita dioddan chiqadigan Dopier signallari faza bo'yicha $\frac{1}{4}$ to'lqin uzunligi yoki 90° ga farq qilsin. Har ikkala diodning chiqish signallari bir-biridan alohida kuchaytiriladi va to'g'ri burchakli impuls-larga aylantiriladi, so'ngra ular o'zida obyektning harakat yo'nalishini aniqlaydigan raqamli fazalar diskriminatorini taqdim qiladigan mantiqiy qurilmada tahlil qilinadi (4.2B-rasm). Bunday detektorlar asosan eshiklarning avtomatik ochilish qurilmalari va transport oqimini boshqaruvchi qurilmalarda qo'llaniladi. Har ikkala holatda ham boshqaruvchi signalni ishlab chiqarish uchun oldindan obyekt to'g'risida ma'lum bir axborotni to'plash zarur bo'ladi. Mantiqiy qurilmalar vibratsiyalarga mos keladigan o'zgaruvchan signallarni istisno qilishi va faqatgina harakatlanayotgan obyektlardan kelayotgan signallarga reaksiya ko'rsatishi va shu tariqa qo'riqlash tizimining ishonchliligini oshirishi lozim.



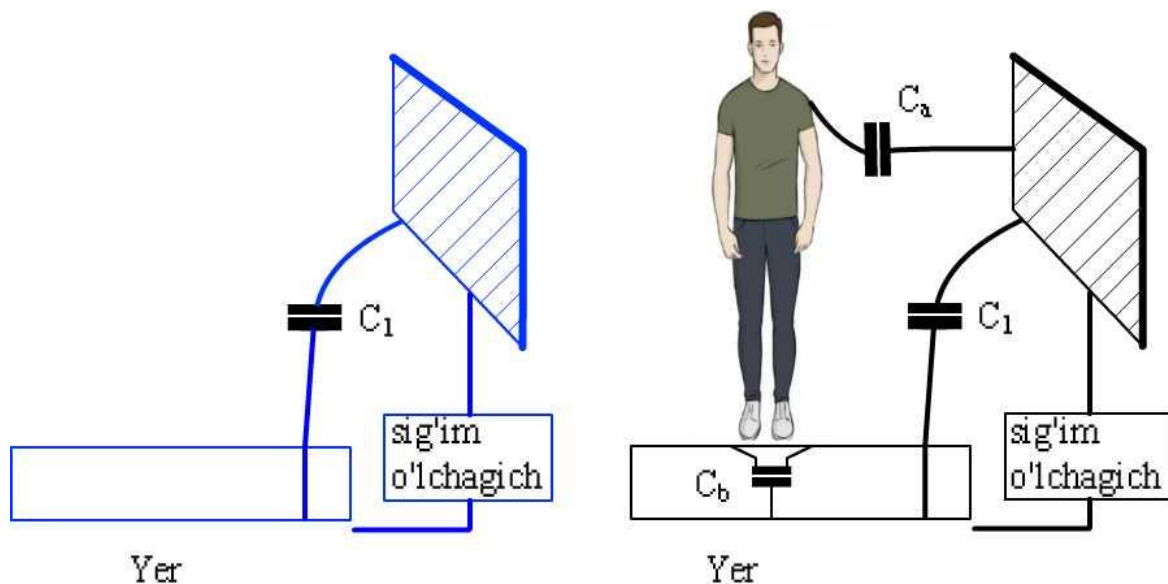
4.2-rasm. Ko‘chish yo‘nalishini aniqlash funksiyasiga ega bo‘lgan mikroto‘lqinli Dopier harakat datchigining (A)-blok-sxemasi va (B)-vaqt diagrammalari

Mavjudlikning sig‘imli datchiklari

Odam tanasi o‘zida yuqori dielektrik singdiruvchanlikka ega bo‘lgan (40 MGs chastotada muskullarning dielektrik konstantasi taxminan 97 ga, yog‘lar va suyaklarniki esa 15 ga teng) muhitni taqdim qilishi sababli, u bilan qurshab turuvchi predmetlar o‘rtasida turlicha sig‘im bog‘lanishlari vujudga keladi. Paydo bo‘ladigan o‘tish sig‘imlarining kattaliklari tananing o‘lchami, kiyimning material, qurshab turuvchi obyektlarning tiplari, ob-havo va hokazo omillarga bog‘liq bo‘ladi. U odatda bir necha pikofaradadan bir necha nanofaradagacha oraliqda yotadi. Odam harakatlanganda bu sig‘imlarning kattaliklari o‘zgaradi, bu harakatlanayotgan obyektlarni statik obyektlardan farqlash imkonini beradi. Aslida barcha obyektlar bir- biri bilan qandaydir bir sig‘imli bog‘lanishlar bilan bog‘langan bo‘ladi. Agar bu bog‘lanishlar qandaydir bir zonada qotirib qo‘yilsa, u holda bu zonaning atrofida har qanday yangi obyektning paydo bo‘lishi o‘rnatilgan bog‘lanishlarning buzilishiga olib keladi. 4.3-rasmda test plastinkasi bilan yer o‘rtasidagi (bu yerda yer deganda yer, ko‘l, avtomobil, kema, samolet va hokazolar kabi har qanday katta obyekt tushuniladi) boshlang‘ich sig‘im C_1 ga teng bo‘lishi ko‘rsatilgan. Bu plastinkaning atrofida odam paydo bo‘lganda ikkita qo‘shimcha kondensator paydo bo‘ladi: C_a - plastinka bilan tana o‘rtasida va C_b - tana bilan yer o‘rtasida. Shu sababli plastinka bilan yer o‘rtasidagi yig‘indi sig‘im ΔC kattalikka ortadi:

$$C = C_1 + \Delta C = C_1 + \frac{C_a C_b}{C_a + C_b} \quad (4.9)$$

Sig‘imning bu o‘zgarishini mos keluvchi apparatura yordamida qayd qilish va qo‘riqlanadigan zonada odamlarning mavjudligini detektirlash mumkin bo‘ladi.

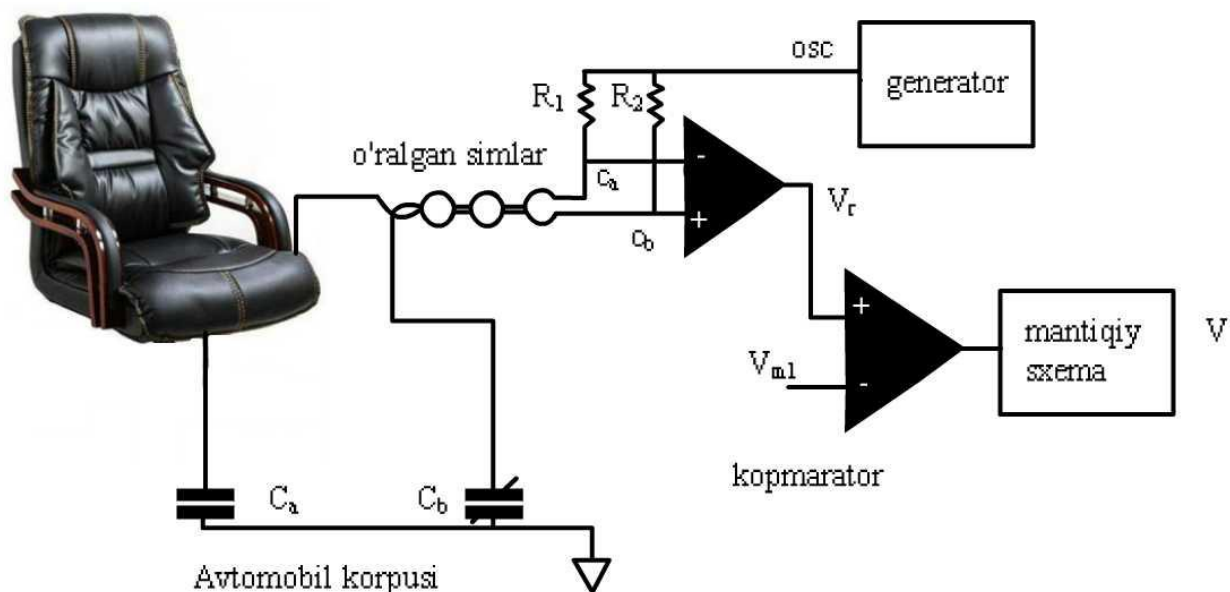


4.3-rasm. Odam detektorning sxemasiga qo'shimcha sig'imni olib kirishi

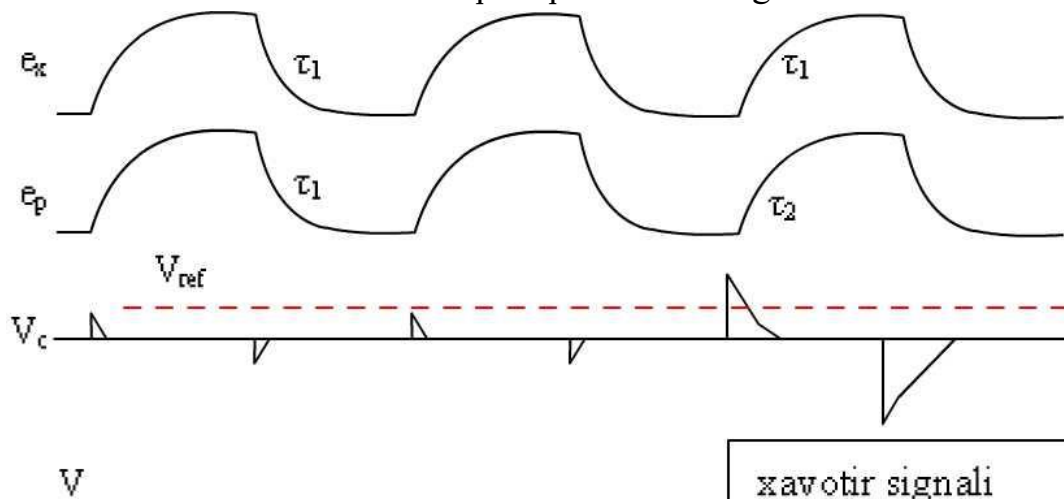
4.4-rasmda avtomobil uchun sig'imli qo'riqlash tizimi ko'rsatilgan. Sezgir element avtomobilning o'rindig'iga kiritilgan. U metall plastinka yoki to'r, elektr o'tkazuvchan to'qima va hokazolar ko'rinishida tayyorlangan bo'lishi mumkin. Sezgir element S_r kondensatorning plastinkalaridan birini tashkil qiladi. Bu kondensatorning ikkinchi plastinkasi avtomobilning korpusi, yoki poldagi gilamchanning ostiga joylashtirilgan plastinka bo'lishi mumkin. S_x etalon kondensator sifatida yoki doimiy yoki o'zgaruvchan kondensatordan foydalaniladi. Uni o'rindiqqa yaqin joyga joylashtirish zarur bo'ladi. Etalon va sezgir kondensatorlar zaryadlar detektorining mos keluvchi chiqishlariga ulanadi (R_1 va R_2 rezistorlar orqali). Differensial zaryadlar detektori to'g'ri burchakli impuls generatori bilan boshqariladi (4.5-rasm). O'rindiqqa hech kim o'tirmagan paytda etalon kondensator S_r kondensatorga taxminan teng qilib rostlanadi. Rezistorlar va mos keluvchi kondensatorlar ikkita zanjirning vaqt doimiylarini belgilaydi. Boshlang'ich holatda har ikkala RC zanjirlar τ_1 ga teng bo'lgan bir xil vaqt doimiylariga ega bo'ladi. Rezistorlardan kuchlanishlar OU ning kirishlariga beriladi, uning V_c chiqish signali amalda nolga teng bo'ladi. Chiqish signalidagi unchalik katta bo'lmagan cho'qqilar sxemaning qandaydir bir nomuvozanatidan guvohlik beradi. O'rindiqqa odam o'tirganda uning tanasi S_r ga parallel qo'shimcha sig'imni shakllantiradi, bu zanjirdagi vaqt doimiysining τ_1 dan τ_2 gacha ortishiga olib keladi. Bu OU ning chiqishidagi signallarning amplitudasini o'zgartiradi, Komparator V_c ni V_{ref} kuchlanishning etalon darajasi bilan solishtiradi. $V_c > V_{ref}$ bo'lganda komparator V trevoga signalini ishlab chiqaradigan mantiqiy qurilmaga signal yuboradi, bu trevoga signali mashinaga kimdir o'tirganligini ma'lum qiladi. Shuni qayd qilish lozimki, sig'imli detektor faol qurilma bo'lib hisoblanadi, chunki uning ishlashi uchun generatorning signali

zarur.

Parazit sig'imli bog'lanishlar. Sig'imli mavjud bo'lish datchigi yonma-yon yoki metall qurilmalarda ishlatilganda uning sezgirliги elektrod bilan metall qismlar o'rtasidagi parazit sig'imli bog'lanishlar tufayli bir qadar pasayishi mumkin. Parazit sig'imlarga qarshi kurashishning samarali usuli ekranlarni qo'llashdir. 4.6A-rasmda metall qo'lli robot ko'rsatilgan. Qo'l odamlar va boshqa potensial obyektlar bilan yonma-yon harakatlanishi va agar boshqaruvchi kompyuter qo'lining to'siqqa yaqin turganligi to'g'risidagi ma'lumotni olmasa, ular bilan to'qnashishi mumkin. Har qanday obyekt robotning qo'liga yaqinlashganda u bilan qo'l o'rtasida s_{so} ga teng bo'lgan sig'imli bog'lanish shakllanadi.



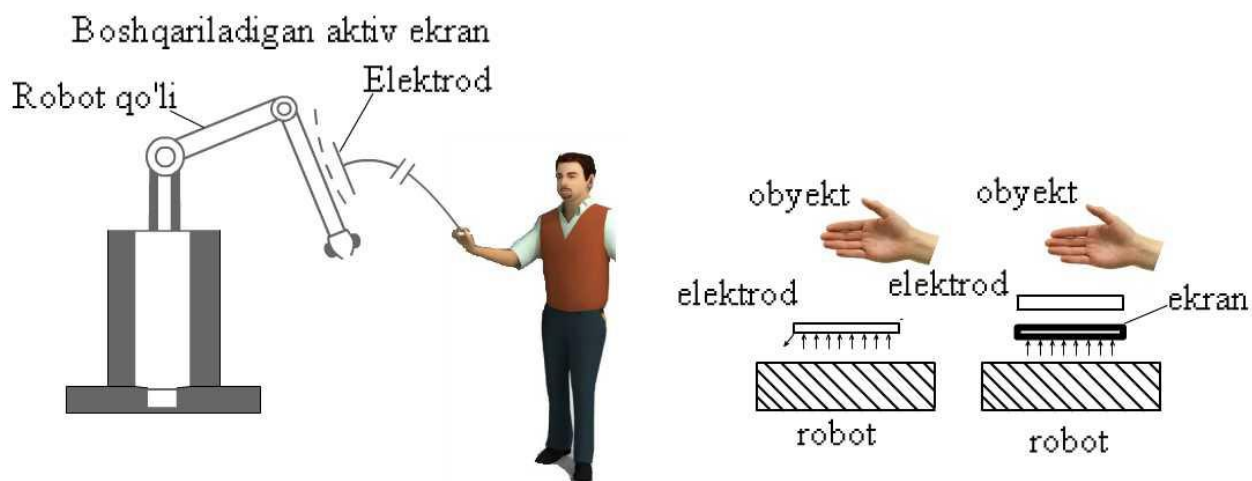
4.4 -rasm. Avtomobilni qo'riqlash uchun sig'imli detektor



4.5-rasm. Sig'imli datchik ishlashining vaqt diagrammalari

Robotning qo'li *elektrod* deb ataladigan elektr izolyasiyalangan o'tkazuvchan qobiq bilan qoplangan. 4.3-rasmda sig'imli bog'lanishni detektorlash

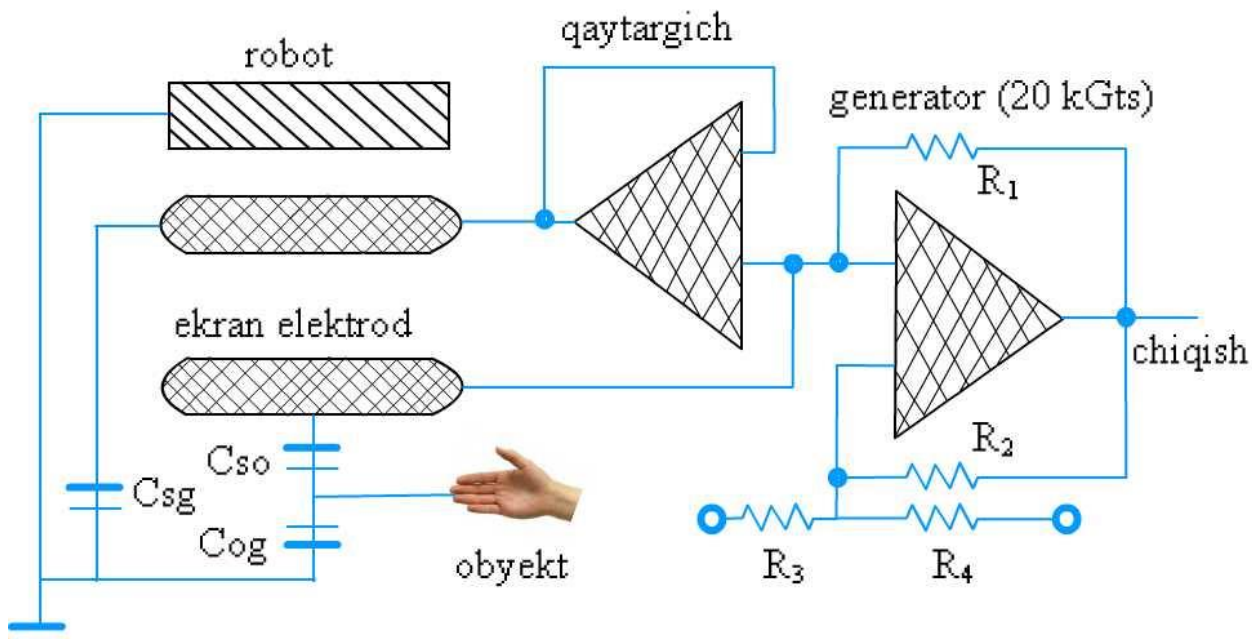
yordamida qanday qilib datchikning atrofida odamlar borligini aniqlash mumkinligi ko'rsatilgan. Biroq robotning zalvorli metall qo'li elektrod bilan obyekt o'rtasida hosil bo'ladigan bog'lanishga qaraganda elektrod bilan anchagina katta sig'imli bog'lanishga ega bo'ladi (4.6B-rasm). Bu muammoning eng yaxshi yechimi - elektrod bilan robotning qo'li orasiga oraliq ekranni joylashtirishdir (4.6D-rasm).



4.6-rasm. Sig'imli yaqinlashish datchigi: (A)-boshqariladigan ekran yerga ulangan robotning metall qo'lida joylashgan; (B)- ekran bo'lmaganda elektr maydoni asosan elektrod bilan robot o'rtasida; (D)-ekran maydonni elektrod bilan obyekt o'rtasidagi sohaga yo'naltirilgan.

Bu yerda yaqinlashish datchigi rolini robotning qo'lining ko'p qatlamli qoplamasi o'taydi, uning pastki qatlami dielektrik bo'lib hisoblanadi, undan keyin katta tok o'tkazuvchan ekran keladi. Yuqorigi qatlam esa o'zida elektrodning ensiz plastinkasini taqdim qiladi. Elektrod bilan robotning qo'li o'rtasidagi sig'imli bog'lanishni kamaytirish uchun ekranning potentsiali elektrodning potentsialiga teng bo'lishi lozim, shundan kelib chiqqan holda, ekranga elektrodning kuchlanishiga teng bo'lgan kuchlanishni berish lozim (shu sababli bunday ekran ko'pincha boshqariluvchan ekran deb ataladi). Bu shart bajarilganda ekran bilan elektrod o'rtasida hech qanday elektr maydoni bo'lmaydi, ekran bilan robotning qo'li o'rtasida esa kuchli elektr maydoni vujudga keladi. Bunda elektrod bilan obyekt o'rtasida ham etarlicha kuchli elektr maydoni shakllanadi. 4.7-rasmida to'g'ri burchakli impuls generatorining soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan, uning chastotasi kirish sig'imining qiymatlariga bog'liq bo'ladi, kirish sig'imi quyidagi sig'implardan tashkil topadi: s_{sg} (datchik bilan yer o'rtasida), s_{so} (datchik bilan obyekt o'rtasida), s_{og} (obyekt bilan yer o'rtasida). Elektrod ekran bilan kuchlanishni takrorlagich orqali ulangan. Chastotali modullangan signal robotning qo'lining harakatini boshqaradigan kompyuterga kelib tushadi. Bunday qurilma

qo'shni obyektlarni 30 sm masofada detektirlash imkonini beradi.



4.7 -rasm. Kirish sig'implari bilan boshqariladigan chastota modulyatorining soddalashtirilgan sxemasi

Harakatning elektrostatik detektorlari

Har qanday obyekt o'zining yuzasida statik elektr zaryadlarini to'plashi mumkin. Zaryadlar yuzada elektrostatik hodisalar oqibatida (ya'ni obyektlar harakatlenganda, matolar biri-biriga ishqalanganda, havoning turbulentligi va hokazolar tufayli zaryadlarning ajralib chiqishi) paydo bo'ladi. Odatda havoda yoki musbat, yoki manfiy ionlar bo'ladi, ular odam tanasiga tushganda uning zaryadini o'zgartiradi. Ideal statik sharoitlarda hamma obyektlar zaryadlanmagan bo'ladi, ularning hajmiy zaryadlari nolga teng bo'ladi. Biroq real sharoitlarda erdan aqalli vaqtinchalik izolyasiyalangan har qanday obyektida hajmiy zaryadning nomuvozanati vujudga kelishi mumkin. Boshqacha qilib aytganda, u elektr zaryadlarini eltuvchiga aylanib qoladi.

Har qanday elektron sxema o'zida o'tkazgichlar va dielektriklar jamlanmasini taqdim qiladi. Agar sxema ekranlanmagan bo'lsa, uning barcha tarkibiy qismlari qurshab turuvchi obyektlar bilan sig'imli bog'lanishlarga ega bo'ladi. Amaliyotda o'tuvchan sig'imlar juda kichik - 1 pF va hatto undan ham kichik bo'lishi mumkin. Sxemaning qurshab turuvchi obyektlar bilan bog'lanishini kuchaytirish uchun ba'zan uning kirishiga oldingi bo'limda ko'rib chiqilgan sig'imli detektorlarda qo'llaniladigan sezgir elektrod o'rnatiladi. Elektrod yerdan ishonchli izolyasiyalangan o'tkazuvchan plastinka shaklida ishlangan bo'lishi mumkin.

Elektrod bilan qurshab turuvchi obyektlar o'rtasida, ulardan aqalli bittasi zaryad eltuvchi bo'lib hisoblansa, har doim elektr maydoni qaror topadi.

Boshqacha qilib aytganda, elektrod bilan qo'shni obyektlar o'rtasida shakllangan barcha kondensatorlar statik yoki kuchsiz o'zgaradigan elektr maydonlari bilan zaryadlanadi. Elektrodning yaqinida harakatlanayotgan obyekt bo'lmaganda, u erda elektr maydoni statsionar bo'ladi yoki nisbatan sekin o'zgaradi.

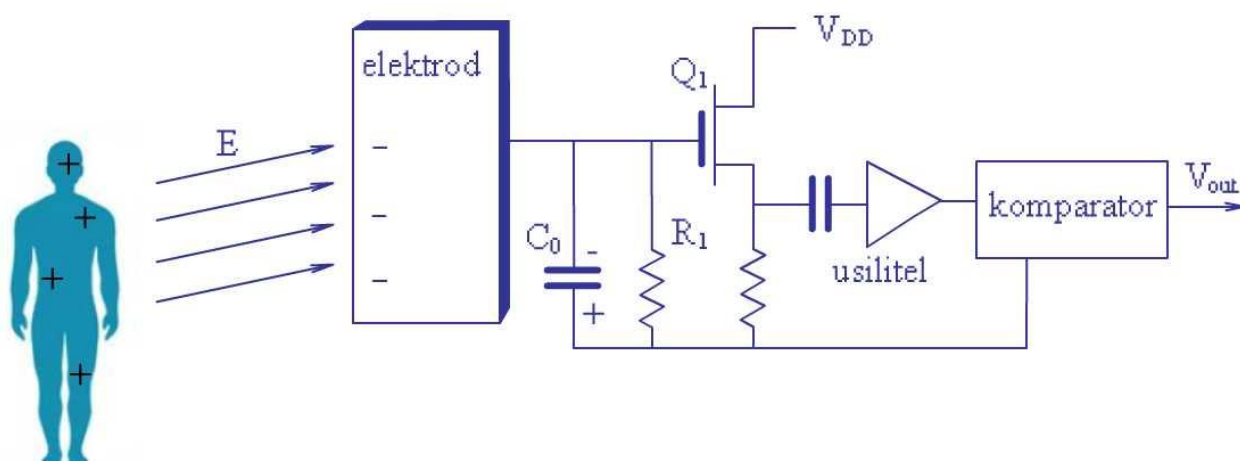
Agar zaryad eltuvchi (odam yoki hayvon) o'zining holatini o'zgartirsa (yaqinlashsa, uzoqlashsa yoki elektrodning atrofida yangi obyekt zaryad eltuvchi paydo bo'lsa), statik elektr maydoni buziladi. Bu zaryadlarning kondensatorlar o'rtasida qayta taqsimlanishiga olib keladi, elektrod bilan obyektlar o'rtasida shakllangan kondensatorlar ham shu hisobga kiradi. Obyektlarning yuzasidagi zaryadlarning kattaligi ularning tabiati va atmosfera shart-sharoitlariga bog'liq bo'ladi. Masalan, quruq kiyimda gilam ustida yurgan odam xonaga yomg'irdan keyin ho'l kiyimda kirgan odamga qaraganda millionlab marta ko'p zaryadlarni tashiydi. Elektron sxema o'zi ishlaydigan konkret sharoitlarga moslashtirilgan bo'lishi lozim. Boshqacha qilib aytganda, mazkur tizimning mo'ljallanishi kirishlardagi induksiyalangan o'zgaruvchan zaryadlarni elektr signallariga aylantirishdan iborat bo'ladi, bu signallar keyinchalik kuchaytiriladi va ma'lumotlarga ishlov beradigan qurilmaga kelib tushadi. Shunday qilib, odatdagi fizikaviy voqelik bo'lib hisoblanadigan statik elektr maydonidan obyektlarning harakatini detektirlash mumkin bo'ladigan o'zgaruvchan elektr signallarini shakllantirish uchun foydalanish mumkin.

4.8-rasmda bir qutbli elektrostatik harakat detektori ko'rsatilgan. U Q tranzistor impedansining analogli qayta shakllantirgichining kirishiga ulangan o'tkazuvchan elektrod, R_1 siljish rezistori, S_o kirish kondensatori, kuchaytirgich va deraza komparatoridan tashkil topadi. Butun sxema elektroddan tashqari, ekranlanadi. Elektrod esa qurshab turuvchi muhitning ta'siriga tortiladi va tashqi obyektlar bilan sig'imli bog'lanishlarni hosil qiladi. 5.8-rasmda statik elektr manbai sifatida uning yuzasida musbat zaryadlar taqsimlangan odam tanasi chiqadi. Tana zaryad eltuvchi bo'lib hisoblanish bilan E kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydonini shakllantiradi. Bu maydon elektrodda manfiy zaryadlarni induksiyalaydi. Odam harakatsiz bo'ladigan statsionar sharoitlarda maydonning kuchlanganligi o'zgarmaydi, S_o kirish sig'imi esa R_1 rezistor orqali zaryadsizlanadi. Sxema yuqori sezgirlikka ega bo'lishi uchun R_1 rezistorning qarshiligi juda katta - $10^{10} \Omega$ atrofida va hatto undan ham yuqori bo'lishi lozim.

Odam harakatlanganda elektr maydonining kuchlanganligi o'zgaradi. Bu S_o kirish kondensatorida elektr zaryadining paydo bo'lishiga olib keladi, bu R_1 rezistordagi kuchlanish kattaligiga ta'sir ko'rsatadi, bu kuchlanish ajratuvchi kondensator orqali kuchaytirgichga va so'ngra komparatorga kelib tushadi.

Komparator kelgan signalni ikkita ostona darajalar bilan solishtiradi. Shuni

qayd qilish lozimki, faol qurilmalar bo'lib hisoblanadigan sig'imli datchiklardan farqli o'laroq, elektrostatik datchiklar passiv sxemalarga kiradi.



4.8-rasm. Bir qutbli elektrostatik harakat detektor

Holat, ko'chish va sath datchiklari

Fizikaviy obyektlarning holati va ularning ko'chishlarini aniqlash ko'pgina avtomatlashtirilgan tizimlarning asosiy funksiyasi bo'lib hisoblanadi. U amalda barcha transport oqimini boshqaradigan avtomatlashtirilgan tizimlar, qo'riqlash tizimlari uchun zarur, usiz birorta ham robot ishlay olmaydi. Fizikaviy obyektning holatini aniqlash deganda uning berilgan nuqtaga nisbatan koordinatalarini (chiziqli yoki burchak) topish tushuniladi. Obyektlarning ko'chishi deganda ularning bir holatdan birinchi holatdan ma'lum bir masofada yoki ma'lum bir burchak ostida joylashgan ikkinchi holatga siljishi tushuniladi. Boshqacha qilib aytganda, ko'chish har doim obyektning boshlang'ich holatiga nisbatan aniqlanadi.

Ikkita obyekt o'rtasidagi xavfli masofalarni aniqlash uchun odatda yaqinlashish detektorlari qo'llaniladi. Bunday detektorlar mohiyatiga ko'ra, obyektning holat datchiklari bazasida amalga oshirilgan ostona qurilmalari bo'lib hisoblanadi. Holat datchigi bu qoidaga ko'ra, uning chiqish signallari obyekt bilan tayanch nuqta o'rtasidagi masofaga mos keladigan chiziqli qurilma bo'lib hisoblanadi. Yaqinlashish detektorlari anchagina oddiy qurilmalar bo'lib, ularning chiqishida signallar faqatgina obyektgacha bo'lgan masofa kritik bo'lgan holatda paydo bo'ladi. Masalan, avtomatlashtirilgan tizimlarning ko'pgina robotlari va harakatlanuvchi mexanizmlarida juda oddiy, biroq juda ishonchli yaqinlashish datchigi - oxirgi o'chirgich qo'llaniladi, uning tarkibiga bir juft normal tutashgan yoki normal ajratilgan kontaktlar kiradi. Obyekt harakatlanganda bu kontaktlarni mexanik tarzda tutashtirsa yoki ajratsa, oxirgi o'chirgich boshqarish qurilmasiga signal yuboradi. Bu signal obyekt o'zining oxirgi holatiga yetib kelganligini ko'rsatadi. Biroq kontaktli o'chirgichlar bir qator kamchiliklar - harakatlanuvchi obyektlarga ko'rsatiladigan yuqori mexanik yuklama, gisterzis va hokazolarga

ega.

Ko'chish detektorlari ko'pincha ular uchun harakatlanayotgan obyektlarni topish - signalni qayta shakllantirish jarayonining bir nechta bosqichlaridan biri bo'lib hisoblanadigan murakkab datchiklar tarkibiga kiradi. Bunday tarkibli qayta shakllantirgichga bosim datchigi misol bo'la oladi, unda bosim diafragmaning siljishiga olib keladi, diafragmaning siljishi esa, o'z navbatida, chiquvchi elektr signalining o'zgarishini chaqiradi. Keltirilgan misollardan ko'rinib turibdiki, ko'chish datchiklari faqatgina o'zlari mustaqill tarzda qo'llanilib qolmasdan, boshqa ko'plab detektorlarning tarkibiga ham kiradi.

Aksariyat holat va ko'chish datchiklari statik qurilmalar bo'lib hisoblanadi, ularning tezkor ishlashi, qoidaga ko'ra, tizimning ishchi tavsiflariga o'z hukmini o'tkazmaydi. Biroq bunday datchiklarni ishlab chiqaruvchilar hujjatlarda maksimal reaksiya ko'rsatish tezligining kattaligini ko'rsatadilar.

Potensiometrik datchiklar. Holat va ko'chish datchiklari ko'pincha chiziqli yoki burilishli potensiometrlar asosida amalga oshiriladi. Agar obyektning ko'chishi potensiometr sudraluvchisining (polzunok) holatining o'zgarishi bilan bog'lanadigan bo'lsa, obyektning holatini nazorat qiladigan qurilma, ya'ni ko'chish detektori olinadi. Potensiometrik qayta shakllantirgichlar faol qurilmalarga kiradi, chunki qarshilikning kattaligini aniqlash uchun ular orqali elektr toki oqib o'tishi lozim bo'ladi, ya'ni ular qo'shimcha qo'zg'atish manbaiga (masalan, doimiy tok manbaiga) muhtoj bo'ladi. 4.9A-rasmda potensiometrik ko'chish datchigining prinsipial sxemasi keltirilgan. Amaliyotda qarshilikni o'lchash protsedurasi ushbu qarshilikda kuchlanish tushishini aniqlash protsedurasi bilan almashtiriladi, u chiziqli potensiometr uchun har doim d ko'chish kattaligiga proporsional bo'ladi:

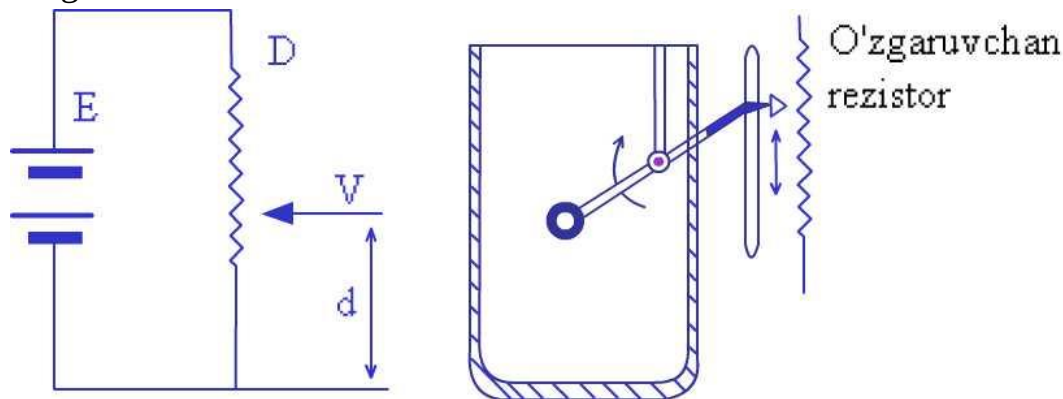
$$V = E \frac{d}{D} \quad (4.10)$$

Bunda D - maksimal mumkin bo'lgan ko'chish kattaligi; E - potensiometrqa qo'yilgan kuchlanish (qo'zg'atish signali).

Bu yerda interfeysli sxema hech qanday yuklama hosil qilmaydi deb faraz qilinadi. Bu shart bajarilmagan taqdirda sudraluvchining holati bilan chiqish kuchlanishi o'rtasidagi bog'lanishning chiziqliligi buziladi. Buning ustiga, chiqish signali qo'zg'atish kuchlanishiga proporsional bo'ladi, agar qo'zg'atish kuchlanishi barqarorlashtirilgan bo'lmasa, kattagina xatoliklarning manbaiga aylanishi mumkin. Yana shuni ham qayd qilish lozimki, potensiometrning qarshiligi (4.10) tenglamaga kirmasligi sababli mazkur tipdagi datchiklar nisbiy qurilmalar bo'lib hisoblanadi. Bu ularning barqarorligi (masalan, keng haroratlar diapazonida) o'lchashlar aniqligiga amalda ta'sir ko'rsatmasligini bildiradi. Kichik quvvatli datchiklarda yuqori impedansli potensiometrlardan foydalanish maqsadga

muvoqif bo'ladi, biroq bunda ulanadigan yuklamaning ta'sirini hisobga olish lozim. Shu sababli ko'pincha bunday sxemalarning chiqishiga kuchlanishlarni takrorlagichni o'rnatishga to'g'ri keladi.

Potensiometrning siljuvchan kontakti odatda, elektr jihatidan sezgir o'qdan izolyasiyalangan bo'ladi.



4.9-rasm. A - potensiometrik holat datchigi.

B - qalqovichli gravitatsion suyuqlik sathi datchigi

4.9A-rasmda ko'rsatilgan potensiometrik datchik quyidagi kamchiliklarga ega. Siljuvchan kontakt chulg'am bo'ylab harakatlanish bilan o'zgaruvchan rezistorning goh bitta, goh ikkita o'ramini tutashtirishi mumkin, bu chiqish kuchlanishi qadamlarining notekisligiga, ya'ni o'zgaruvchan yechish qobiliyatiga olib keladi. Shu sababli N ta o'ramdan tarkib topgan simli potensiometrdan foydalanilganda faqatgina n o'rtacha yechim to'g'risida gapirish mumkin:

$$n = \frac{100}{N} \quad (4.11)$$

Obyekt potensiometrning sudraluvchisini ko'chirish uchun kuch sarflaydi, sarflangan energiya issiqlik shaklida ajralib chiqadi. Qoidaga ko'ra, simli potensiometrlar 0,01 mm atrofida diametrli yupqa simdan ishlanadi. Yaxshi potensiometr to'liq o'lchash shkalasidan 0,1% atrofida o'rtacha echish qobiliyatini ta'minlaydi, yuqori sifatli plyonkali potensiometrning yechish qobiliyati esa faqatgina rezistiv materialning bir jinsli emasligi va interfeysli sxemaning shovqin ostonasi bilan chegaralanadi. Uzluksiz yechishga ega bo'lgan potensiometrlar o'tkazuvchan plastmassa, uglerod plyonkalari, metall plyonkalar yoki *kermet* nomi bilan ma'lum bo'lgan metall va keramika aralashmasidan ishlanadi. Pretsizion potensiometrlarning siljuvchan kontaktlari sifatli metall qotishmalaridan tayyorlanadi. Ko'p aylanishli burchak potensiometrlari 10° - 3000° diapazondagi ko'chishlarni o'lchaydi. Aksariyat potensiometrlarga quyidagi kamchiliklar xos bo'ladi:

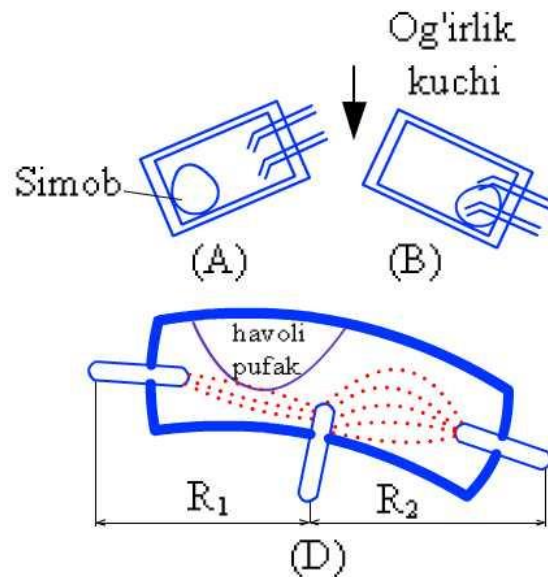
1. Katta mexanik yuklama (ishqalanish).
2. Obyekt bilan mexanik kontakti ta'minlash zarurligi.
3. Tezkorharakatqilaolmaslik.

4. Potensiometrning qizishiga olib keladigan ishqalanish va qo'zg'atish kuchlanishi.

5. Qurshab turuvchi muhit omillariga nisbatan past barqarorlik

Gravitatsion datchiklar. Yaxshi ma'lum bo'lgan gravitatsion sath detektorlariga sathni o'lchashda foydalaniladigan datchiklar kiradi. Bunday qayta shakllantirgichlarning asosiy elementi suvga qaraganda kichikroq zichlikka ega bo'lgan qalqovuch bo'lib hisoblanadi. Aksariyat hollarda qalqovuch to'g'ridan-to'g'ri suv kraniga ulanadi va suvning sathiga bog'liq ravishda uni ochadi yoki yopadi. Qalqovuch mohiyatiga ko'ra, suv yuzasi holatining detektori bo'lib hisoblanadi. Agar suv sathini faqatgina kuzatib borish emas, balki o'lchash ham zarur bo'lsa, holatni qayta shakllantirgichni potensiometrik, magnitik, sig'imli qayta shakllantirgichni yoki to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan boshqa biror datchikni ulash mumkin. Shuni qayd qilish lozimki, gravitatsion datchiklar ularning manbalari ishqalanish va tezlanish bo'lib hisoblanadigan xalaqit beruvchilarga nisbatan juda ta'sirchan bo'ladi. Ko'rinib turibdiki, bunday datchiklar gravitatsiya kuchlari bo'lmagan sharoitlarda yoki o'zgaruvchan gravitatsiya shareitlarida, masalan, fazoviy stansiyalar va reaktiv samolyotlarda ishlay olmaydi.

Yerning og'irlik markazining yo'nalishiga nisbatan obyektning egilish burchagini aniqlaydigan sath o'lchagichlardan yo'l qurilishida, inersion navigatsiya tizimlarida, mexanik stanoklar va boshqa qurilmalarda foydalaniladi. Juda eski, biroq hozirgacha juda ommaviyligicha qolayotgan holat detektorlaridan biri simobli almashtirib ulagich (pereklyuchatel) bo'lib hisoblanadi (4.10A va 4.10B -rasmlar), u o'tkazmaydigan trubka (ko'pincha shishadan ishlangan), ikkita elektr kontaktlari va simob tomchisidan tarkib topadi. Datchik gravitatsion kuch vektoriga nisbatan bir tomonga qarab egilgan bo'lganda simob tomchisi kontaktlardan qarama-qarshi yo'nalishda ko'chadi, almashtirib ulagich ajraladi. Qurilma holatining o'zgarishi simobning kontaktlar tomonga qarab harakatlanishiga, ularning qisqa tutashuviga olib keladi, bunda almashtirib ulagich ham tutashadi. Simobli almashtirib ulagichlar maishiy termostatlarda qo'llaniladi, bu yerda ular sezuvchan element sifatida foydalaniladigan, qurshab turuvchi haroratning o'zgarishiga reaksiya ko'rsatadigan biometali g'altakga o'rnatiladi. Xona harorati ko'tarilganda yoki pasayganda g'altakning bukilishi o'zgaradi, u almashtirib ulagichning holatini belgilaydi. Simobli kalit kontaktlarining tutashishi yoki ajralishi isitish yoki sovutish tizimlari tomonidan boshqariladi. Bunday tizimning yaqqol ko'rinib turgan kamchiligi, uning doimo yonib-o'chib turishidir (texnika tili bilan aytganda ikki pozitsiyali boshqarishdir). Simobli almashtirib ulagich ostona qurilmasi bo'lib, u o'zining burilish burchagi berilgan qiymatdan oshganda o'zining holatini o'zgartiradi.



4.10-rasm. Gravitatsion datchiklar. A - simobli almashtirib ulagich ajralgan holatda; B - simobli almashtirib ulagich tutashgan holatda; D - elektrolitli egilish detektori

Sig'imli datchiklar. Sig'imli ko'chish datchiklari keng qo'llanilish sohasiga ega. Ulardan mustaqil tarzda obyektlarning holati va ko'chishlarini aniqlash uchun foydalanilishi ham, ularda alohida elementlarning ko'chishlari ularga turli kuchlar, bosim, harorat va hokazolarning ta'sir ko'rsatishi bilan chaqiriladigan boshqa datchiklar tarkibiga kirishi ham mumkin. Sig'imli datchiklar amalda har qanday materialdan tayyorlangan obyektlarning ko'chishlarini o'lchashi mumkinligi sababli, ular hamma joyda qo'llaniladi. Sig'imli datchiklarning harakat tamoyili yoki kondensator geometriyasining o'zgarishiga (ya'ni plastinkalar orasidagi masofaning o'zgarishiga), yoki plastinkalar orasiga turli elektr o'tkazuvchan va dielektrik materiallarni joylashtirish hisobiga sig'imning o'zgarishiga asoslanadi. Sig'imning o'zgarishi, qoidaga ko'ra, o'zgaruvchan elektr signaliga aylantiriladi. Sig'imli datchiklar bir qutbli (ularning tarkibiga faqat bitta kondensator kiradi), differensial (ularning tarkibiga ikkita kondensator kiradi) yoki ko'priqli (bu yerda endi to'rtta kondensatordan foydalaniladi) bo'lishi mumkin. Differensial yoki ko'priqli datchiklar holatida bitta yoki ikkita kondensator o'zgarimas yoki bir-biriga qarama-qarshi ulangan o'zgaruvchan sig'imli bo'lib hisoblanadi. 4.11-rasmda ko'rsatilgan misolda bir xil A maydonga ega bo'lgan uchta plastinka ko'rib chiqiladi, ular ikkita C_1 va C_2 kondensatorlarni shakllantiradi. Ikkita chekka plastinkalarga bir xil amplitudali, biroq 180° ga teng bo'lgan fazalar farqi bilan sinusoidal signallar beriladi. Ikkala kondensator bir xil bo'lib hisoblanishi sababli, ular orqali o'tadigan toklar o'zaro bir-birini yo'q qiladi, markaziy plastinkaning potentsiali esa amalda nolga teng bo'ladi. Endi markaziy plastinka pastga x masofaga siljigan holatni ko'rib

chiqamiz (5.11B-rasm). Bu C_1 va C_2 kondensatorlarning sig'irlarining o'zgarishiga olib keladi:

$$C_1 = \frac{\varepsilon A}{x_o + x}, \quad C_2 = \frac{\varepsilon A}{x_o - x} \quad (4.12)$$

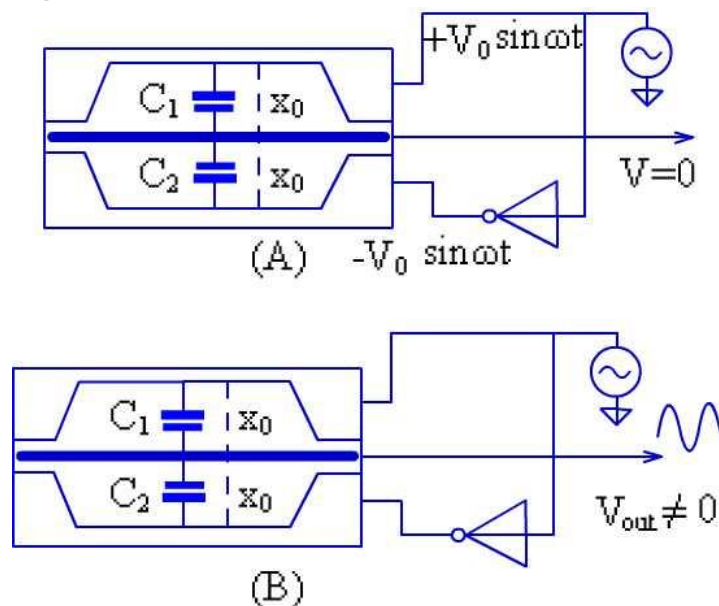
Bunda markaziy plastinkadagi signalning amplitudasi x ko'chish kattaligiga, faza esa - harakat yo'nalishiga proporsional bo'ladi. Chiqish signalining amplitudasini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$V_{out} = V_o \left\{ -\frac{x}{x_o + x} + \frac{\Delta C}{C} \right\} \quad (4.13)$$

$x \ll x_o$ shart bajarilganda chiqish kuchlanishi ko'chishga amalda chiziqli tarzda bog'liq bo'ladi. Yig'indining ikkinchi a'zosi ikkita kondensatorning boshlang'ich nomuvozanatiga to'g'ri keladi va chiqish signalining siljish kuchlanishi vujudga kelishining asosiy sababi bo'lib hisoblanadi. Plastinkalarning uchlaridagi chekka effektlar va elektrostatik kuchlarning ta'siri ham siljish kuchlanishi paydo bo'lishining sabablariga kiradi. Ikkita zaryadlangan plastinka orasida tortish yoki itarish kuchlarining ta'siri natijasida ular o'zlarini xuddi prujinalarday tutadi. Bu kuchning oniy qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$F = -\frac{1}{2} \frac{CV^2}{x_o + x} \quad (4.14)$$

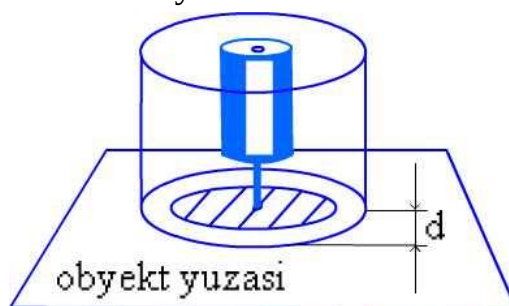
Amaliyotda elektr o'tkazuvchan obyektning ko'chishini o'lchashda uning yuzasi ko'pincha kondensatorning plastinkasi rolini o'taydi. 4.12-rasmda bir qutbli sig'imli datchikning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan, unda kondensatorning plastinkalaridan biri koaksial kabelning markaziy o'tkazgichiga ulangan, boshqa plastinka esa obyektning o'zi bo'lib hisoblanadi.



4.11-rasm. Yassi plastinkali sig'imli datchikning harakat tamoyili: A - muvozanatlangan holat; B - muvozanatlanmagan holat

Shuni qayd qilamizki, datchikning o'zining plastinkasi yerga ulangan ekran bilan qurshab olinadi, bu chiziqlilikni yaxshilash va chekka effektlarni kamaytirish imkonini beradi. Tiplashgan sig'imli datchik 3 MGs diapazondagi chastotalarda ishlaydi va tez harakatlanayotgan obyektlarning ko'chishini detektirlashi mumkin. Kiritilgan elektron interfeysli bunday datchikning chastota tavsiflari 40 kGs diapazonda yotadi. Sig'imli yaqinlashish datchiklari elektr o'tkazuvchan obyektlar bilan ishlashda juda samarali bo'ladi, bunda ular elektrod bilan obyektning o'zining o'rtasidagi sig'imni o'lchaydi. Sig'imli datchiklar shuningdek, elektr o'tkazmaydigan obyektlar bilan ham etarlicha yaxshi ishlaydi, biroq bunda ularning aniqligi biroz yomonlashadi. Elektrodning atrofiga tushadigan har qanday obyekt o'zining dielektriklik xususiyatlariga ega bolladi, bu elektrod bilan datchikning korpusi o'rtasidagi sig'imni o'zgartiradi, bu esa, o'z navbatida, obyekt bilan detektor o'rtasidagi masofaga proporsional bo'lgan chiqish signalining paydo bo'lishiga olib keladi.

Sezgirlikni oshirish va chekka effektlarni kamaytirish uchun bir qutbli sig'imli datchikda faol ekranlash qo'llaniladi. Bunda ekran elektrodning ishchi bo'lmagan tomonlari atrofiga joylashtiriladi va unga elektroddagi kuchlanishga teng bo'lgan kuchlanish beriladi. Ekran va elektroddagi kuchlanishlar bir xil amplituda va fazaga ega bo'lishi sababli, ularning o'rtasida elektr maydoni bo'lmaydi va ekranning orqasida joylashgan barcha tarkibiy qismlar datchikning ishlashiga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi.



4.12-rasm. Ekranlaydigan halqali sig'imli datchik

Nazorat savollari:

1. Hozirgi kunda odamlarning mavjud bo'lishi va harakatlarini aniqlash uchun qanday tipdagi datchiklar qo'llaniladi?
2. Sig'imli datchiklar haqida ma'lumot bering?
3. Potensiometrlarning kamchiliklarini sanab bering.
4. Mikroto'lqinli harakat detektorlari nima maqsadda qo'llaniladi?
5. Parazit sig'imlarga qarshi kurashishda qaysi usul samarali?
6. Fizikaviy obyektning holatini aniqlash deganda nima tushuniladi?
7. Elektrostatik harakat detektorining ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?

8. Sezgir elementning elektr tavsiflariga ta'sir ko'rsatish tipi bo'yicha datchiklarning turlarini ayting.
9. Intellektual kimyoviy datchiklarning o'lchash texnikasidagi roli qanday?
10. Gravitatsion datchiklarga qanday datchiklar kiradi?

4.2. Temperatura va bosim datchiklari

Temperatura datchiklarining turlari. Uzoq tarixiy davrlar davomida issiqlik odamlar uchun ularning hayotining asosi bo'lgan, shu sababli ular o'sha davrlardayoq haroratni o'lchash bilan uning intensivligini baholashga uringan. Ehtimolki, haroratni o'lchashning eng oddiy va eng keng tarqalgan usuli turli moddalarning issiqlikdan kengayishini o'lchash bo'lib hisoblanadi. Barcha suyuqlikli shisha termometrlar ana shu tamoyil asosida amalga oshirilgan. Elektr qayta shakllantirgichlarda biroz boshqacharoq detektirlash tamoyillari qo'llaniladi. Hozirgi kunda quyidagi harorat datchiklari eng keng tarqalgan: rezistiv, termoelektrik, yarim o'tkazgichli, optik va pyezoelektrik detektorlar.

Haroratni o'lchash har doim energiyaning unchalik katta bo'lmagan porsiyasini obyektidan bu energiyani elektr signaliga aylantirishi lozim bo'lgan datchikka uzatishdan iborat bo'ladi. Kontaktli detektor (zond) obyektning ichiga yoki tashqarisiga joylashtirilganda obyekt bilan zond o'rtasida issiqlik o'tkazuvchanlik hisobiga issiqlik uzatilishi sodir bo'ladi. Bunda zondning tarkibiga kiradigan sezgir element yoki qiziydi, yoki sovuydi. Issiqlik nurlanish yordamida uzatilganda ham xuddi shuning o'zi sodir bo'ladi: issiqlik energiyasi IQ nurlanish ko'rinishida obyektning harorati va optik bog'lanishning tipiga bog'liq ravishda datchik tomonidan yutiladi, yoki undan ajralib chiqadi. Har qanday datchik, o'lchamlaridan qat'iy nazar, o'lchash zonasiga qo'zg'alish olib kiradi, bu haroratni o'lchashda xatolar vujudga kelishiga olib keladi. Bu detektirlashning har qanday usuliga - konvektiv detektirlashga ham, radiatsion detektirlashga ham, issiqlik o'tkazuvchan detektirlashga ham taalluqli bo'ladi. Shunday qilib, ishlab chiquvchi har doim datchiklarning mos keluvchi konstruksiyalari va xatoliklarni kompensatsiyalash uslublarini qo'llash bilan o'lchashlar xatoligini minimallashtirishga intilishi lozim.

Haroratni o'lchashning ikkita asosiy uslubi mavjud: muvozanatli va bashorat qilinadigan (prognozli). Muvozanatli uslubda haroratni o'lchash o'lchanadigan yuza bilan zondga joylashgan sezgir element o'rtasida issiqlik muvozanati boshlanganda, ya'ni datchik bilan o'lchanadigan obyekt o'rtasida sezilarli harorat farqi bo'lmaganda o'tkaziladi. Bashorat qilish uslubida o'lchashlarni o'tkazish jarayonida issiqlik muvozanati boshlanmaydi, joriy haroratning qiymati esa datchik haroratining o'zgarish tezligi bo'yicha aniqlanadi. Sezgir element obyektga joylashtirilgan momentdan boshlab obyekt bilan datchik

o'rtasida issiqlik muvozanati boshlanguncha, ayniqsa, agar kontakt maydonchalari quruq bo'lsa, yetarlicha uzoq vaqt o'tishi mumkin. Masalan, tibbiyot elektron termometri suvli vannadagi haroratni 10 s da o'lchaydi, qo'ltiq ostidagi haroratni o'lchash uchun esa hech bo'lmaganda 3-5 minut talab qilinadi.

Kontakt usuli bilan haroratni o'lchashda mumkin bo'lgan xatolarning manbalarini ko'rib chiqamiz. Xatolarning vujudga kelish sabablaridan biri shundan iboratki, datchik, qoidaga ko'ra, faqatgina haroratini o'lchashi lozim bo'lgan obyekt bilan emas, balki boshqa predmetlar bilan ham tutashadi. Boshqa bir sabab tutashtiruvchi kabellardan foydalanish bo'lib hisoblanadi (4.13A-rasm). T_B haroratga ega bo'lgan obyekt bilan tutashtiriladigan sezuvchan element o'zining T_s , haroratiga ega bo'ladi. Aniq o'lchashlarni o'tkazish uchun bu ikkita harorat amalda teng bo'ladigan issiqlik muvozanati holatiga erishish zarur bo'ladi. Kabelning bir uchi zondga ulanadi, boshqa uchi esa obyektning haroratidan sezilarli darajada farq qilishi mumkin bo'lgan T_o qurshab turuvchi muhit haroratining ta'siriga tortiladi. Shunday qilib, tutashtiruvchi kabel faqatgina datchikning elektr signalini uzatib qolmasdan, elementdan yoki unga bir qism issiqlikni ham uzatadi. 4.13B-rasmda obyekt, datchik, qurshab turuvchi muhit va r_1 va r_2 issiqlik qarshiliklarini o'z ichiga oladigan issiqlik sxemasi ko'rsatilgan, issiqlik qarshiliklari moddaning issiqlik energiyasini o'tkazish qobiliyatini aks ettiradi va issiqlik koeffitsiyentlariga teskari kattaliklar sifatida aniqlanadi, ya'ni $r = 1/a$. Agar obyekt qurshab turuvchi muhitga qaraganda issiqroq bo'lsa, issiqlik oqimi strelka ko'rsatgan tomonga qarab yo'naladi.

4.13-rasmdagi sxema elektr sxemasini eslatadi va uning parametrlarini hisoblash uchun ham elektr zanjirlarining Kirxgof va Om qonuni kabi qonunlari qo'llaniladi. Moddaning issiqlik sig'imi, elektr zanjirlariga o'xshab, kondensator ko'rinishida aks ettiriladi.

Barcha haroratlar allaqachon ma'lum bir statsionar darajaga chiqqan deb hisoblash bilan bu tizimga nisbatan energiyaning saqlanish qonunini qo'llash mumkin, undan obyektдан datchikka uzatilgan issiqlik energiyasi datchikdan qurshab turuvchi muhitga berilgan energiyaga teng bo'lishi lozimligi kelib chiqadi. Bundan kelib chiqish bilan quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\frac{T_B - T_s}{r_1} = \frac{T_B - T_o}{r_1 + r_2}$$

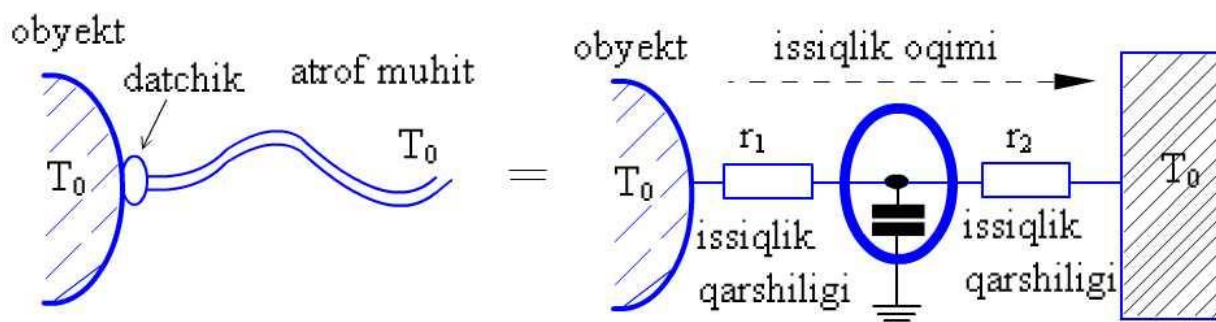
$$T_s = T_B - (T_B - T_o) \frac{r_1}{r_2} = T_B - \Delta T \frac{r_1}{r_2}$$

Bundan datchikning harorati uchun ifodani chiqarish mumkin:

Bunda ΔT - obyekt bilan qurshab turuvchi muhit o'rtasidagi haroratlar farqi. (5.16) tenglamani batafsil ko'rib chiqamiz. Uni tahlil qilish bilan bir nechta

xulosaga kelish mumkin. Birinchidan, datchikning harorati har doim obyektning haroratidan farq qiladi. Qurshab turuvchi muhit bilan obyektning haroratlari teng bo‘ladigan holat bundan mustasno, ya’ni $\Delta T = T_B - T_o = 0$. Ikkinchidan, har qanday ΔT da datchikning harorati obyektning haroratiga faqatgina $\frac{r_1}{r_2}$ nisbat

nolga qarab intilganda yaqinlashadi. Bu shuni bildiradiki, o‘lchash xatoligini kamaytirish uchun obyekt bilan datchik o‘rtasidagi issiqlik bog‘lanishini yaxshilash va datchikni imkon qadar qurshab turuvchi muhitdan ajratish zarur bo‘ladi, amaliyotda ko‘pincha buni bajarish oson bo‘lmaydi.



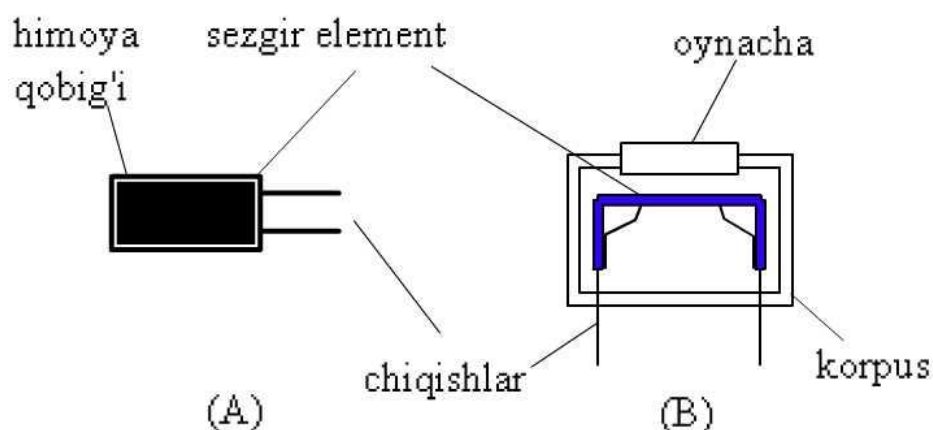
4.13-rasm. Harorat datchigi; (A)- obyekt, tutashtiruvchi kabel bilan issiqlik kontaktida; (B)-ekvivalent issiqlik sxemasi

Tiplashgan kontaktli harorat datchigi quyidagi tarkibiy qismlardan tashkil topadi (4.14A-rasm):

1. Sezgir element - datchikning o‘zi haroratining o‘zgarishiga reaksiya ko‘rsatuvchi material. Yaxshi element past solishtirma issiqlik sig‘imi, kichik massa, katta issiqlik o‘tkazuvchanlik, yuqori va bashorat qilinadigan sezgirlikka ega bo‘ladi.

2. Kontaktlar - sezgir elementni tashqi elektron sxema bilan bog‘laydigan o‘tkazuvchan plastinkalar yoki simlar. Kontaktlar minimal mumkin bo‘lgan issiqlik o‘tkazuvchanlik va elektr qarshiligiga ega bo‘lishi lozim. Shuningdek, ular ko‘pincha tayanch konstruksiya rolini ham bajaradi.

3. Himoyalovchi korpus fizikaviy jihatdan sezgir elementni qurshab turuvchi muhitdan ajratadigan maxsus qobiq yoki qoplama. Yaxshi korpus past issiqlik qarshiligi (yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlik) va yaxshi dielektriklik xususiyatlariga ega bo‘ladi. U suv va qurshab turuvchi muhitning boshqa omillari sezgir elementning ishiga ta’sir ko‘rsatmasligi uchun namlik singdirmaydigan bo‘lishi lozim.



4.14-rasm. Harorat datchiklarining asosiy strukturalari: A - kontaktli datchik; B- kontaktsiz datchik (issiqlik nurlanishi detektori)

4.14B-rasmda *kontaktsiz* harorat datchigi ko'rsatilgan, u o'zida optik issiqlik nurlanish detektorini taqdim qiladi. Uning tarkibiga shuningdek, o'zining haroratining o'zgarishiga reaksiya ko'rsatadigan sezgir element kiradi. Kontaktli va kontaktsiz datchiklarning asosiy farqi obyektдан elementga issiqlikni uzatish usulidan iborat: kontaktli datchiklarda issiqlik uzatish mexanizmi fizikaviy kontakt orqali harakatga keladi, kontaktsiz datchiklarda esa issiqlik nurlanish orqali yoki optik yo'l bilan uzatiladi.

Issiqlik nurlanish datchiklarining tezkor harakatlanishini yaxshilash uchun sezgir elementning qalinligi minimal qilinadi, sezgirlikni oshirish uchun esa uning yuza maydoni oshiriladi. Kontaktsiz issiqlik datchigining tarkibiga sezuvchan elementga qo'shimcha ravishda optik darcha va kiritilgan interfeys sxema kirishi mumkin. Datchik korpusining ichki qismi odatda, quruq havo yoki azot bilan to'ldiriladi.

Barcha harorat datchiklarini ikkita klassga - *absolyut* va *nisbiy* detektorlarga ajratish mumkin. Absolyut datchiklar haroratni absolyut nolga nisbatan, yoki harorat shkalasidagi boshqa har qanday nuqtaga nisbatan, masalan, 0°C [$273,15^{\circ}\text{K}$], 25°C va hokazolarga nisbatan o'lchaydi. Absolyut datchiklarga termistorlar va rezistiv harorat detektorlari misol bo'la oladi. Nisbiy datchiklar ikkita obyektning haroratlari farqini o'lchaydi, ulardan biri etalon bo'lib hisoblanadi. Nisbiy datchiklarning tipik vakili termojuftlik bo'lib hisoblanadi.

Termorezistiv datchiklar. Xamfri Devi 1821-yildayoq turli metallarning elektr qarshiligi haroratga bog'liq bo'lishini sezgan. Vilbyam Simens 1871-yilda birinchi platinali rezistiv termometrni yaratgan. 1887-yilda esa Xyu Kallendar o'zining maqolasida platinali termometrlardan amalda foydalanishni tasvirlab bergan. Termorezistiv datchiklarning yutuqlari yuqori sezgirlik, interfeysli sxemalarni yaratishning oddiyligi va uzoq muddatli barqarorlik bo'lib hisoblanadi. Bunday datchiklarni uchta guruhga ajratish mumkin: rezistiv harorat datchiklari

(RHD), $p - n$ o'tishli detektorlar va termistorlar.

Rezistiv harorat datchiklari. Bu atama odatda, metall detektorlarga taalluqli bo'ladi, ular simli yoki yupqa plyonkali bo'ladi. Barcha metallar va aksariyat qotishmalarning solishtirma qarshiligi haroratga bog'liq bo'lishi sababli, ular asosida haroratni o'lchaydigan sezgir elementlarni ishlash mumkin. Garchi harorat detektorlarini tayyorlash uchun barcha metallar to'g'ri kelsada, ushbu maqsadlar uchun asosan faqat platinadan foydalaniladi. Bu uning yaxshi qayta yaratuvchanligi, uzoq muddatli barqarorligi va mustahkamligi bilan izohlanadi. 600°C dan yuqori haroratlarni o'lchash uchun volframli rezistiv datchiklar qo'llaniladi. Barcha rezistiv harorat datchiklari musbat harorat koeffitsiyentlariga ega. RHD lar bir nechta tipda ishlab chiqariladi:

1. Yupqa plyonkali RHD lar mos keluvchi taglikka, masalan, kremniy mikromembranaga qoplangan platina yoki uning qotishmalarining yupqa qatlamidan ishlanadi. RHD lar ko'pincha uzunlikning kenglikka yuqori nisbatini olish uchun serpantin struktura ko'rinishida ishlanadi.

2. Simli RHD lar ular platina sim keramik trubkaning ichiga o'ralgan va yuqori haroratbardosh yelim yordamida unga mahkamlangan bo'ladi. Bunday konstruksiya juda yuqori barqarorlikka ega bo'lgan datchiklarni tayyorlash imkonini beradi.

Sanoatda past va yuqori haroratlar uchun alohida approksimatsiyalardan foydalanish qabul qilingan. Kallendar-van Dasen platinali detektorning uzatish funksiyasi uchun quyidagi approksimatsion ifodani taklif qilgan:

-200,..0°C diapazonda:

$$R_t = R_o [1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100)] \quad (4.15)$$

0...200°C diapazonda esa:

$$R_t = R_o [1 + At + Bt^2] \quad (4.16)$$

A, B va C konstantalar platinaning xususiyatlari bilan belgilanadi. Xuddi o'sha approksimatsiyani quyidagi ko'rinishda taqdim qilish mumkin:

$$R_t = R_o \left\{ 1 + a \left[t - \delta \left(\frac{t}{100} \right) \left(\frac{t}{100} - 1 \right) - \beta \left(\frac{t}{100} \right) \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \right] \right\} \quad (4.17)$$

Bunda t - harorat, °C larda. A, B va C koeffitsiyentlar esa quyidagicha aniqlanadi:

$$A = a \left\{ 1 + \frac{\delta}{100} \right\}, B = -a\delta \cdot 10^{-4}, C = -a\beta \cdot 10^{-8} \quad (4.18)$$

δ ning qiymati detektorni yuqori haroratlarda kalibrlashda olinadi (masalan, ruxning muzlash nuqtasida (419,58°C)), β koeffitsiyent esa - manfiy haroratda kalibrlashda olinadi.

Odatda, RHD lar yuqori aniqlik darajasi bilan laboratoriya sharoitlarida

yaratish mumkin bo'lgan standart haroratlarda kalibrlanadi. Bunday nuqtalarda kalibrlash a va 5 approksimatsiya koeffitsiyentlarini juda aniq aniqlash imkonini beradi.

Simli RHD lar uchun tipik yo'l qo'yilishlar $\pm 10 \text{ M}\Omega$ ga teng, bu $\pm 0,25^\circ\text{C}$ ga mos keladi. O'lchashlarning yuqori aniqligini ta'minlash uchun RHD ning korpusini uning issiqlik izolyasiyasiga alohida e'tibor qaratish odatda diqqat bilan loyihalash zarur bo'ladi. Bu o'lchashlarni yuqori haroratlarda o'tkazishda, ayniqsa muhim bo'ladi, bunda izolyasiyaning qarshiligi keskin tushadi. Masalan, $10 \text{ M}\Omega$ li rezistori 550°C haroratda $3 \text{ M}\Omega$ atrofida xatolikka ega bo'ladi, bu $-0,0075^\circ\text{C}$ harorat xatoligiga mos keladi.

Kremniyli rezistiv datchiklar. Kremniydan qarshilikning musbat harorat koeffitsiyentiga (MHK) ega bo'lgan harorat datchiklarini tayyorlashda keng foydalaniladi. Hozirgi kunda kremniyli datchiklar ko'pincha haroratni kompensatsiyalashni amalga oshirish yoki haroratni to'g'ridan-to'g'ri o'lchash uchun mikrostrukturalarga kiritiladi. Shuningdek, diskret kremniyli harorat datchiklari ham mavjud, masalan, KTU harorat detektori. Bunday datchiklar yetarlicha yaxshi chiziqlilikka (uni oddiy termokompensatsion zanjirlar yordamida yaxshilash mumkin) va uzoq muddatli barqarorlikka (odatda, yiliga $0,05\text{K}$) ega, Kremniyli rezistorlarning MHK si ulardan qizdiradigan qurilmalarning xavfsizligini ta'minlaydigan tizimlarda foydalanish imkonini beradi: haroratning o'rtacha ortishi (200°C gacha) ularning qarshiligining ortishiga olib keladi, shu hisobdan o'z-o'zini himoyalash funksiyasi amalga oshadi.

Monokristall sof kremniy ham, polikremniy ham o'zicha qarshilikning manfly harorat koeffitsiyentiga (Manfiy HK) ega bo'ladi. Biroq n-tipdagi aralashmalar bilan legirlangandan keyin ma'lum bir harorat diapazonida uning harorat koeffitsiyenti musbat bo'lib qoladi. Bu hodisa harorat pasayganda zaryad eltuvchilarning harakatchanligining pasayishi bilan izohlanadi. Yuqori haroratlarda erkin zaryad eltuvchilarning soni spontan ravishda hosil bo'ladigan eltuvchilar hisobiga oshadi, shu sababli bu harorat diapazonida kremniyning o'zining yarim o'tkazgichlik xususiyatlari ustivor bo'ladi. Shunday qilib, 200°C dan past haroratlarda kremniyning solishtirma qarshiligi MHK ga ega bo'ladi, 200°C dan yuqori haroratlarda esa u manfiy bo'lib qoladi. KTU datchik n-tipdagi 500-500-240 mkm o'lchamli kremniy kristallidan tashkil topadi, uning bir tomoniga metall qoplangan, boshqa tomonida esa kontakt maydonchasiga ega. Datchikning bunday konstruksiyasida qarshilikning "cho'zilishi" hodisasi vujudga keladi, buning natijasida kristallning ichida tokning konussimon taqsimlanishi qaror topadi, u tavsiyalarining ishlab chiqarishdagi yo'l qo'yilishlarga bog'liqligini sezilarli darajada pasaytiradi. Katta toklar va yuqori haroratlarda KTU tokning yo'nalishiga ham sezgir bo'lib qoladi. Bu muammoni hal qilish uchun juftlashgan datchik

qo'llaniladi, unda ikkita sezgir element bir-biriga qarama-qarshi qilib ketma-ket ulanadi, Bunday datchiklardan ko'pincha avtomobillarda foydalaniladi.

MHK ga ega bo'lgan kremniyli datchikning tipik sezgirligi $0,7\%/^{\circ}\text{C}$ atrofida bo'ladi, ya'ni harorat 1°C ga o'zgarganda uning qarshiligi $0,7\%$ ga o'zgaradi. KTU datchikning uzatish funksiyasini ikkinchi tartibli polinom bilan approksimatsiyalash mumkin:

$$R_T = R_o [1 + A(T - T_o) + B(T - T_o)^2] \quad (4.19)$$

Bunda R_o va T_o - etalon nuqtada o'lchangan qarshilik (Omlarda) va harorat (Kelvinlarda). Masalan, KTU-81 datchiklarning ishchi diapazoni $-55 \dots +150^{\circ}\text{C}$, $A = 0.007874 \text{ K}^{-1}$, $B = 1.874 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-2}$ ni tashkil qiladi.

Termistorlar. Termistor atamasi ikkita - issiqlik va rezistor so'zlarining qo'shilishidan hosil bo'lgan. Bu nom, tomchi, o'zak (sterjen), silindr, to'g'ri burchakli plastinka va qalin plyonka shakliga ega bo'lgan metall-oksidli detektorlarga berilgan. Termistorlar absolyut harorat datchiklari klassiga kiradi, ularning ko'rsatkichlari absolyut harorat shkalasiga mos keladi. Barcha termistorlar ikkita toifaga bo'linadi: qarshilikning manfiy harorat koeffitsiyentiga (Manfiy HK) va musbat harorat koeffitsiyentiga (MHK) ega bo'lgan termistorlar. Pretsizion o'lchashlarni o'tkazish uchun faqatgina Manfiy HK ga ega bo'lgan termistorlardan foydalaniladi.

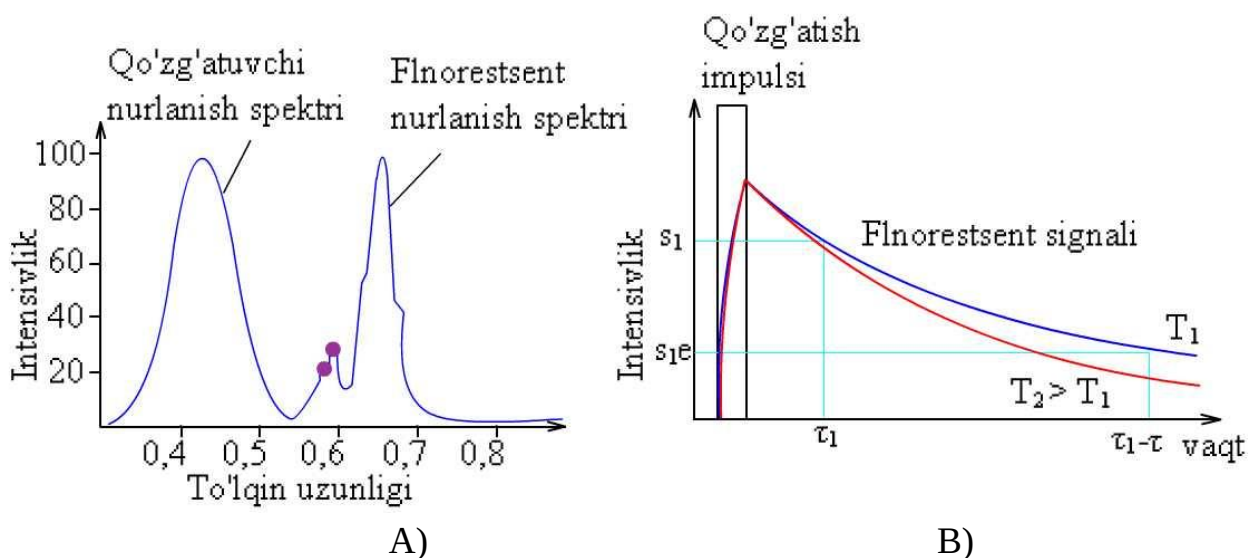
Kontaktli termoelektrik datchiklar. Termoelektrik kontaktli datchiklar hech bo'lmaganda ikkita turli o'tkazgichlar va bu o'tkazgichlarning ikkita tutashuvidan (juftligidan) tashkil topishi sababli ular ko'pincha termojuftliklar deb ataladi. Ular passiv datchiklar bo'lib, o'zlari haroratning o'zgarishiga javob tariqasida kuchlanish ishlab chiqaradi va buning uchun tashqi oziqlantirish manbaini talab qilmaydi. Termojuftliklar nisbiy datchiklar klassiga kiradi, chunki ularning chiqish kuchlanishi ikkita tutashma o'rtasidagi haroratlarning farqi bilan belgilanadi va har bir tutashmaning absolyut haroratiga amalda bog'liq bo'lmaydi. Termojuftlik yordamida haroratni o'lchashda uning bitta tutashmasi etalon bo'lib xizmat qiladi va uning haroratini alohida absolyut harorat detektori, masalan, termistor, rezistiv harorat datchigi va hokazolar yordamida aniqlash yoki uni harorati aniq bo'lgan fizikaviy holatdagi materialning ichiga joylashtirish zarur bo'ladi.

Temperaturaning optik datchiklari. Haroratni kontaktli va kontaktsiz uslublar bilan o'lchash mumkin, kontaktsiz IQ optik datchiklar avval ko'rib chiqilgan edi. Kontaktsiz harorat datchiklari o'lchashlarni tezkor kechadigan jarayonlarda o'tkazish zarur bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Bunday datchiklardan agressiv muhitlarda, kuchli elektr, magnit va elektromagnit maydonlari sharoitlarida va kuchli kuchlanish ta'sir qiladigan joylarda, ya'ni u erda tadqiq

qilinadigan obyekt bilan bevosita kontakt paytida jiddiy xalaqit beruvchilarning vujudga kelish ehtimoli yuqori bo'lgan joylarda, yoki operatorning xavfsizligini ta'minlash mumkin bo'lmagan joylarda foydalaniladi. Bunday datchiklar o'lchash obyektigacha bevosita yetib bo'lmaydigan joylarda ham zarur bo'ladi. IQ detektorlardan tashqari, garchi tabiatiga ko'ra kontaktli bo'lsada, harorat to'g'risida informatsiya eltuvchilar sifatida fotonlardan foydalanadigan datchiklar ham bor.

Flouressent datchiklar. Bunday datchiklar spektrning ko'rinadigan diapazoni nurlari bilan qo'zg'atishga javob tariqasida ba'zi bir fosforli tarkibiy qismlarning shu'la taratish xususiyati asosida amalga oshiriladi. Bunday tarkibiy qismlar haroratini o'lchash zarur bo'lgan obyektning yuzasiga surkaladi. Shundan keyin obyekt ultrabinafsha (UB) impulsli nurlatish ta'siriga tortiladi. Bu nurlatishdan keyin taralgan yorug'lik detektirlanadi va tahlil qilinadi. Yorug'lik impulsining shakli haroratga bog'liq bo'ladi. Yorug'lik impulsining so'nish vaqti keng haroratlar diapazonida juda yuqori qayta yaraluvchanlikka ega parametrlar bo'lib hisoblanadi. Flouressent datchiklarda sezgir element sifatida to'rt valentli marganets bilan faollashtirilgan magniy ftormagnetit qo'llaniladi. Fosfor uzoq vaqtlar davomida ko'chalarni yoritish uchun foydalaniladigan simobli lampalarning rangini korrektsiyalovchi sifatida qo'llab kelingan. Fosfor kukuni qattiq fazada 1200°C haroratda o'tkazilgan reaksiya davomida olinadi. U nisbatan inert va issiqlikka bardoshli, biologik nuqtai nazardan xavfsiz modda bo'lib hisoblanadi. U aksariyat kimyoviy reagentlar va uzoq muddatli UB nurlanish ta'sirida yemirilmaydi. U spektrning moviy sohasida UB yorug'lik bilan nurlatilganda qo'zg'algan holatga o'tadi. Fosforning flouressent shu'la taratishi uzoq qizil spektral diapazonda joylashadi, uning intensivligi esa eksponensial qonun bo'yicha pasayadi.

Qo'zg'atuvchi va qaytgan nurlarning signallari o'rtasida qarama-qarshi xalaqit beruvchilarning vujudga kelish ehtimolini kamaytirish uchun ularning yo'lga polosali filtrlar o'rnatiladi, ular spektrning faqatgina berilgan zonalarining to'lqinlarini o'tkazadi (4.15A-rasm). Qo'zg'atish manbai sifatida ksenonli impulsli lampa qo'llaniladi, undan bir paytning o'zida majmuaviy o'lchash tizimlari tarkibida bir nechta optik kanallarda foydalanish mumkin. Haroratni o'lchash jarayoni flouressent shu'laning zaiflashish tezligini o'lchashdan iborat bo'ladi (4.15B -rasm). Bu haroratning qiymati τ vaqt doimiysi bo'yicha joylashadi deganidir, uning kattaligi -200...+400°C haroratlar diapazonida besh martagacha kamayadi. Vaqtning o'lchash juda yuqori aniqlikka ega bo'lgan elektron sxema yordamida bajariladi. Shu sababli flouressent tipdagi datchiklar kalibrlamasdan turib keng harorat diapazonida haroratni yaxshi yechish qobiliyati va $\pm 2^{\circ}\text{C}$ atrofida aniqlik bilan o'lchash imkonini beradi.

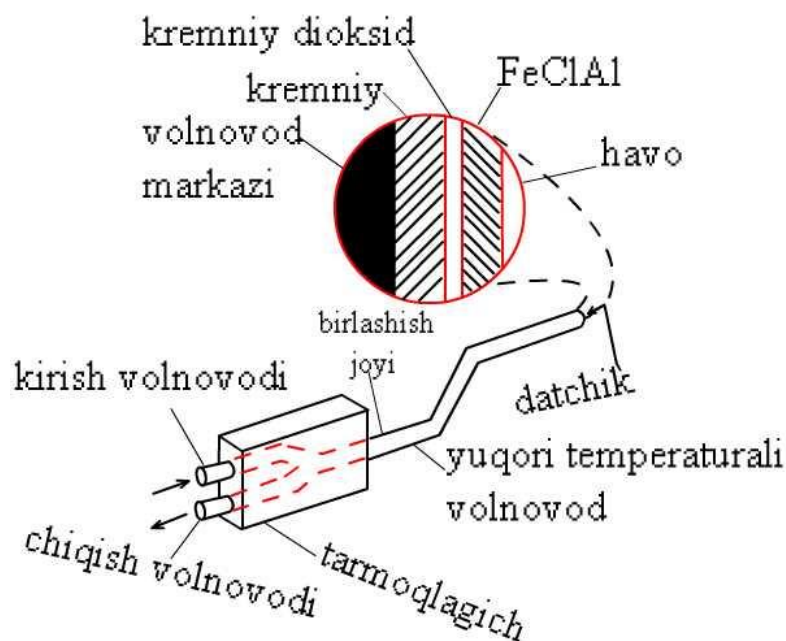


4.15-rasm. Haroratni flouressent o'lchash uslubi: A - qo'zg'atuvchi va flouressent nurlatishlarning spektral tavsiflari; B - T_1 va T_2 haroratlar uchun shu'laning eksponensial qonun bo'yicha pasayishi; e - natural logarifmning asosi; t - pasayish tavsifining vaqt doimiysi

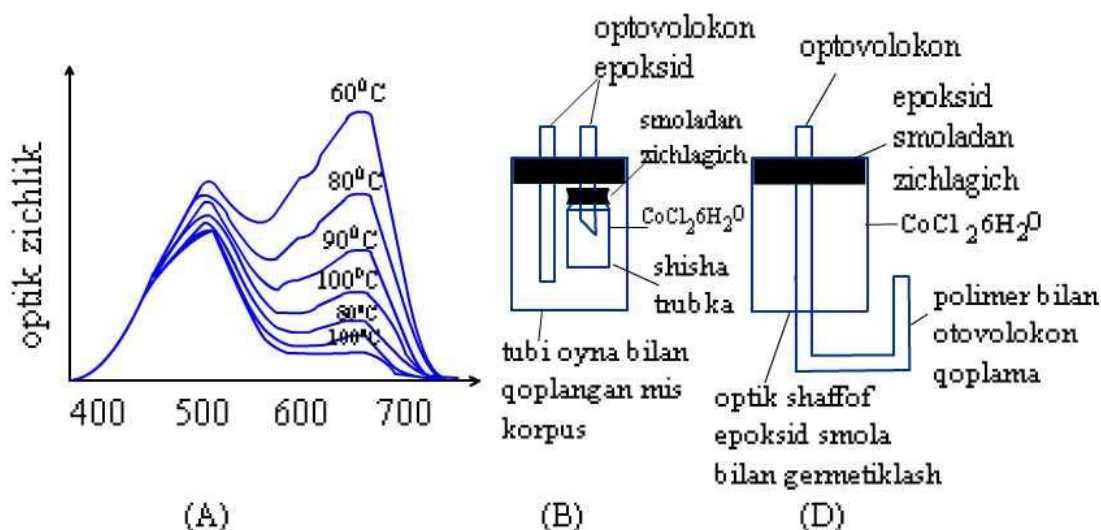
Interferometrik datchiklar. Haroratni optik o'lchashning bosh qa bir uslubi ikkita yorug'lik nurlarining interferensiyasi oqibatida vujudga keladigan yorug'lik intensivligini modulyasiyalashdan iborat. Nurlardan biri etalon bo'lib hisoblanadi, boshqasi esa uning parametrlari haroratga bog'liq bo'ladigan muhit orqali o'tkaziladi, bu signallar o'rtasida faza siljishining paydo bo'lishini chaqiradi. Bu faza siljishining kattaligi va demak, interferensiyon signalning parametrlari harorat bilan belgilanadi. Interferometrik harorat datchigining sezgir elementi sifatida ko'pincha yupqa kremniy qatlamidan foydalaniladi, chunki uning sindirish koeffitsiyenti haroratga bog'liq bo'ladi, bu nur yo'li uzunligining o'zgarishiga olib keladi. 4.16-rasmda yupqa plyonkali optik datchikning sxemasi ko'rsatilgan, u o'zakning diametri 100 mkm, qoplamaning diametri 140 mkm bo'lgan, sindirish ko'rsatkichi bosqichma-bosqich o'zgaradigan ko'p moddali optik tolali volnovodning uchlariga surkalgan uch qavat plyonkadan tashkil topadi. Birinchi qatlam kremniydan, ikkinchisi kremniy dioksididan shakllantiriladi. FeCrAl plyonka pastda yotuvchi qatlamlarni oksidlanishdan himoyalash uchun eng oxirida qoplanadi. Bunday optik tolalardan 350°C gacha bo'lgan haroratlarda foydalanish mumkin. Biroq oltin bilan qoplangan volnovodlardan foydalanilganda ishchi diapazon 650°C gacha ortadi. Bu yerda nurlanish manbalari sifatida 860 nm nurlanish to'lqini uzunligiga ega bo'lgan diodlardan foydalaniladi, natijalovchi signalni tahlil qilish esa spektrometr yordamida o'tkaziladi.

Haroratdan rangini o'zgartiradigan eritmalar asosidagi datchiklar. Bunday datchiklar biotibbiyot tizimlarida qo'llaniladi. Xromatik eritma sifatida

ko‘pincha $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (kobalt xlorid eritmasi) qo‘llaniladi. Bunday datchiklarning harakat tamoyili ba‘zi bir xromatik eritmalar uchun xarakterli bo‘lgan spektrning ko‘rinadigan diapazonidagi nurlanishlarning (400...800 nm) yutilish koeffitsiyentlarining haroratga bog‘lanishiga asoslanadi (4.17A-rasm). Ravshanki, bunday datchiklarning tarkibiga nurlatish manbai, detektor va o‘lchash obyekti bilan issiqlik bog‘lanishiga ega bo‘lgan kobalt xlorid eritmasi kiradi. 4.17B va 4.17D-rasmlarda xromatik harorat datchiklarining ikkita varianti ko‘rsatilgan.



4.16-rasm. Yupqa plyonkali optik harorat datchigining sxemasi



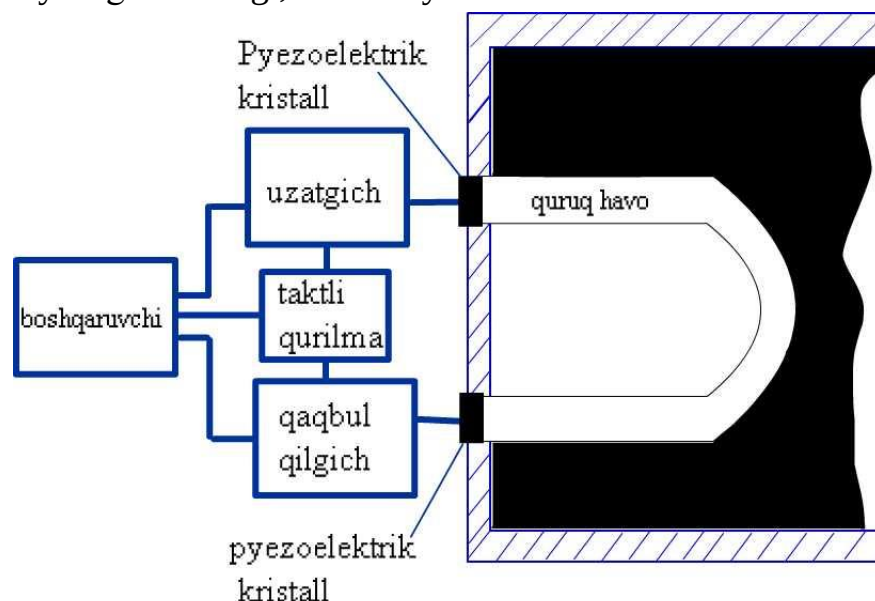
4.17-rasm. Haroratdan rangini o‘zgartiradigan eritmalar asosidagi datchiklar: A - kobalt xlorid eritmasining absorpsion spektri; B - qaytaradigan yuzali datchik; D - o‘tuvchan tipdagi datchik

Temperaturaning akustik datchiklari. Ekstremal sharoitlarda ishlashda (kriogen haroratlar diapazonida, yadro reaktorlarida radiatsiya darajasi yuqori

bo'lganda), shuningdek, bu yerga kontaktli datchiklarni joylashtirib bo'lmaydigan va IQ detektorlardan foydalanib bo'lmaydigan germetik yopiq kenglikda o'lchashlarni o'tkazishda haroratni aniqlash juda qiyin bo'ladi. Bunday hollarda odatda, akustik harorat datchiklari qo'llaniladi, ularning harakat tamoyili tovush tezligining tovush tarqaladigan muhitning haroratiga bog'lanishiga asoslanadi. Masalan, normal atmosfera bosimida quruq havo uchun bu bog'lanish quyidagi

$$\text{ko'rinishga ega bo'ladi: } v = 331.5 \sqrt{\frac{T}{273.15}}, \frac{m}{c} \quad (4.20)$$

Bunda v - yorug'lik tezligi, T - absolyut harorat.



4.18-rasm. Ultratovushli detektorga ega bo'lgan akustik termometr

Akustik harorat datchiklari (4.18-rasm) uchta tarkibiy qism - ultratovushli peredatchik (uzatgich) va priyomnik (qabul qilgich), shuningdek, gaz bilan to'ldirilgan germetik trubkadan tashkil topadi. Uzatgich va qabul qilgich o'zida trubka bilan akustik bog'lanmagan pyezoelektrik keramik plastinkalarni taqdim qiladi, bu tovushning asosan trubkaning ichidagi gaz orqali tarqalishini ta'minlaydi. Gaz sifatida ko'pincha quruq havodan foydalaniladi. Datchikning muqobil konstruksiyasida uzatuvchi va qabul qiluvchi kristallar uning ichidagi muhitning haroratini o'lchashda zarur bo'lgan yopiq kameraning ichiga joylashtiriladi. Ichki muhitning hajmi va massasi doimiy qilib ushlab turilgan hollarda oraliq trubkani qo'llash talab qilinmaydi. Uni qo'llash zarur bo'lgan hollarda uni mexanik deformatsiyalar va juda yuqori haroratlar ta'sirida germetiklikning yo'qolishidan himoya qilish kerak bo'ladi. Trubka uchun invar qo'l keladigan material bo'lib hisoblanadi.

Bosim datchiklari

Mikroelektron qurilmalarni, optik tarkibiy qismlar uchun tagliklarni ishlab chiqarishda, shuningdek, kimyoviy va boshqa texnologik jarayonlarni amalga

o'shishda juda past bosimlarni o'lchashga to'g'ri keladi. Ba'zi bir ilmiy tadqiqotlarni o'tkazishda ham, masalan, fazoviy tadqiqotlarda, bunday o'lchashlarni bajarish zarur bo'ladi. *Vakuum* atamasi atmosfera bosimidan past bo'lgan bosimni bildiradi, biroq u gazlarning bosimi amalda butunlay bo'lmagan hollarda ishlatiladi. Absolyut vakuumni olishning iloji yo'q, hatto fazoviy kenglikda ham materiya butunlay mavjud bo'lmagan biror bir hudud yo'q.

Vakuumni an'anaviy datchiklar bilan ham o'lchash mumkin, bunda bosimning atmosfera bosimiga nisbatan manfiy qiymatlari qayd qilinadi, biroq bu juda samarasiz ifoda bo'lib hisoblanadi. Odatdagi bosim datchiklari signal shovqin nisbatining pastligi tufayli gazlarning juda kichik konsentratsiyalarini aniqlay olmaydi. An'anaviy bosim datchiklaridan farqli o'laroq, vakuumni o'lchagichlar butunlay boshqa tamoyillarda ishlaydi, ular gazlarning molekularining ba'zi bir fizikaviy xususiyatlariga asoslanadi va berilgan hajmdagi molekular sonini aniqlashdan iborat bo'ladi. Bunday fizikaviy xususiyatlarga issiqlik o'tkazuvchanlik, yopishqoqlik, ionlashish va boshqalar kiradi.

Pirani vakuummetrlari. Pirani vakuummetrlari - bu gazning issiqlik o'tkazuvchanligi bo'yicha bosimni o'lchaydigan datchiklardir. Vakuumni o'lchagichlarning bu tipi birinchi bo'lib ishlab chiqilgan. Eng oddiy Pirani datchigining konstruksiyasiga qizdiriladigan plastinka kiradi. Vakuumni o'lchash bu plastinka yo'qotadigan issiqlik miqdorini aniqlashdan iborat bo'ladi, bu issiqlik miqdori gazning bosimiga bog'liq bo'ladi. Pirani vakuummetrining harakat tamoyilining asosiga Marian Van Smolyuchovskiyning kashfiyoti qo'yilgan, u obyekt qizdirilganda, uning issiqlik yo'qotishi quyidagi tarkib toptiruvchilardan shakllanishini aniqlagan:

$$G = G_o + G_g = G_s + G_r + \alpha k \frac{PP_T}{P + P_T} \quad (4.21)$$

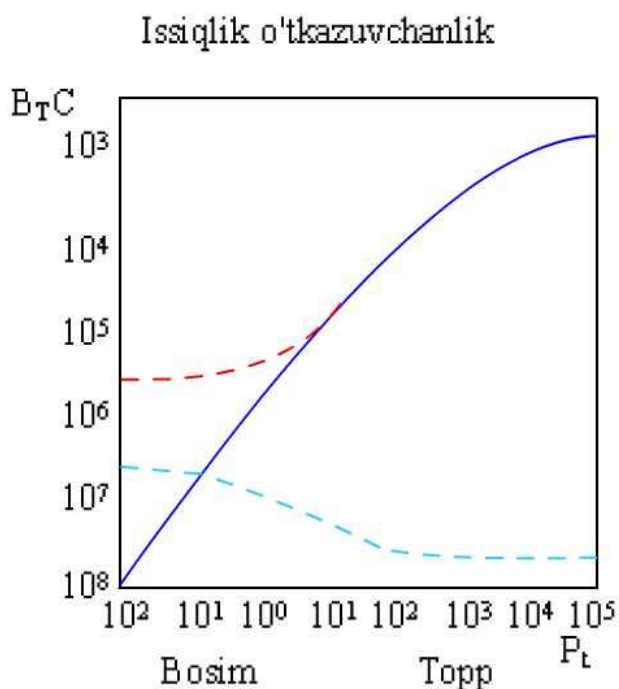
Bunda G_s - qurshab turuvchi qattiq predmetlarga issiqlik berilishi; G_r - radiatsion issiqlik uzatilishi; α - qizdiriladigan plastinkaning maydoni; κ - gazning xususiyatlarini tavsiflaydigan koeffitsiyent; P_r - ushbu datchik bilan o'lchash mumkin bo'lgan maksimal bosim.

Birinchi ikkita a'zo o'zida G_o parazit issiqlik o'tkazuvchanlikni taqdim qiladi, uchinchi a'zo esa G_g issiqlikning gazga berilishiga mos keladi. 4.19-rasmda qizdiriladigan plastinkaning issiqlik yo'qotishlariga turli omillarning ta'siri ko'rsatilgan. Parazit issiqlik yo'qotishlari bo'lmaganda gazning issiqlik o'tkazuvchanligi to'g'ri vakuumgacha chiziqli kamayadi. Shu sababli bunday datchiklarni ishlab chiqishda har doim G_o ni tarkib toptiruvchi omillarni minimallashtirishga harakat qilinadi. Buning uchun osilgan qizdiriladigan plastinkadan foydalaniladi, bu datchikning korpusi bilan issiqlik kontaktini

kamaytiradi, yoki G_o ning ta'sirini kamaytirishning differensial uslubi qo'llaniladi.

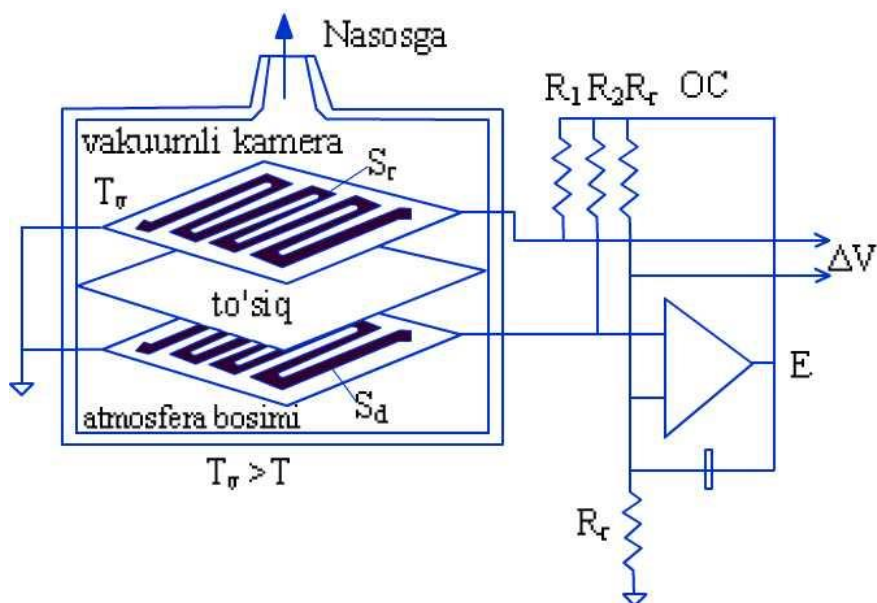
Vakuumli texnikada qo'llaniladigan Pirani datchiklarining bir nechta konstruksiyalari mavjud. Ularning ba'zi birlarining tarkibiga turlicha haroratlarda bo'ladigan ikkita plastinka kiradi. Bunday datchiklarda gazning bosimi plastinkani qizdirishga sarflangan energiya miqdori bo'yicha aniqlanadi. Boshqa datchiklar faqat bitta plastinkadan foydalanadi, bunda gazning issiqlik o'tkazuvchanligi qurshab turuvchi devorlarga issiqlik yo'qolishining kattaligi bo'yicha aniqlanadi. Haroratni o'lchash uchun datchiklarning tarkibiga odatda, yoki termojuftliklar yoki platina termorezistorlar kiradi. 4.20-rasmda Pirani differensial vakuummetri ko'rsatilgan.

Datchikning kamerasi ikkita bir xil seksiyaga ajratilgan. Kameralardan birida gaz etalon bosimda bo'ladi (masalan, 1 atm = 760 (tor) mm sim ust da), ikkinchisi esa unda bosimni o'lchash zarur bo'lgan vakuum kamerada joylashadi. Har bir kamerada qizdiriladigan plastinka mavjud, u qurshab turuvchi qattiq predmetlar orqali konvektiv issiqlik uzatilishini kamaytirish uchun juda yupqa tutashtiruvchi elementlar bilan osilgan bo'ladi. Ularda konduktiv va radiatsion issiqlik yo'qolishlari bir xil bo'lishi uchun har ikkala kamera bir xil shakl, konstruksiya va o'lchamlarga ega bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Kameralarning konstruksiyasi qanchalik simmetrik bo'lsa, G_o parazit issiqlik yo'qolishlari shunchalik yaxshiroq kompensatsiyalanadi. Plastinkalar elektr isitgichlar yordamida qizdiriladi. Ko'rib chiqilayotgan datchikda qizdiriladigan element manfiy harorat koeffitsiyentiga ega bo'lgan termistor hisoblanadi. Termistorlarning qarshiliklari teng va nisbatan past nominalga ega, shu sababli ularda Djoul o'z-o'zidan qizish jarayoni kechishi mumkin.



4.19-rasm. Qizdiriladigan plastinkaning issiqlik yo'qotishlari

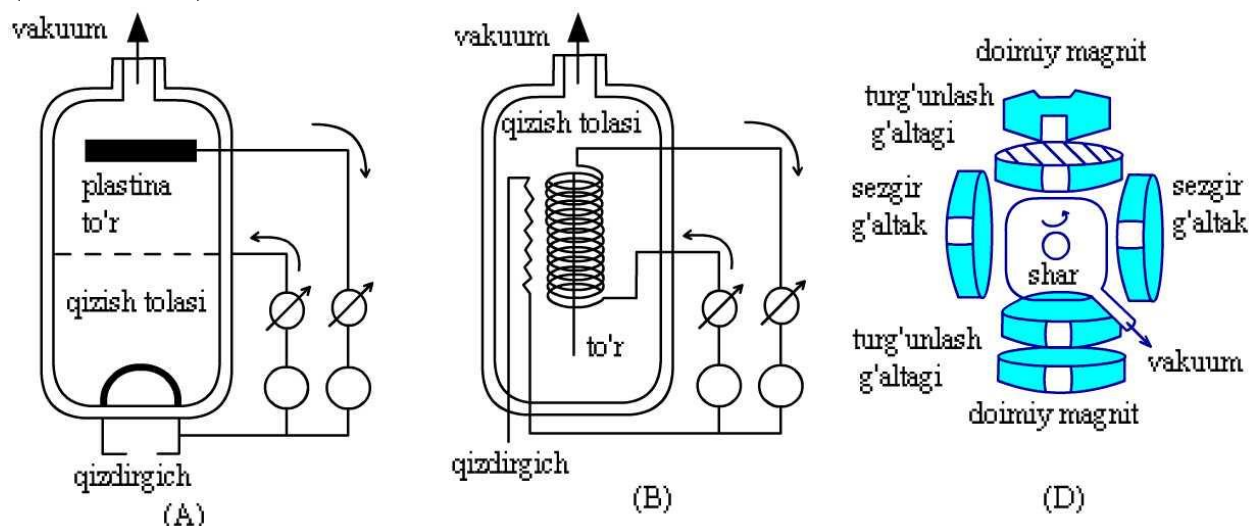
S_r etalon termistor o'z-o'zidan muvozanatlanadigan ko'priknining sxemasiga ulangan, bu ko'priklar tarkibiga shuningdek, R_r, R_1, R_2 va OC rezistorlar ham kiradi. Ko'priklar sxema S_r termistorning haroratini avtomatik tarzda T_r doimiy darajaga olib chiqadi, bu daraja qurshab turuvchi muhitning harorati hech qanday ta'sir ko'rsatmaydigan ko'priklar rezistorlarining qarshiligi bilan belgilanadi. Shuni qayd qilamizki, ko'priklar sxemani muvozanatlash uning yelkalariga nisbatan musbat ulangan zanjirlar yordamida ham, manfiy ulangan zanjirlar yordamida ham amalga oshiriladi. S kondensator sxemada tebranma rejimlarning vujudga kelishiga yo'l qo'ymaydi. Etalon plastinkani qizdirish uchun foydalaniladigan E kuchlanish R_r rezistor orqali sezgir plastinkada joylashgan, R_r rezistorga teng bo'lgan S_r termistorga beriladi. Chiqish kuchlanishi sezgir termistor va ko'priklar nisbatan olinadi. Vakuummetrlar ba'zan ularning sezgir plastinkasini ifloslantirishi mumkin bo'lgan gazlar bilan ishlashiga to'g'ri keladi, shu sababli ularning tarkibiga mos keluvchi filtrlar ham kirishi lozim.



4.20-rasm. O'z-o'zidan qizish rejimida ishlaydigan termistorlarga ega bo'lgan Pirani vakuummetri

Ionizatsion datchiklar. Bunday datchiklar eski radiopriyomniklarda kuchaytirgichlar sifatida foydalaniladigan vakuum lampalarni eslatadi. Plastinka bilan qizdiriladigan tola o'rtasidagi ionlarning toklari deyarli har doim molekulalar zichligiga (bosimga) chiziqli bog'lanadi. Vakuumli datchiklarning lampalari teskari ulanishga ega bo'ladi: to'rga yuqori musbat kuchlanish beriladi, plastinka esa past manfiy kuchlanishga ulanadi. Ionizatsion datchikning chiqish signali plastinkadan olinadigan, bosim va to'rdagi i_g elektronlar tokiga proporsional bo'lgan i_r ionlar toki hisoblanadi. Hozirgi kunda bu datchikning takomillashtirilgan modelidan foydalaniladi, u Bayard-Alpert o'lchagichi deb ataladi. U katta sezgirlik

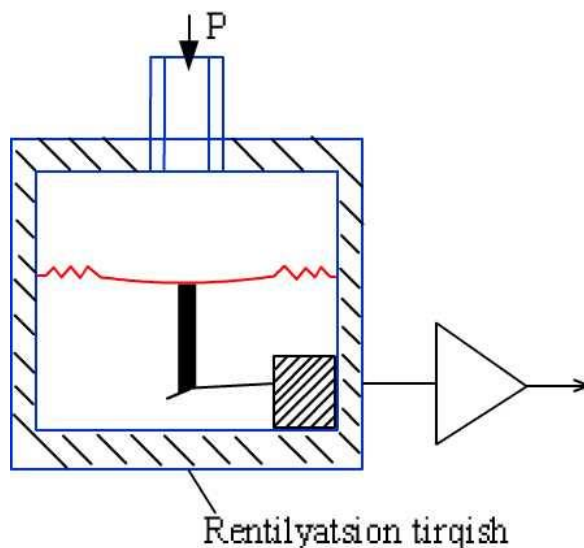
va barqarorlikka ega va juda past bosimlarni o'lchashi mumkin. Uning harakat tamoyili oldingi datchik bilan bir xil, biroq Bayard-Alpert o'lchagichi boshqacha konstruksiyaga ega, unda plastinka to'r bilan qurshab olingan simga almashtirilgan, katodning qizdiriladigan tolasi esa tashqariga olib chiqilgan (4.21B-rasm).



4.21-rasm. (A)-vakuumli ionizatsion datchik, (B)-Bayard-Alpert o'lchagichi, (D)-gaz qarshiligi datchigi

Silfon va membranali bosim datchiklari. Bosim datchiklari tarkibiga kiradigan sezgir elementlar tashqi kuchlanish ta'siri ostida deformatsiyalanadigan mexanik qurilmalar bo'lib hisoblanadi. Bunday qurilmalar Burdon trubkasi (S-simon, spiralsimon va buralgan), gofrilangan va osma diafragma, membranalar, silfonlar va ularning shakli bosim ta'siri ostida o'zgaradigan boshqa elementlar bo'lishi mumkin. 4.22-rasmda aneroid barometrlarda bosimni chiziqli chetlashishga aylantirish uchun qo'llaniladigan diafragma ko'rsatilgan. Bosim kamerasining devorlaridan birini tashkil qiladigan diafragma uning chetlashishini elektr signaliga aylantiradigan tenzodatchikka ulanadi. Hozirgi kunda bunday tipdagi aksariyat datchiklar mikrotexnologiyalar uslubi bilan kremniy membranali qilib ishlanadi.

Membrana - bu yupqa diafragma bo'lib, uning S radial cho'zilishi metrga nyutonlarda o'lchanadi (4.23B-rasm). Bu yerda bukilishda qattqlik koeffitsiyentini hisobga olmaslik mumkin, chunki membrananing qalinligi uning radiusiga qaraganda anchagina kichik bo'ladi (hech bo'lmaganda 200 marta). Membrananing tomonlaridan biriga qo'yilgan bosim uni sferik tarzda bukadi.



4.22-rasm. Bosimni chiziqli ko‘chishga aylantirish uchun qo‘llaniladigan gofrilangan metall diafragma

r bosimning past qiymatlarida membrana markazining z_m chetlashishi va uning a_m mexanik kuchlanganligi bosimning kvazichiziqli funksiyalari bo‘lib hisoblanadi (kuchlanish N/m^2 da o‘lchanadi):

$$Z_{\max} = \frac{r^2 p}{4S} \quad (4.22)$$

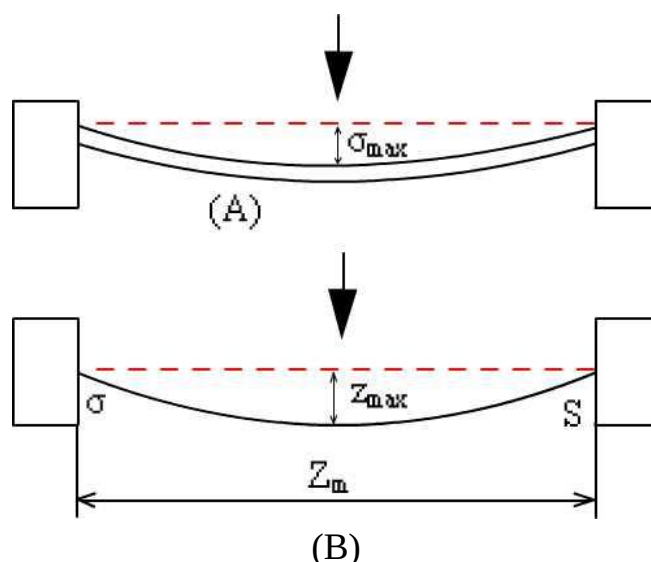
$$\sigma_{\max} \approx \frac{S}{g} \quad (4.23)$$

Bunda r - membrananing radiusi, g - uning qalinligi. Membrananing mexanik kuchlanganligi uning butun yuzasi bo‘ylab doimiy deb hisoblanadi.

Membrananing o‘zining eng kichik chastotasini topish uchun quyidagi munosabatdan foydalanish mumkin:

$$f_o = \frac{1.2}{\pi r} \sqrt{\frac{S}{pg}} \quad (4.24)$$

Bunda r - membrana materialining zichligi. Membrananing qalinligi anchagina katta bo‘lganda, ya’ni $\frac{r}{g} \leq 100$ bo‘lganda, gap *yupqa plastinka* xususida boradi (4.23A -rasm). Agar bunday plastinka ikkita qisuvchi halqalar orasiga mahkamlansa, tizimda halqalar bilan plastinka o‘rtasidagi ishqalanish kuchlari bilan chaqiriladigan sezilarli gisterezis paydo bo‘ladi. Shu sababli plastinka va uni ushlab turadigan elementlarni yaxshisi, monolit konstruksiya ko‘rinishida tayyorlagan ma’qul.



4.23-rasm. (A) -bosim ostida yupqa plastinkaning; (B) - membrananing deformatsiyalanishi

Plastinka uchun xuddi membranada bo'lgani kabi, maksimal chetlashish bosim bilan chiziqli bog'lanadi:

$$Z_{\max} = \frac{2(1 - \nu^2)r^2 p}{16 E g^2} \quad (4.25)$$

Bunda E - Yung moduli (N/m²), ν - Puasson koeffitsiyenti.

Plastinkada maksimal mexanik kuchlanganlik ham bosimning chiziqli funksiyasi bo'lib hisoblanadi:

$$\sigma_{\max} \approx \frac{3r^2 p}{4 g^2} \quad (4.26)$$

(4.23)-(4.24) va (4.25)-(4.26) tenglamalarda ishlab chiqiladigan bosim datchigi membrana yoki plastinkaning chetlashishini o'lchaydi, deb faraz qilinadi. Shu sababli olingan chetlashishni elektr signaliga aylantirish uslubini tanlash zarur bo'ladi. Buni bir nechta usullar bilan bajarish mumkin.

Sig'imli bosim datchiklari. Sig'imli bosim datchiklari ham kremniyli diafragmalar asosida amalga oshiriladi. Bunday datchiklarda diafragmaning tayanch plastinkaga nisbatan siljishi ular o'rtasidagi sig'imni o'zgartiradi. Sig'imli datchiklar unchalik yuqori bo'lmagan bosimlarda ko'proq samarali ishlaydi. Kremniy kristallaridan tayyorlangan monolit sig'imli bosim datchiklari ishchi tavsiflarning maksimal barqarorligi bilan ajralib turadi. Diafragmaning siljishi keng qiymatlar diapazonida sig'imning 25% ga o'zgarishini ta'minlashi mumkin, bu o'lchashlarning natijalarini to'g'ridan-to'g'ri raqamlashtirish imkonini beradi. Pyezorezistiv datchiklarda foydalaniladigan diafragmalar uchun chekkalarda maksimal mexanik kuchlanganlikni ta'minlash zarur bo'lgani holda, sig'imli datchiklardagi diafragmalar uchun ularning markaziy qismining siljishi ahamiyatli bo'ladi. Sig'imli datchiklarda diafragmalar oshiqcha bosimdan diafragmaning har

ikkala tomonidan mexanik cheklagichlar yordamida himoya qilingan bo'lishi mumkin (differensial bosim datchiklarida). Pyezorezistiv datchiklarda siljishlarning unchalik katta bo'lmashligi sababli himoyalashning bunday usuli, taassufki, yetarlicha samarali bo'lmaydi, shu sababli ular uchun uzilish bosimi aniqlanadi, u maksimal o'lchanadigan bosimdan 10 marta katta bo'ladi, mexanik cheklagichlarga ega bo'lgan sig'imli datchiklar uchun bu kattalik 100 martaga oshiq bo'ladi. Bu, ayniqsa, past bosimlar sohasida ishlashda muhim bo'ladi.

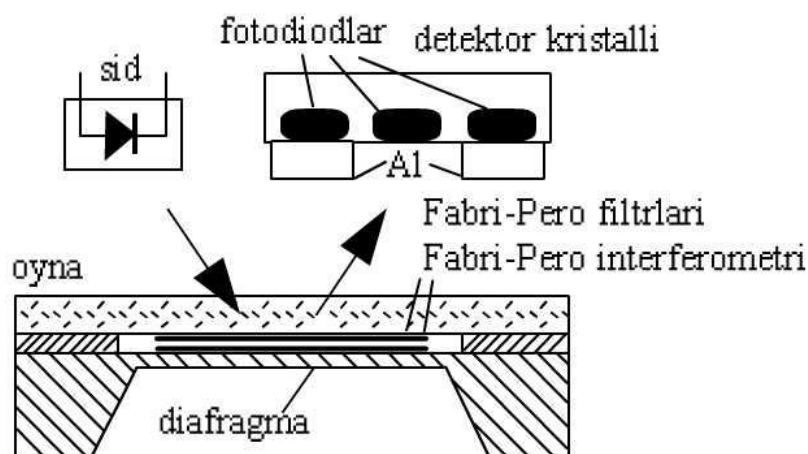
Sig'imli datchiklarning yaxshi chiziqliligini ta'minlash uchun diafragmalar markaziy qismida tekis yuzaga ega bo'lishi zarur. Sig'imli datchiklar faqatgina diafragmalarning siljishi ularning qalinligiga qaraganda anchagina kichik bo'lganda chiziqlilikka ega bo'ladi, deb hisoblanadi. Chiziqlilikni yaxshilash usullaridan biri mikrotexnologiyalar uslublari bilan tayyorlangan gofrilangan diafragmalardan foydalanishdir. Planar diafragmalar odatda, xuddi o'sha o'lcham va qalinlikdagi gofrilangan diafragmalarga qaraganda yaxshiroq tenzosezgirlikka ega bo'ladi. Biroq tizimda yassi cho'zuvchi kuchlanishlar mavjud bo'lganda gofrilangan diafragmalarning bukilgan joylari ulami anchagina zaiflashtiradi. Bu bunday datchiklarning chiziqliligi va sezgirligining anchagina yaxshilanishiga olib keladi.

Optoelektron bosim datchiklari. Past bosimlarni o'lchashda yoki dinamik diapazonni oshirish kerak bo'lganda qalin membranalar qo'llaniladi, yechim va aniqlikning berilgan qiymatlarini olish uchun diafragmaning siljishi yetarli bo'lmashligi mumkin. Buning ustiga, aksariyat pyezoristiv va ba'zi bir sig'imli datchiklarning ishchi tavsiflari haroratga yetarlicha kuchli darajada bog'liq bo'ladi, bu haroratni kompensatsiyalash uchun qo'shimcha zanjirlardan foydalanishni talab qiladi. Optik o'lchash uslublari bosimni detektorlashning boshqa usullariga qaraganda bir qator afzalliklarga ega: bularga oddiylik, haroratga past sezgirlik, yuqori yechish qobiliyati va yuqori aniqlik kiradi. Yorug'lik interferensiyasi hodisasi asosida amalga oshirilgan optoelektron datchiklar, ayniqsa istiqbolli bo'lib hisoblanadi. Bunday datchiklar Fabri-Pero kichik siljishlarini o'lchash tamoyilidan foydalanadi. 4.24-rasmda shunday datchiklardan birining soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan.

Datchikning tarkibiga quyidagi tarkibiy qismlar kiradi: optik bosim datchigining passiv kristalli, kremniy taglikka o'rnatilgan diafragma, yorug'lik nurlatuvchi diod va detektor kristalli. Detektor uchta $p-n$ fotodiodlardan tashkil topgan, ulardan ikkitasiga qalinlik bo'yicha unchalik katta farqqa ega bo'lmagan Fabri-Pero optik filtrlari o'rnatilgan. Bu filtrlar o'zida oldingi yuzadan qaytadigan nurlarni qabul qiladigan, ularning yuzasiga yupqa Al surkalgan SiO_2 qoplama qoplangan kremniy oynalarni taqdim qiladi. Optik datchik sig'imli bosim datchigiga juda o'xshaydi, faqat unda kondeksator diafragmaning chetlashishini

o'lchash uchun mo'ljallangan Fabri- Pero interferometri bilan almashtirilgan.

Monokristall taglikka eritib quyish yo'li bilan mahkamlangan diafragma yupqa metall qatlami bilan qoplangan. Shisha plastinkaning pastki tomoniga ham yupqa metall qatlami surkalgan. Shisha plastinka bilan kremniy taglik o'rtasida ikkita prokladka bilan olinadigan w kenglikdagi tirqish mavjud. Metalning ikkita qatlami o'zgaruvchan w havo tirqishiga ega bo'lgan Fabri-Pero interferometrini shakllantiradi, uning tarkibiga quyidagilar kiradi: membranada joylashgan, bosim o'zgarganda o'zining holatini o'zgartiradigan siljuvchan oyna, unga parallel bo'lgan statsionar yarim shaffof oyna, bu oyna shisha plastinkaga o'rnatiladi. w kattalik tashqi bosim bilan chiziqli bog'lanishga ega bo'lishi sababli qaytarilgan nurning to'lqin uzunligi bosim o'zgarishi bilan o'zgaradi. Datchikning harakat tamoyili tushadigan va qaytarilgan nurlarni qo'shishdan olinadigan to'lqin uzunligining modulyasiyasini o'lchashga asoslanadi. Davriy intenferension signalning chastotasi interferometrning ishchi bo'shlig'ining w kengligi bilan belgilanadi, uning davri esa $\frac{1}{2} w$ ga teng bo'ladi.



4.24-rasm. Yorug'lik interferensiyasi tamoyilidan foydalanadigan optoelektron bosim datchigining sxemasi

Detektor uning chiqish signali qo'yilgan bosimga bog'liq bo'ladigan demodulyator kabi ishlaydi. U datchikning ishchi kamerasining balandligini ikkita Fabri-Pero filtrlarining balandligidagi farq hisobiga shakllantirilgan virtual kameraning qalinligi bilan taqqoslaydigan optik komparator bo'lib hisoblanadi. Bu kameralarning o'lchamlari teng bo'lganda fotodetektorning toki maksimal bo'ladi. Bosim o'zgarganda fototokni nurlatish manbaining o'rtacha to'lqin uzunligining yarmiga mos keladigan kosinusli modulyasiyalash sodir bo'ladi. Filtrsiz fotodioddan detektorga kelib tushadigan yorug'likning to'liq intensivligini kuzatib boradigan etalon diod sifatida foydalaniladi. Uning chiqish kuchlanishi keyinchalik signallarga ishlov berishda o'lchashlarning me'yorlangan natijalarini olish uchun qo'llaniladi. Ko'rib chiqilayotgan bosim datchigi noxiziqli bo'lib hisoblanishi sababli u odatda, unga uni chiziqlashtirish funksiyasi yuklatilgan mikroprotsessorli

tizimga kiritiladi. Xuddi shunday bosim datchiklari optik tolali svetovodlar asosida amalga oshiriladi. Bunday datchiklar erishish qiyin bo'lgan, yuqori chastotali interferometrlardan foydalanishning iloji bo'lmagan zonalarida o'lchashlarni o'tkazishda juda qo'l keladi.

Nazorat savollari:

1. Temperatura datchiklari haqida tushuncha va ularning turlari.
2. Akustik harorat datchiklarining tarkibiy qismlarini sanab bering.
3. Optoelektron bosim datchiklari haqida ma'lumot bering.
4. Silfon va membranali bosim datchiklari ishlash prinsipini tushintirib bering.
5. Membrana – bu?
6. Hozirgi kunda qanday harorat datchiklari eng keng tarqalgan?
7. Haroratni o'lchashning qanday asosiy uslublari mavjud.
8. Termorezistiv datchiklarning asosiy yutuqlarini sanab bering.
9. Pirani vakuummetrlari haqida ma'lumot bering?
1. Flouressent datchiklarda sezgir element sifatida nima ishlatiladi?
2. Rezistiv harorat datchiklarining qanday turlari mavjud?
3. Kontaktli va kontaksiz datchiklarning asosiy farqi nimada?
4. Sig'imli ko'chish datchiklari nima uchun ko'p qo'llaniladi?
5. Termistor tomonidan issiqlikning yutilish tezligi qanday aniqlanadi?

4.3. Namlik va kimyoviy datchiklar

Namlik haqida asosiy tushunchalar. Suv qurshab turuvchi havo tarkibiga kiradi va barcha tirik mavjudotlar odamlar va jonivorlar uchun hayotiy zaruriy modda bo'lib hisoblanadi. Qurshab turuvchi shart-sharoitlarning qulayligi asosan, ikkita omil nisbiy namlik va harorat bilan belgilanadi. Siz o'zingizni bu yerda qishda havo juda quruq bo'ladigan Sibirda -30°C haroratda juda yaxshi his qilishingiz, biroq ko'l bo'yida joylashgan hududda 0°C haroratda o'zingizni yaxshi his qilmasligingiz mumkin, chunki bu erda namlik juda yuqori (tabiiyki, bu yerda faqatgina iqlim omillari hisobga olinmoqda va bu iqtisodiy, madaniy-maishiy va siyosiy omillarga aloqador bo'lmaydi). Ko'pgina qurilmalarning ishlashi ham (yuqori impedansli elektron sxemalar, elektrostatik sezgir elementlar, yuqori kuchlanishli asboblari va hokazolar) namlik darajasiga kuchli darajada bog'liq bo'ladi. Qoidaga ko'ra, asboblarning barcha tavsiflari 50% nisbiy namlik va $20-25^{\circ}\text{C}$ haroratda aniqlanadi. Xuddi shunday shart-sharoitlarni ishchi xonalarda ham ushlab turish tavsiya qilinadi (to'g'ri, bu yerda ba'zi bir istisnalar qilinadi, masalan, A klassidagi ishlab chiqarish xonalarida namlik 38%, kasalxonalarining jarrohlik xonalarida esa 60% bo'lishi lozim). Namlik ko'pchilik ishlab chiqarilayotgan buyumlar va materiallarning tarkibiga kiradi. Shuni aytish mumkinki, har qanday mamlakatning yalpi milliy mahsulotining katta qismini suv

tashkil qiladi.

Namlikni o'lchash uchun gigrometr deb ataluvchi priborlardan foydalaniladi. Birinchi gigrometr Djon Lesli (1760-1832) tomonidan yaratilgan. Gigrometring sezgir elementi suv konsentratsiyasining o'zgarishiga tanlanma tarzda reaksiya ko'rsatishi lozim. Uning reaksiyasi ichki xususiyatlarining o'zgarishi bo'lishi mumkin. Namlik va shudring nuqtasi haroratini o'lchash uchun mo'ljallangan datchiklar sig'imli, elektr o'tkazuvchan, vibratsion va optik datchiklar bo'lishi mumkin. Optik gaz datchiklari shudring nuqtasini aniqlaydi, optik gigrometrlar esa 1,9-2,7 mkm intervalda yaqin IQ diapazon nurlanishlarining yutilishi bo'yicha organik eritmalaridagi suv miqdorini o'lchaydi.

Namlik va suv miqdorini miqdoriy aniqlash uchun turlicha birliklar qo'llaniladi. SI tizimida gazlarning namligi ba'zan bir kub metrda bug' miqdori (g/m^3) sifatida ifodalanadi. Suyuqliklar va qattiq jismlarda suvning miqdori odatda, umumiy massadan foizlarda beriladi. Qiyin aralashadigan suyuqliklarda suv miqdori million og'irlik ulushiga suvning ulushi (*ppm*) sifatida aniqlanadi.

Bir nechta foydali ta'riflarni keltiramiz.

Namlik - bu suyuqlik yoki qattiq jismning tarkibida bo'lgan, moddaning kimyoviy xususiyatlarini o'zgartirmasdan chiqarib yuborish mumkin bo'lgan suv miqdori dir. *r solishtirma namlik* - bu quruq gazning massa birligidagi suv bug'larining massasidir.

Absolyut namlik (suv bug'larining massa konsentratsiyasi yoki zichligi) - bu nam gazning v hajm birligidagi suv bug'larining m , massasidir:

$d_w = \frac{m}{v}$ Boshqacha qilib aytganda, absolyut namlik - bu suv bug'larining zichligidir. Uni aniqlash uchun gazning, masalan, havoning, ma'lum bir miqdori ushbu protseduradan oldin va keyin tortib o'lchanadigan namlikni yutadigan material (masalan, silikatel) orqali o'tkaziladi. Absolyut namlik g/m^3 larda o'lchanadi. Bunday o'lchashlarning natijalariga atmosfera bosimi ta'sir ko'rsatishi sababli, ular muhandislik amaliyotida kam qo'llaniladi.

N nisbiy namlik - bu havodagi qandaydir-bir haroratda o'lchangan P_w suv bug'lari bosimining xuddi o'sha haroratdagi to'yingan bug'ning P_v parsial bosimiga nisbatidir. Nisbiy namlik (RH) har doim foizlarda aniqlanadi:

$$N = 100 \frac{P_w}{P_v} \quad (4.27)$$

N kattalik bug' miqdorini suv bug'larining uning to'yinishi sodir bo'ladigan konsentratsiyasidan (ya'ni berilgan haroratda suv tomchilari (shudring) hosil bo'lishi) foiz ko'rinishida ifodalanadi. Nisbiy namlikning yana bir ta'rifi

mavjud: nisbiy namlik bu berilgan hajmdagi suv bug‘larining mol ulushining xuddi o‘sha hajmdagi to‘yingan suv bug‘larining mol ulushiga nisbatidir. Nam havoning P_w parsial bosimi va quruq havoning P_a parsial bosimining yig‘indisi yopiq hajmdagi bosimga yoki bu hajm yopiq bo‘lmaganda P_m atmosfera bosimiga teng bo‘ladi:

$$P_w + P_a = P_{atm} \quad (4.28)$$

Qaynash nuqtasidan yuqori haroratda suv bug‘lari berilgan hajmdan qolgan barcha gazlarni siqib chiqaradi. Shunda butun atmosfera faqatgina oshiqcha qizdirilgan bug‘dan tashkil topadi. Bunday holda $P_w = P_{atm}$ bo‘ladi. 100°C dan oshiq haroratlarda P_s har doim P_{atm} dan yuqori bo‘ladi va maksimal nisbiy namlik hech qachon 100% ga erisha olmaydi. Normal atmosfera bosimi va 100°C haroratda maksimal nisbiy namlik 100% ga teng bo‘ladi, 200°C haroratda esa u bor-yo‘g‘i 6% ni tashkil qiladi. 374°C dan yuqori haroratda to‘yingan bug‘larning bosimi termodinamik jihatdan aniqlanmagan.

Shudring nuqtasi - bu suv bug‘larining parsial bosimi maksimal bo‘lib qoladigan haroratdir, bu bug‘ning bug‘ va suvning suyuq fazasi muvozanatda bo‘ladigan to‘yingan holatiga mos keladi. Shudring nuqtasi bu havoning nisbiy namligi 100% ga teng bo‘ladigan haroratdir. Boshqacha qilib aytganda, shudring nuqtasi havoning u maksimal namlikka ega bo‘ladigan haroratini belgilaydi. Havo shudring nuqtasiga qadar sovuganda u to‘yingan bo‘lib qoladi, bu tuman, shudring yoki qirov tushishiga olib kelishi mumkin.

Muzlash nuqtasini-gaz va suv bug‘larining aralashmasi izobarik sovutilganda (doimiy bosimda) qirov yoki muz hosil bo‘ladigan (kondensatsiyaianish bosqichini bosib o‘tmasdan) harorat sifatida ta’riflash mumkin.

Quyidagi tenglamalardan foydalanish bilan, nisbiy namlik va haroratning kattaligi bo‘yicha shudring nuqtasini (DP) aniqlash mumkin. Barcha haroratlar $^\circ\text{C}$ da ifodalangan bo‘lishi lozim. Suvning yuzasi ustidagi to‘yingan bug‘larning bosimini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$EW = 10^{\frac{0,66077 + 7,5t}{237 + t}}$$

Shunda shudring nuqtasi quyidagi approksamatsion formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$DP = \frac{237,3(0.66077 - \log_{10} EW_{RH})}{\log_{10} EW_{RH} - 0,16077} t \quad (4.29)$$

Bunda

$$EW_{RH} = \frac{(EW)(RH)}{100} \quad (4.30)$$

Nisbiy namlik haroratga teskari proporsional bo'ladi. Shudring nuqtasi odatda, sovuq oyna yordamida aniqlanadi. Biroq 0°C dan past bo'lgan shudring nuqtasi haroratida bunday o'lchashlar noaniq bo'lib qoladi, chunki suv muzlaydi, bu asta-sekin qor parchalarini eslatadigan kristall panjara hosil bo'lishiga olib keladi. Shunga qaramasdan, noldan past haroratlarda suv hali uzoq vaqt suyuq fazada qolishi mumkin. Bu vaqt tarkibning aralashuvi, konveksiya tezligi, gazning harorati, ifloslanish va hokazolarga bog'liq bo'ladi. 4.1-jadvalda to'yingan tuz eritmalarining nisbiy namligi ko'rsatilgan.

To'yingan tuz eritmalarining nisbiy namligi

4.1- jadval

Tempera ture	(LiCl,H ₂ O)	(MgCl,6H ₂ O)	(Mg(NO ₃) ₂ , 6H ₂ O)	(NaCl, 6H ₂ O)	K ₂ SO ₄	
15	13	33,6±0,3	58	75,7±0,3	98,5±0,9	
10	13	33,5±0,2	57	75,7±0,2	98,2±0,8	
15	12	33,3±0,2	56	75,6±0,2	97,9±0,6	
20	12	33,1±0,2	55	75,5±0,1	97,6±0,5	
25	11,3±0,3	32,8±0,3	53	75,3±0,1	97,3 ±0,5	
30	11,3±0,2	32,4±0,1	52	75,1±0,1	97,0±0,4	
35	11,3±0,2	32,1±0,1	50	74,9±0,1	96,7±0,4	
40	11,2±0,2	31,6±0,1	49	74,7±0,1	96,4±0,4	
45	11,2±0,2	31,1±0,1	M	74,5±0,2	96,1±0,4	
50	11,1±0,2	30,5±0,1	46	74,6±0,9	95,8±0,5	
55	11,0±0,2	29,9±0,2	-	74,5±0,9	-	

Namlikning sig'imli datchiklari. Havo tirqishiga ega bo'lgan kondensatorlardan nisbiy namlik datchiklari sifatida ham foydalanish mumkin, chunki havoning dielektrik singdiruvchanligi atmosferadagi suv bug'lari miqdoriga bog'liq bo'ladi:

$$K = 1 + \frac{211}{T} \left\{ P + \frac{48 P_s}{T} H \right\} \cdot 10^{-6} \quad (4.31)$$

Bunda T - absolyut harorat (Kelvinlarda); P - nam havoning bosimi (mm simob ustuni); P_s - T haroratda to'yingan suv bug'larining bosimi (mm simob ustuni); H- nisbiy namlik (% larda).

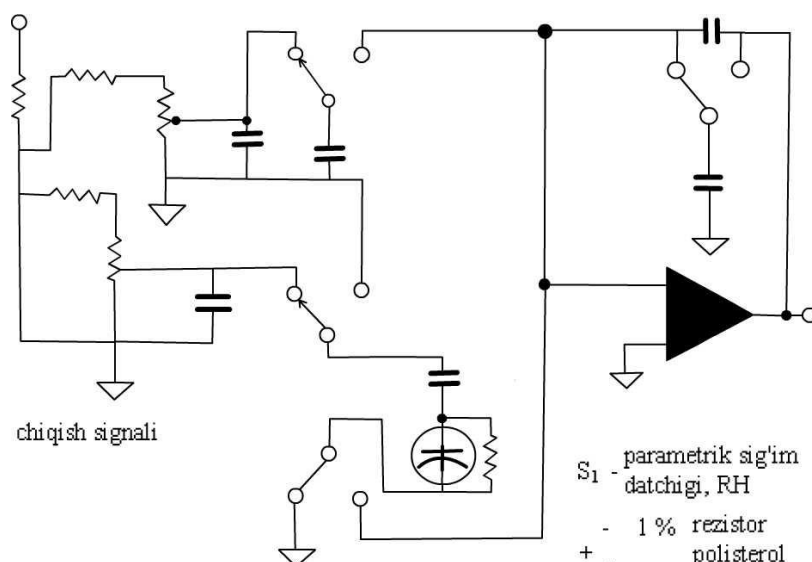
(4.31) tenglamadan ko'rinib turibdiki, nam havoning dielektrik singdiruvchanligi uning sig'imi nisbiy namlikka proporsional bo'ladi. Kondensatorning plastinkalari orasidagi kenglik havo bilan emas, balki uning

singdiruvchanligi qurshab turuvchi muhitning namligiga kuchli darajada bog'liq bo'lgan mos keluvchi dielektrik material bilan to'ldirilishi mumkin. Masalan, ikki tomonidan metall elektrodlar kiritilgan gigroskopik polimer plyonka asosida ishlangan sig'imli datchiklar mavjud. Bunday datchikning sig'imi N nisbiy namlikka deyarli proporsional bo'ladi:

$$C_h \approx C_o(1 + a_h H) \quad (4.32)$$

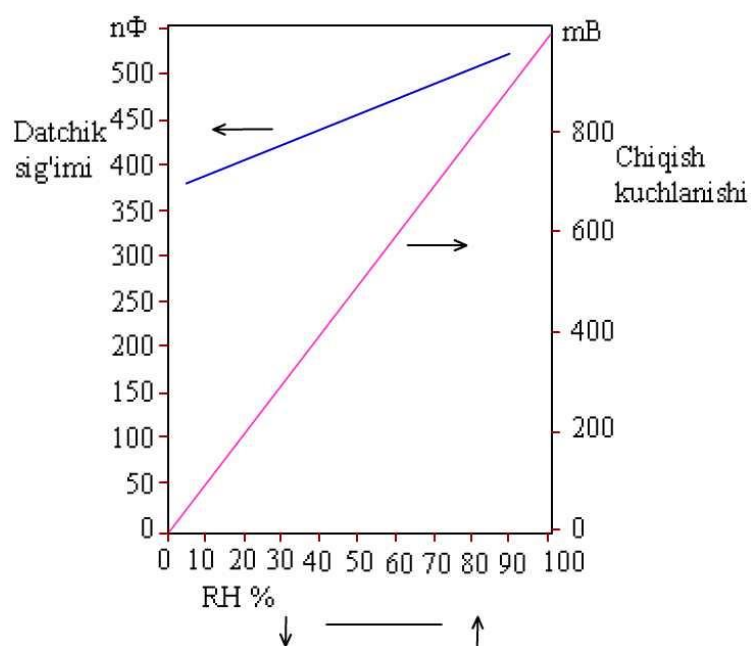
Bunda $C_o - N = 0$ bo'lgandagi sig'ini.

4.25-rasmda sig'imli datchik yordamida havoning nisbiy namligini 5-90% daipazonda 2% aniqlik bilan o'lchash sxemasi ko'rsatilgan. 4.26-rasmda esa datchik va interfeysli sxemaning uzatish tavsiflari keltirilgan. Datchikning nominal sig'imi 75% RH da 500 pF ni tashkil qiladi. U namlik nolga teng bo'lganda 370 pF ga teng bo'lgan siljish va 1,7pF/RH egilishga ega bo'lgan kvazichiziqli uzatish funksiyasiga ega. Rasmda ko'rsatilgan sxema ikkita funksiyani bajaradi: sig'imni kuchlanishga aylantiradi va RH ning nolinci darajasida nolli chiqish signalini olish uchun siljish sig'imini kompensatsiyalaydi. Sxemaning asosiy qismi avtosinxronlashishga ega bo'lgan, bir nechta kondensatorlarni yig'indilash nuqtasi - OK ning kirishiga (bu nuqta ba'zan virtual yer deb ataladi) ulaydigan LT1043 analogli kalit bo'lib hisoblanadi. s_1 kondensatordan siljish sig'imini kompensatsiyalash uchun foydalaniladi, s_2 kondensator esa s_1 sig'imli datchik bilan ketma-ket ulanadi. Datchikdagi o'rtacha kuchlanish nolga teng bo'lishi lozim, aks holda elektrokimyoviy jarayonlar uni ishdan chiqarishi mumkin. Qutblanmagan s_2 kondensator datchikni statik elektr tokidan himoya qiladi. R_2 o'zgaruvchan rezistor datchikka keladigan tokning kattaligini tartibga soladi, R_1 esa siljish tokini rostlaydi. OS zanjirda turadigan s_3 kondensatordan natijalovchi zaryadni integratsiyalash uchun foydalaniladi, s_4 kondensator esa OU yig'indilash nuqtasi datchikdan uzilgan paytda chiqish kuchlanishining darajasini o'zgarmas qilib ushlab turadi.



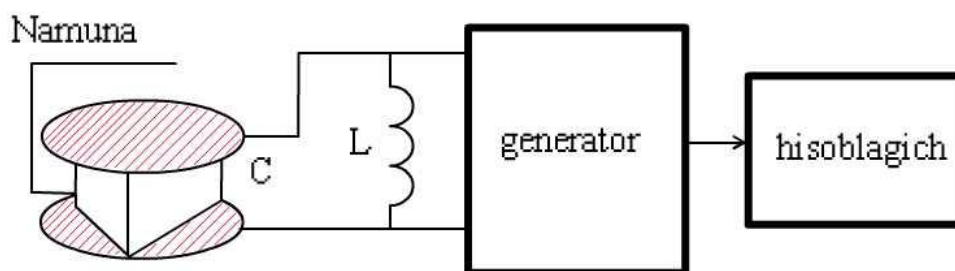
4.25-rasm. Sig'imli datchik yordamida namlikni o'lchashning soddalashtirilgan sxemasi

Xuddi shunday ifodadan turli materiallarning namunalaridagi namlik miqdorini aniqlash uchun foydalanish mumkin. 4.27-rasmda sig'imli o'ichashlar tizimining sxemasi ko'rsatilgan, unda namunaning dielektrik singdiruvchanligining o'zgarishi generator chastotasining o'zgarishiga olib keladi. Namlikni o'lchashning bu uslubi farmatsevtika mahsulotlarini nazorat qilish tizimlarida keng qo'llaniladi. Aksariyat tabletkalarning dielektrik singdiruvchanligi suvga nisbatan anchagina past. Tadqiq qilinadigan material namunasi LC tebranish konturiga ulangan kondensatorni hosil qiladigan ikkita plastinka orasiga joylashtiriladi. Hisoblagich (schyotchik) u bo'yicha namlik kattaligi aniqlanadigan chastotani o'lchaydi. Qurshab turuvchi muhitning harorat va atmosferaning namligi kabi parametrlarining ta'sirini kamaytirish uchun differensial datchiklardan foydalanish tavsiya qilinadi. Bu holda $\Delta f = f_o - f_1$ chastotalar farqi o'lchanadi, bunda f_o - konteyner bo'sh bo'lganda o'lchangan chastota, f_1 esa - tadqiq qilinadigan material bilan to'ldirilgan konteyner bilan o'lchangan chastota. Bu uslub bir qator cheklashlarga ega: namlik 0,5% dan past bo'lganda u juda noaniq, namuna nisbatan yuqori dielektrik singdiruvchanlikka ega bo'lgan begona zarrachalardan tozalanishi lozim (masalan, metall va plastikdan), shuningdek, tajribani o'tkazish paytida namunaning geometriyasi o'zgarmasligi lozim.



4.26-rasm. Sig'imli datchik va tizimning uzatish funksiyasi

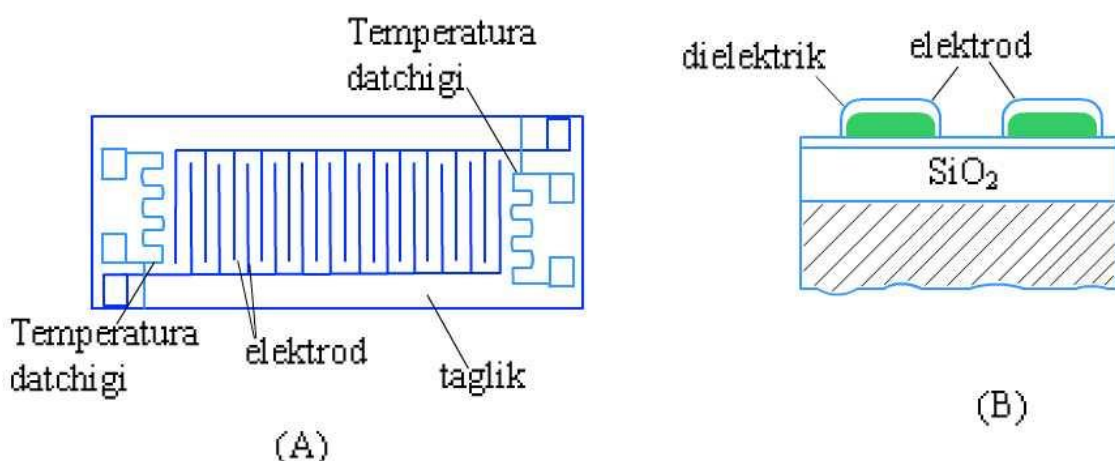
Yupqa plyonkali sig'imli namlik datchigi (Si) kremniy taglikda ishlanishi mumkin (4.28-rasm). Buning uchun n-tipidagi kremniy taglikda 3000 mkm qalinlikdagi SiO_2 qatlam yetishtiriladi va unga (Al) alyuminiydan, (Cr) xromdan yoki (P) fosfor bilan legirlangan polikremniydan tayyorlangan ikkita elektrod kiritiladi, buning uchun gaz fazasidan o'tirg'izish uslubi qo'llaniladi, u past bosimda o'tkaziladi. Qurshab turuvchi haroratning o'zgarishlarini qo'shimcha kompensatsiyalash uchun xuddi o'sha taglikning o'zida ikkita termosezgir rezistor shakllantiriladi. Datchikning yuqorigi qismiga 300-4000 mkm qalinlikdagi dielektrik qatlam qoplanadi, uni olish uchun turli materiallardan, masalan, gaz fazadan kimyoviy o'tirg'izilgan SiO_2 yoki fosforli silikat shishadan foydalanish mumkin.



4.27-rasm. Sig'imli namlikni o'lchash tizimi

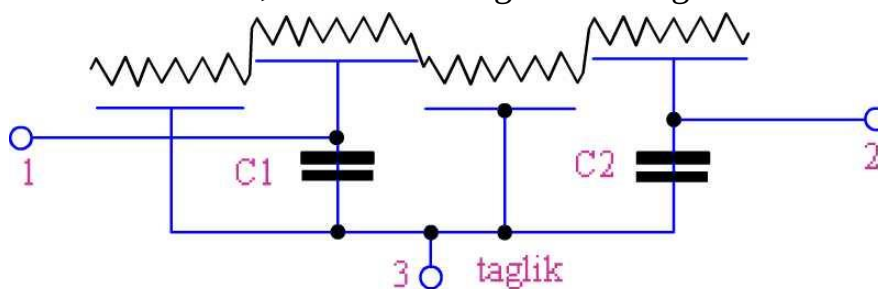
4.29-rasmda yupqa plyonkali namlik datchigining soddalashtirilgan ekvivalent sxemasi ko'rsatilgan. Sxemaning har bir tarkibiy qismi RC uzatishlar liniyasining elementi bo'lib hisoblanadi. Nisbiy namlik oshganda yuza qarshiligining taqsimlanishi kamayadi, 1 va 2 chiqishlar o'rtasidagi ekvivalent sig'im esa ortadi. Sig'imning kattaligi chastotaga bog'liq bo'ladi. Shundan kelib chiqqan holda namlikning past qiymatlarini o'lchashda chastota 100 Gs atrofida

bo'lishi lozim, namlikning katta qiymatlari uchun esa uni 1-10 kGs oraliqda tanlash lozim bo'ladi.



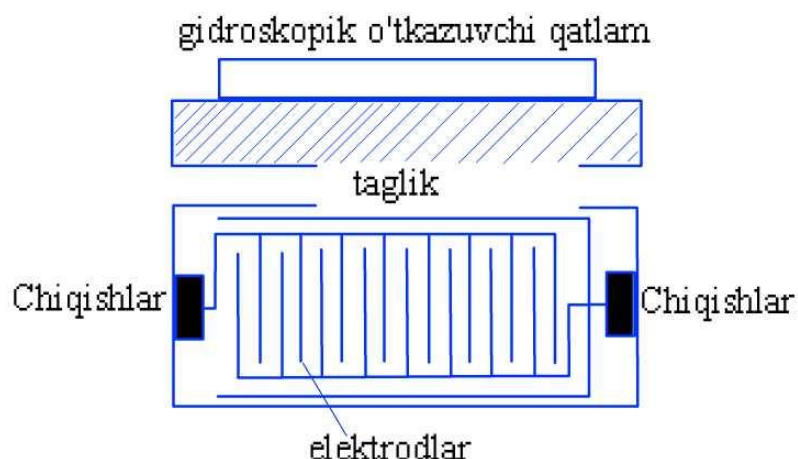
4.28-rasm. Sig'imli yupqa plyonkali namlik datchigi.

A - kondensatorning plastinkalarini shakllantiradigan taroqsimon elektrodlar; B - datchikning ko'ndalang kesimi



4.29-rasm. Sig'imli yupqa plyonkali namlik datchigining soddalashtirilgan ekvivalent elektr sxemasi

Rezistiv namlik datchiklari. Ko'pgina nometall o'tkazgichlarning qarshiligi asosan ulardagi suvning miqdoriga bog'liq bo'ladi. Rezistiv namlik datchiklari yoki gigristorlar ana shu tamoyil asosida ishlanadi. 4.30-rasmda gigristorning sxemasi ko'rsatilgan. Unda nisbatan past solishtirma qarshilikka ega bo'lgan, qurshab turuvchi muhitning namligiga kuchli darajada bog'liq materialdan foydalaniladi. Bunday material qatlami etarlicha katta maydonda ikkita taroqsimon elektrodning ustiga qoplanadi. U suv molekula-larini yutganda elektrodlar o'rtasidagi qarshilik o'zgaradi, bu elektron sxema yordamida qayd qilinadi. Bunday tipdagi birinchi datchik 1935-yilda F.V. Danmor tomonidan amalga oshirilgan. Lining gigroskopik plyonkasi LiCl ning 2-5% li suvdagi eritmasidan tashkil topgan. Gigristorlar uchun plyonka sifatida ba'zan solishtirma yuza qarshiligining talab qilinadigan qiymatlarini olish uchun oltingugurt kislotasi bilan ishlov berilgan polistirol qo'llaniladi.



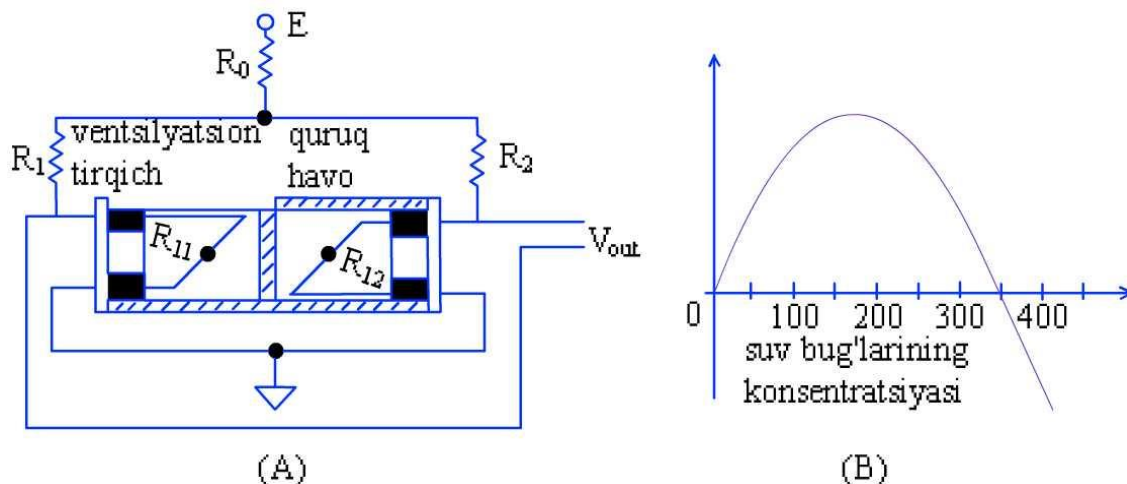
4.30-rasm. Gigristorning sxemasi

Gigristor plyonkalarini tayyorlash uchun boshqa bir istiqbolli material qattiq polielektrolitlar bo'lib hisoblanadi, chunki ularning elektr o'tkazuvchanligi namlikka kuchli darajada bog'liq bo'ladi. Bunday elementlarning uzoq muddatli barqarorligi va ishonchli ishlashini bir-biriga singuvchi polimer zanjirlardan, shuningdek, mos keluvchi konstruksion materiallardan foydalanish bilan anchagina yaxshilash mumkin. Bunday plyonkaning eksperimental namunasida 1 kHz chastotada o'tkazilgan o'lchashlarda RH 0 dan 90% gacha o'zgarganda uning impedansi $10\text{ M}\Omega$ dan $100\text{ M}\Omega$ gacha kamayishi ko'rsatilgan.

Termistorli namlik datchiklari. Termistorlar asosida amalga oshirilgan datchiklar namlikni gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligining o'zgarishi bo'yicha o'lchaydi (4.31A-rasm). Bunday datchiklar korpus orqali issiqlik o'tkazuvchanlik hisobiga issiqlik yo'qolishini kamaytirish uchun juda ingichka simlar yordamida mahkamlangan ikkita mittigina R_1 va R_2 termistorlardan tashkil topadi. Tadqiq qilinadigan gaz unchalik katta bo'lmagan ventilyasiya teshiklari orqali chapdagi termistorga ta'sir ko'rsatadi, bunda o'ng termistor quruq havoli germetik kameraga joylashtiriladi. Har ikkala termistor ko'priqli sxemaga ulanadi, unga +E kuchlanish beriladi. Termistorlar orqali tok oqib o'tganda ularning harorati qurshab turuvchi muhitning haroratiga nisbatan 170°C gacha ortadi. Ko'priqni muvozanatlash quruq havo sharoitlarida o'tkaziladi, muvozanatlangan holatda chiqish kuchlanishi nolga teng bo'lishi lozim. Havoning absolyut namligi nolli qiymatdan chetlashganda chiqish kuchlanishining asta-sekin ortishi sodir bo'ladi. Biroq bug'larning 150 g/m^3 konsentratsiyasida u pasaya boshlaydi, 345 g/m^3 konsentratsiyada esa u hatto o'zining qutbini o'zgartiradi (4.31B-rasm).

Optik gigrometr. Ko'pgina namlik datchiklari unchalik yaxshi qayta yaratuvchanlikka ega bo'lmaydi. Masalan, ularning gisterezisining kattaligi 0,5-1% RH ni tashkil qiladi. Shu sababli ular yordamida pretsizion o'lchashlarni o'tkazib bo'lmaydi, Ushbu maqsadlar uchun namlikni aniqlashning bilvosita uslublarini qo'llash talab qilinadi. Ulardan eng samaralisi, absolyut va nisbiy namlikni

shudring nuqtasining harorati bo'yicha hisoblash bo'lib hisoblanadi.



4.31-rasm. O'z-o'zidan qiziydigan termistorlarga ega bo'lgan absolyut namlik datchigi. A - sxemasi va ulanishi.

B - chiqish kuchlanishining namlikka bog'lanishi

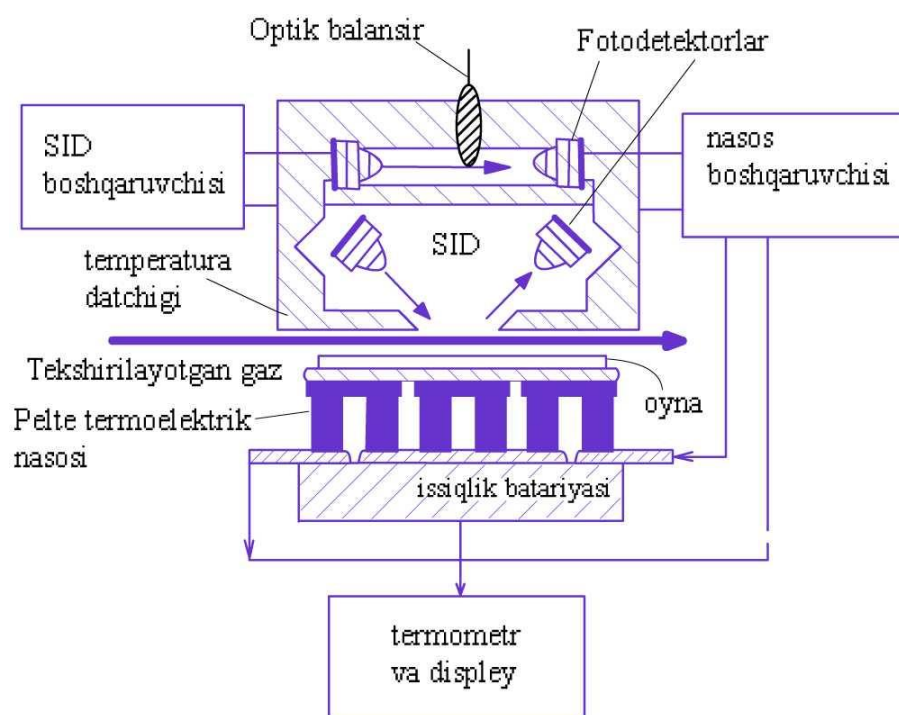
Avval ko'rsatib o'tilganidek, shudring nuqtasi suvning (mazkur holatda har qanday moddaning) suyuq va gaz fazalari muvozanatda bo'ladigan harorat bo'yicha aniqlanadi. Suvning bug' va qattiq fazalari termodinamik muvozanat holatida bo'ladigan harorat muzlash nuqtasi deb ataladi. Shudring nuqtasining har bir haroratiga to'yingan bug' bosimining faqatgina bitta qiymati mos keladi. Shu sababli bosimning ma'lum bir qiymatida shudring nuqtasining haroratini o'lchash bilan absolyut bosimni har doim topish mumkin. Bosimni aniqlashning optik usuli optimal uslub bo'lib unga minimal geterezis mos keladi. Optik gigrometrning narxi oldingi datchiklarga qaraganda biroz qimmatroq, biroq u mahsulotdagi suv miqdorining past darajasini aniqlash imkonini beradi, bu uning qadrining ortishiga olib keladi, narxining adolatli ekanligini ko'rsatadi.

Optik gigrometrning asosiy elementi uning yuzasining harorati termoelektrik nasos yordamida aniq rostlanadigan oyna bo'lib hisoblanadi. Oynaning ostona harorati shudring nuqtasining haroratiga rostlanadi. Tadqiq qilinadigan havo nasos yordamida oynaning ustidagi kenglikka haydaladi. Agar oynaning harorati shudring nuqtasini kesib o'tsa, uning yuzasida suv tomchilari kondensatsiyalanadi. Bunda oynaning qaytarish xususiyatlari o'zgaradi, chunki suv tomchilari yorug'lik nurini sochadi, bu mos keluvchi fotodetektor bilan detektirlanadi. 4.32-rasmda sovutiladigan oynali gigrometrning soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan. U Peltie effekti bo'yicha ishlaydigan termoelektrik nasosdan tashkil topgan. Bu nasos uning ichiga oynaning haroratini aks ettiradigan raqamli termometr tarkibiga kiradigan harorat detektori o'rnatilgan yupqa oyna yuzasidan issiqlikni olib ketadi. Mazkur datchik differensial qurilma bo'lib, uning yuqorigi juftligi - yorug'lik nurlatuvchi diod va fotodetektordan dreyfni kompensatsiyalash uchun, ikkinchi (pastki) optojuftlikdan - oynaning qaytarish ko'effitsiyentini

o'lchash uchun foydalaniladi. Datchikning simmetrikligi yuqorigi optojuftlikning yorug'lik nurlarining yo'liga joylashtirilgan ponasimon optik balansi yordamida rostlanadi. Pastki optojuftlik oynaga nisbatan 45° burchakka egilgan. Shudring nuqtasidan yuqori haroratda oynaning yuzasi quruq bo'ladi, uning qaytarish qobiliyati esa maksimal bo'ladi. Nasos kontroller nazorati ostida oynaning haroratini pasaytiradi. Suv tomchilari paydo bo'lishi bilan oynaning qaytarish qobiliyati keskin tushadi, bu fotodetektor tokining kamayishini chaqiradi. Fotodetektorning signali kontrollerga kelib tushadi, u endilikda nasosga shunday tokni berishi lozim bo'ladiki, bunda oynaning harorati namlikning qo'shimcha kondensatsiyalanishi ham, oyna yuzasidan namlikning bug'lanishi ham sodir bo'lmaydigan shudring nuqtasiga teng bo'lib qolaversin. Aslida esa bunday haroratda suv molekulalari goh oynaga yopishadi, goh undan uziladi, biroq kondensatning o'rtacha miqdori o'zgarmasdan qolaveradi, ya'ni muvozanat qaror topadi.

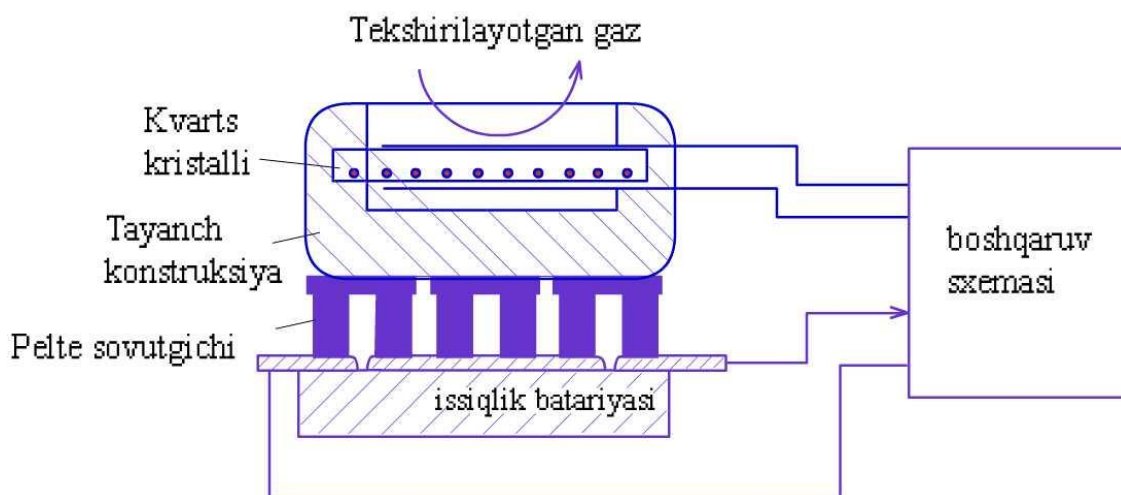
Oyna yuzasining olingan harorati haqiqiy shudring nuqtasini aniq aniqlashi sababli bu uslub namlikni o'lchashning eng pretsizion usuli deb hisoblanadi. Ko'rib chiqilgan datchikda gisterezis bo'lmaydi, uning sezgirligi esa shudring nuqtasining haroratidan $0,03^\circ\text{C}$ ni tashkil qiladi. Bosim ma'lum bo'lganda shudring nuqtasi bo'yicha namlikning barcha tavsiflari - %RH, bug'ning bosimi va hokazolarni aniqlash mumkin.

Bu uslub bir qator kamchiliklarga ega: narxining nisbatan qimmatligi, oyna yuzasining ifloslanishi mumkinligi, issiqlik nasosi tomonidan elektr energiyasining yetarlicha ko'p iste'mol qilinishi. Ifloslanish bilan bog'liq bo'lgan muammo filtrlar va oynani sovutadigan maxsus texnika yordamida hal qilinadi, bunda harorat awal ko'p kondensat hosil bo'lishi uchun shudring nuqtasidan past haroratgacha pasaytiriladi, so'ngra keskin oshiriladi. Bu ifloslanishni yuvib yuborish va yuzani



4.32-rasm. Sovutiladigan oynali shudring nuqtasi datchigi toza holda saqlash imkonini beradi.

Vibratsion gigrometr. Bunday datchiklarning asosiy g'oyasi sovutiladigan oynali optik gigrometrlarning g'oyasi bilan bir xil. Ularning o'rtasidagi farq shundaki, shudring nuqtasi yuzaning optik qaytarish koeffitsiyentining o'zgarishi bo'yicha emas, balki sovutiladigan plastinkaning massasini o'lchash bilan aniqlanadi. Bu plastinka yupqa kvars kristallidan tayyorlanadi, u tebranish konturining bir qismi bo'lib hisoblanadi. Kvars plastinka vibratsiyasining asosida pyezoelektrik effekt yotishi sababli bunday datchikning yana bir nomi paydo bo'lgan - pyezoelektrik gigrometr. Peltie sovutgichi yuqori aniqlik bilan kvars kristallning haroratini nazorat qiladi (4.33-rasm). Harorat shudring nuqtasigacha pasayganda plastinka yuzasida kondensatsiyalangan suvdan yupqa plyonka hosil bo'ladi, bu kristall massasining o'zgarishini chaqiradi. Bu tebranish konturining rezonans chastotasining f_0 dan f_1 gacha siljishiga olib keladi. Yangi chastota suv qatlamining qalinligi bilan belgilanadi. Chastota bo'yicha siljish kristall yuzasida haroratni shudring nuqtasiga yaqin haroratga barqarorlashtirishga intiladigan Peltie sovutgichida tokning o'zgarishiga olib keladi. Kristallning o'lchamlari juda kichik bo'lganligi va mexanik yuklama minimal bo'lganligi tufayli bu datchikda sovutgich bilan kristall o'rtasida mos keluvchi issiqlikbog'lanishini ta'minlash juda murakkab bo'ladi.



4.33-rasm. Sovutiladigan oynali pyezoelektrik namlik datchigi

Kimyoviy datchiklar

Kimyoviy datchiklar ma'lum bir kimyoviy moddalarga yoki kimyoviy reaksiyalarga reaksiya ko'rsatadi. Ularning mo'ljallanishi gaz va suyuq fazalarda kimyoviy reagentlarni identifikatsiyalash va ularning miqdorini aniqlashdan iborat (kimyoviy datchiklar qattiq jismlar uchun amalda qo'llanilmaydi).

Ilmiy va amaliy tadqiqotlarda kimyoviy datchiklardan ko'pgina sohalarda atmosferaning ifloslanishini monitoringlashdan tortib to portlovchi moddalarni aniqlashgacha foydalaniladi. Bunday datchiklar laboratoriya sharoitlarida gaz namunalarini muntazam ravishda tahlil qilish, tuproq yoki suv havzalarida xavfli kimyoviy reagentlarning tarqalishini aniqlash uchun qo'llaniladi. Kimyoviy datchiklar qo'llanilishining yangi sohasi masalan, to'qimalarni hazm qilish jarayonida ular tomonidan ajratib chiqariladigan gazlar bo'yicha hasharotlarning xavfli kasalliklarni tarqatuvchilar, masalan, termitlarning joylashgan joyini aniqlash, shuningdek, sun'iy urug'lantirishning samaradorligini oshirish uchun organizmlarda menstrual siklni monitoringlash bo'lib hisoblanadi.

Sanoatda kimyoviy datchiklardan plastmassalar ishlab chiqarishda, shuningdek, metallarni quyishda texnologik jarayonlarni nazorat qilish uchun foydalaniladi, bunda diffundlangan gazlar miqdori metallarning ba'zi bir parametrlariga, masalan, ularning mustahkamlik tavsiflariga ta'sir ko'rsatadi. Ular ishchi xonalarda muhitni monitoringlash, odamlarning salomatligi uchun xavfli bo'lgan moddalarning konsentratsiyasini aniqlash uchun qo'llaniladi. Kimyoviy datchiklarning qo'llanilish sohasi tobora kengayib bormoqda; oziq-ovqat mahsulotlarining sifatini testdan o'tkazish va nazorat qilish, qishloq xo'jaligida pestitsidlarning tarqalishini nazorat qilish va hokazolar.

Tibbiyotda kimyoviy datchiklar qonning tarkibi va o'pkadagi gazlarning tarkibini tahlil qilish bo'yicha odamlarning sog'lig'ining holatini testdan o'tkazish uchun qo'llaniladi. Bunday datchiklardan shuningdek, qondagi alkohol miqdorini aniqlash va ovqat hazm qilish muammolarini tashxislashda ham foydalaniladi.

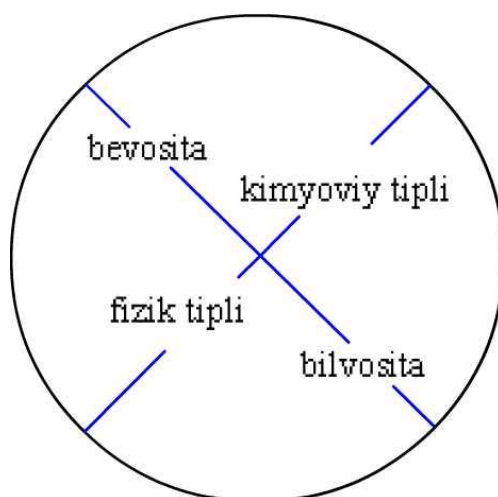
Harbiy sohalarda kimyoviy datchiklardan harbiy operatsiyalarni o'tkazish paytida qo'llaniladigan yoqilg'i va zaharli moddalar omborlarini aniqlash uchun foydalaniladi. Bunday datchiklardan harbiy bazalar hududida yer osti suvlarini monitoringlash, shuningdek, u yoki bu moddalarning atrof-muhit va odamlarning salomatligiga ta'sirini tadqiq qilish maqsadida sanoatda, ayniqsa, yadro sanoatida zaharlilikni nazorat qilish uchun foydalaniladi.

Aksariyat kimyoviy datchiklarni tasvirlashda barcha detektorlar uchun umumiy bo'lgan tavsiflar - barqarorlik, qayta yaratuvchanlik, chiziqlilik, gisterezis, to'yinish, reaksiya ko'rsatish vaqti va o'lchashlar diapazonidan foydalaniladi. Biroq datchiklarning faqatgina shu guruhi uchun xarakterli bo'lgan yana ikkita tavsif mavjud: murakkab kompozitsiyalar tarkibiga kiruvchi ma'lum bir kimyoviy reagentga nisbatan tanlovchanlik va sezgirlik.

Tanlovchanlik - bu detektorning faqatgina ma'lum bir kimyoviy moddalarga reaksiya ko'rsatish va qolganlariga reaksiya ko'rsatmaslik qobiliyatidir. *Sezgirlik* detektirlanadigan moddaning minimal konsentratsiyasi bilan, yoki uning konsentratsiyasining datchik bilan ishonchli detektirlash uchun etarli bo'ladigan minimal o'zgarishi bilan xarakterlanadi (bu parametr ko'pincha *yechish qobiliyati* deb ataladi. Shuni qayd qilish lozimki, agar oldingi bo'limlarda "sezgirlik" atamasining sinonimi chiziqli uzatish funksiyasining egilishi bo'lgan bo'lsa, kimyoviy datchiklar uchun sezgirlikning analogi echish qobiliyati bo'lib hisoblanadi.

Tanlovchanlik kimyoviy datchiklarning eng muhim tavsifidir. Amaliyotda odatda, datchiklarning tadqiq qilinadigan reagentlar konsentratsiyasining ortishiga reaksiyasi tekshiriladi, chunki etalonda moddalarning konsentratsiyasini oshirish uni kamaytirishga qaraganda anchagina oson. Ravshanki, ideal selektivlikka ega bo'lgan datchiklar mavjud emas.

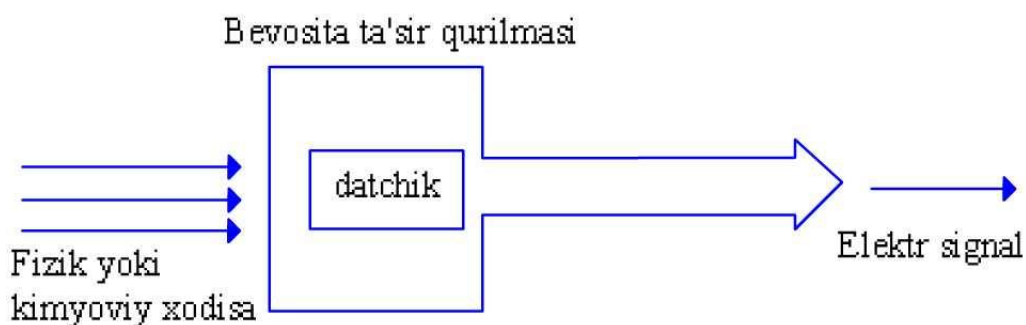
Kimyoviy detektorlarning ikkita tasnifi mavjud: ularning harakat tamoyilining asosida yotadigan hodisaning tipi bo'yicha va o'lchash uslubi bo'yicha. Barcha kimyoviy detektorlarni ikkita katta guruhga ajratish mumkin: to'g'ridan-to'g'ri (oddiy datchiklar) va bilvosita (tarkibli datchiklar) o'lchaydigan datchiklar. Har bir guruh o'z navbatida kimyoviy va fizikaviy tipdagi datchiklarga bo'linadi (4.34-rasm).



4.34-rasm. Kimyoviy datchiklarning tasnifi

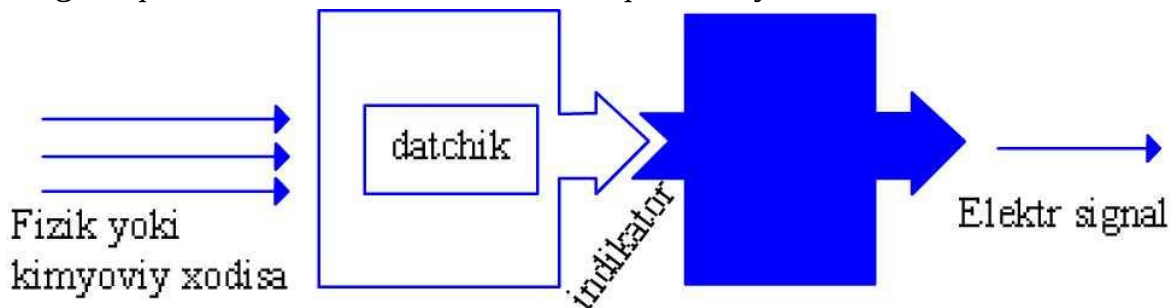
To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar ba'zi bir kimyoviy reaksiyalarning elektr zanjirining parametrlari - qarshilik, kuchlanish, tok yoki sig'imni o'zgartirish xususiyatiga asoslanadi (4.35-rasm). Bunday datchiklar chiquvchi elektr signallarini interfeysli sxema bilan muvofiqlashtirish uchun qo'shimcha sxemalardan foydalanadi, biroq ularning energiyaning bir turini boshqasiga aylantiradigan hech qanday qayta shakllantirgichlar yo'q. Bilvosita tipdagi datchiklar esa (4.36-rasm) elektr parametrlarining bevosita o'zgarishini chaqirmaydigan kimyoviy reaksiyalarga asoslanadi, shu sababli ularning tarkibiga har doim reaksiyalarning yondosh hodisalarini (fizikaviy o'lchamlarning o'zgarishi, chastotaning siljishi, yorug'likning modulyasiyalanishi, harorat va massaning o'zgarishi) elektr signallariga konvertatsiyalaydigan qo'shimcha qayta shakllantirgichlar kiradi.

Ba'zi bir eng oddiy kimyoviy tipdagi detektorlarda tadqiq qilinadigan kimyoviy reagent sezgir element bilan to'g'ridan-to'g'ri kimyoviy reaksiyaga kirishadi, bu ularning chiqish signallarining sezilarli darajada o'zgarishini chaqiradi. Bunda ko'pincha datchiklarning o'zlarining qaytmaydigan o'zgarishlari va ularning barqarorligining yomonlashuvi sodir bo'ladi. Kimyoviy tipdagi detektorlarning kamchiligi ularning o'lchashlar o'tkazilgandan keyin tarkibiy qismlardan qisman foydalanish bilan chaqiriladigan to'liq qayta tiklanmasligi bo'lib hisoblanadi (elektrokimyoviy elementlarda elektrolitning kamayishi yoki elektrodning o'lchamlarining kichrayishi).



4.35-rasm. To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar

Fizikaviy tipdagi detektorlarda kimyoviy reaksiyalar sodir bo'lmaydi, biroq ma'lum bir kimyoviy reagentlar mavjud bo'lganda ularning fizikaviy xususiyatlarda o'zgarish sodir bo'ladi. Bu guruh detektorlari kimyoviy tipdagi datchiklarga qaraganda tavsiflarning kichikroq dreyfi va yaxshiroq barqarorlikka ega, biroq qo'shimcha qayta shakllantirgichlardan foydalanish zarurligi tufayli ular anchagina qimmat turadi va tezkor harakat qila olmaydi.



4.36-rasm. Bilvosita harakat qiladigan datchiklar

Kimyoviy datchiklarning muammolari. Kimyoviy datchiklar- ning asosiy muammosi shundaki, tadqiq qilinadigan kimyoviy reaksiyalar datchikning o'zini o'zgartiradi, taassufki, bu jarayon qaytmaydigan jarayon bo'ladi. Masalan, suyuq elektrolitlar asosidagi elektrokimyoviy elementlar (elektr tokini elektronlar hisobiga emas, balki ionlar yordamida o'tkazadigan materiallar) har bir o'lchashda unchalik katta bo'lmagan miqdorda elektrolitni yo'qotadi, shu sababli uning ustiga doimo qo'shimcha ravishda elektrolit quyib turish yoki maydon tranzistorlari asosidagi kimyoviy detektorlar kabi boshqa tipdagi datchiklardan foydalanish kerak bo'ladi.

Boshqa bir muammo shu bo'lib hisoblanadiki, kimyoviy datchiklar kimyoviy reagentlarning turli-tuman kombinatsiyalarining cheklanmagan sonining ta'siriga tortilishi mumkin, tabiiyki, ularning hammasini modellashtirishning iloji yo'q. Bunda plyonkali detektorlarning g'ovaklariga tiqiladigan, yoki sezuvchan yuzani o'zgartiradigan (masalan, sirkoniyli datchiklarda kremniy ketkazib bo'lmaydigan plyonka hosil qiladi) turli ifloslanishlar hisobiga datchiklarning kalibrlash jarayonida aniqlangan ishchi parametrlarining jiddiy o'zgarishlari sodir bo'lishi mumkin.

Uglevodorodlarni detektirlash uchun foydalaniladigan katalitik datchiklarda platina elektrodlar va qizdiruvchi elementlar harorat 1000°C dan oshganda bug'lana boshlaydi, bu ularning xizmat qilish muddatini kuchli darajada cheklab qo'yadi va uzoq muddatli barqarorlikni pasaytiradi. Muhitda ba'zi bir yoqilg'i materiallarning gazlari mavjud bo'lganda bug'lanish tezligi ortadi. Platinaning yo'qolishi simlar qarshiligining o'zgarishiga olib keladi, bu datchiklarning ko'rsatishlarining o'zgarishiga, shuningdek, qizdiruvchi platina

g'altaklarning qurum bilan qoplanishiga sabab bo'ladi.

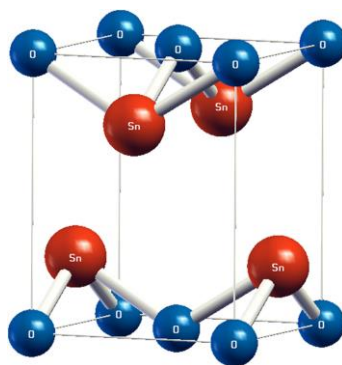
Kimyoviy ifloslanish ko'pgina datchiklarning muammosi bo'lib, masalan, katalitik tipdagi detektorlarda kremniy va tetraetilq o'rg'oshin sezgir elementlarning yuzasiga o'tirish bilan uglevodorodlarning oksidlanish jarayonini sekinlashtiradi, bu ko'rsatishlar pasayishiga olib keladi. Ba'zan ifloslantiruvchi reagentlarining kimyoviy datchiklarga tushishining oldini olish uchun datchiklarga tadqiq qilinadigan tarkibiy qismlarga hech qanday ta'sir ko'rsatmasdan keraksiz moddalarni ushlab qoladigan maxsus filtrlar o'rnatiladi.

Yuzadagi akustik to'lqinlar (YuAT) asosidagi kimyoviy datchiklar sezgir adsorbsiyalaydigan plyonkalarining tadqiq qilinadigan reagentlar tomonidan mexanik ifloslanishiga tortiladi, bu ularning massasining qaytmaydigan o'zgarishiga va shundan kelib chiqib kalibrlangan parametrlardan chetlashishga olib keladi. Optik tolali detektorlarning sezgir qoplamalari bilan ham xuddi shuning o'zi sodir bo'ladi, ular doimiy ravishda ketkazib bo'lmaydigan, ularning qaytarish qobiliyatini pasaytiradigan moddalar bilan ifloslanadi, bu tadqiq qilinadigan reagentlarning soxta detektirlanishiga olib keladi.

Faqatgina kimyoviy datchiklarga xos bo'lgan yana bir muammo shundan iboratki, aksariyat kimyoviy reaksiyalar faqatgina reagentlarning muvozanatlangan konsentratsiya darajalariga ega bo'lgan stexiometrik aralashmalardan foydalanilgan sharoitlarda kechadi. Masalan, reaktiv uglevodorod detektorlarida o'lchashlarni o'tkazish uchun uglevodorodlarning konsentratsiyasi aralashmadagi kislorodning konsentratsiyasiga mos kelishi zarur. Uglevodorodlarning konsentratsiyasi katta bo'lganda (yoki kislorodning konsentratsiyasi yetarli bo'lmaganda) uglevodorodlarning faqat bir qismigina reaksiyaga kirishadi, bu o'lchashlar natijalarining pasayishiga olib keladi.

Intellectual kimyoviy datchiklar. To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar. Sezgir elementning elektr tavsiflariga ta'sir ko'rsatish tipi bo'yicha to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklar *konduktometrik* (o'zgaruvchi parametr - sezgir elementning qarshiligi yoki impedansi), *amperometrik* (o'zgaruvchi parametr - sezgir element orqali oqib o'tadigan tok) va *potensiometrik* (o'zgaruvchi parametr - elektrodlar juftligidagi kuchlanish) datchiklarga bo'linadi. Mos keluvchi elektron sxemalar yordamida o'zgaruvchan parametrlarni osongina bir shakldan boshqasiga aylantirish mumkin. Ularning bazasida to'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklarni amalga oshirish mumkin bo'lgan ko'plab kimyoviy va fizikaviy reaksiyalar mavjud.

Metall-oksidli kimyoviy datchiklar. Qalay dioksidi (SnO) asosidagi metal



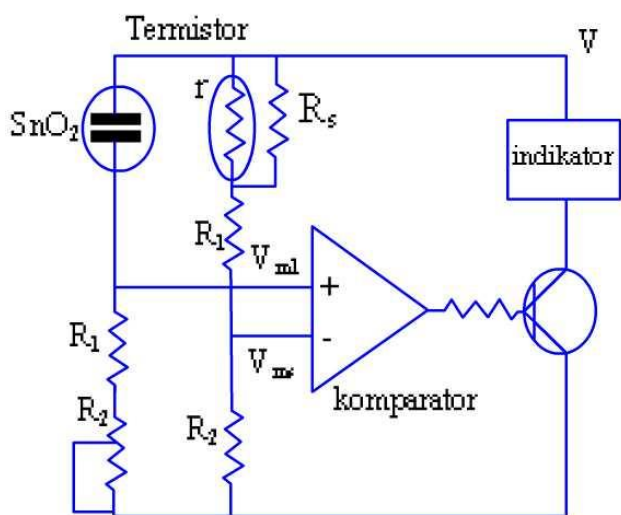
oksidli gaz datchiklari (1960-yillarning oxirlarida paydo bo'lgan. Ular har qanday elektrsxemalari bilan oson muvofilashadigan oddiy va mustahkam qurilmalar bo'lib hisoblanadi. Bunday detektorlar ba'zi bir metallar oksidlarining ma'lum bir gazlar mavjud bo'lganda (masalan, CH_3OH va $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ kabi) o'zlarining elektr tavsiflarini o'zgartirish xususiyatiga asoslanadi. Metall oksidi, masalan, K_2O , Li_2O kristallari havoda berilgan yetarlicha yuqori haroratgacha qizdirilganda kristallning yuzasi kislorod atomlarini adsorbsiyalay boshlaydi, natijada u zaryadlangan bo'lib qoladi, bu elektronlar tokini kamaytiradi. Detektorning yuzasiga ma'lum bir gazlar ta'sir ko'rsatganda uning potensialining pasayishi sodir bo'ladi, bu kristallning o'tkazuvchanligini sezilarli darajada oshiradi.

Plenkaning elektr qarshiligi bilan gazlarning o'lchanadigan konsentratsiyasi o'rtasidagi munosabatni topish uchun quyidagi empirik ifodadan foydalanish mumkin:

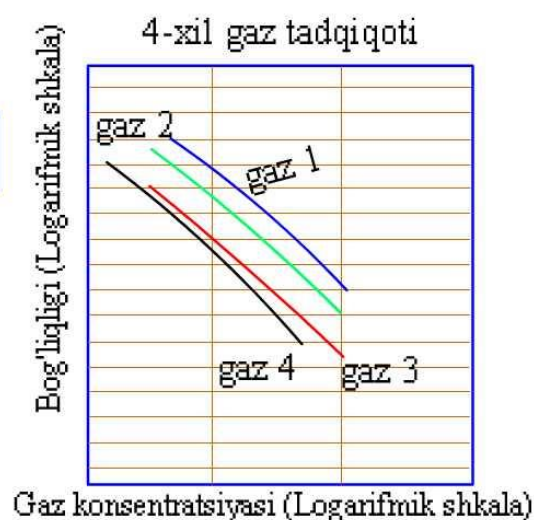
$$R_s = A[C]^{-a} \quad (4.33)$$

Bunda R_s - detektorning elektr qarshiligi; A - berilgan kimyoviy tarkib uchun belgilangan konstanta; s - tadqiq qilinadigan gazlarning konsentratsiyasi; a - berilgan metall oksidi va konkret gaz uchun qarshilik egri chizig'ining egilishi.

Bunday detektorlarda kristallning solishtirma qarshiligi o'zgarishi sababli ular o'zlari mustaqil ishlay olmaydi, ularni qo'shimcha elektron sxema tarkibiga kiritish lozim. Bunda sxema qoidasiga ko'ra, uning yelkalaridan biriga detektor o'rnatiladigan Uitston ko'prigidan foydalaniladi. Detektor qarshiligining o'zgarishi ko'prikl muvozanatining buzilishiga olib keladi (4.37A-rasm). Ko'prikl sxemani harorat bo'yicha muvozanatlash uchun parallel chiziqlashtiruvchi rezistorga ega bo'lgan Manfiy HKli termistor qo'llaniladi.



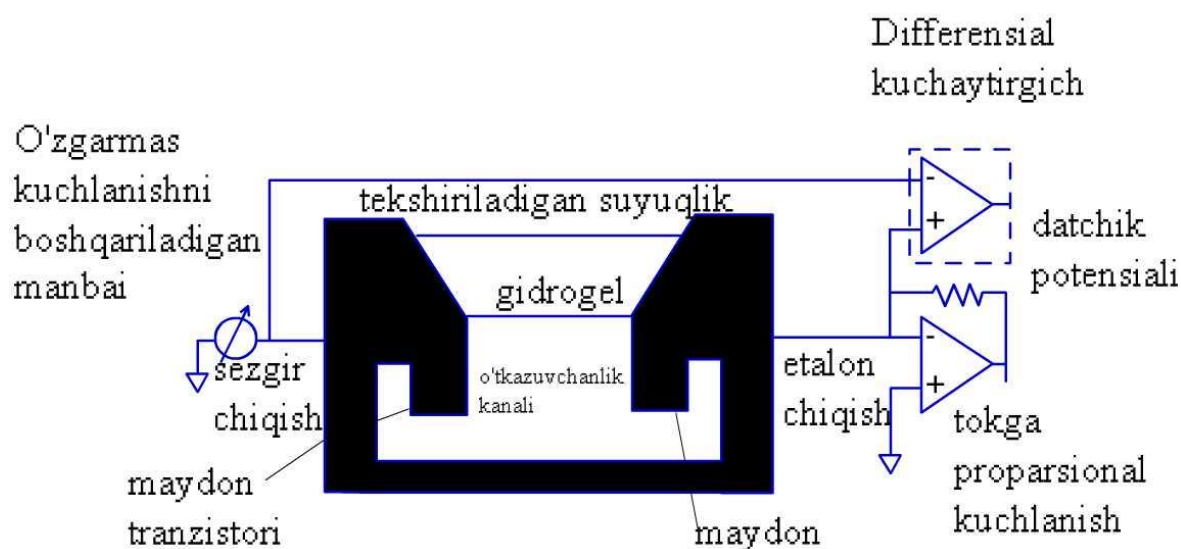
(A)



(B)

4.37-rasm. Umtston ko'prigiga kiritilgan metall oksidli kimyoviy detektor (A) va uning turli gazlar uchun qurilgan uzatish tavsiflari (B) Datchik o'zini uning kattaligi gazning tipi va konsentratsiyasiga bog'liq ravishda o'zgaradigan qarshilik kabi tutishi sababli undagi kuchlanish tushishi bu qarshilikka proporsional bo'ladi, shu sababli kuchlanish tushishining gazlarning konsentratsiyasiga bog'lanish grafigini qurish mumkin. Odatda, bu grafik logarifmik koordinatalarda qurilganda u to'g'ri chiziq ko'rinishiga ega bo'ladi (4.37B-rasm). Har bir gaz uchun bu grafik o'zining egilishi va siljishiga ega bo'ladi, bu gazni identifikatsiyalash imkonini beradi. Bu to'g'ri chiziqlarning parametrlarini bilish bilan hatto qurilgan grafikning chegaralaridan tashqarida ham gazning konsentratsiyasini baholash mumkin. Detektorning o'tkazuvchanligining o'zgarish tezligi bo'yicha gazni identifikatsiyalash va uning konsentratsiyasini aniqlash mumkin. Bunday detektorlar uchun o'tkazuvchanlik darajasi dreyflanishi mumkin, biroq uning o'zgarish tezligi (tavsifning egilishi) har doim o'zgarmasdan qoladi. Shu sababli o'tkazuvchanlik kattaligini emas, balki uning o'zgarish tezligini o'lchaydigan datchiklar eng yaxshi barqarorlik va qayta yaratuvchanlikka ega bo'ladi.

Kimyoviy maydon tranzistorlari. Bunday datchiklar maydon tranzistorlari asosida amalga oshiriladi, ularning zatvoriga ma'lum bir kimyoviy reagentlarga reaksiya ko'rsatish qobiliyatiga ega bo'lgan bir yoki bir necha qatlam maxsus qoplama surkaladi (4.38-rasm). Bu kimyoviy reagentlar zatvoriga ta'sir ko'rsatish bilan uning oqib kirish va oqib chiqishi o'rtasidagi o'tkazuvchanlikni o'zgartiradi. Bu o'zgarishlarning kattaligi kimyoviy moddaning tipi bilan belgilanadi. Tadqiq qilinadigan reagentlarning tipiga bog'liq ravishda qoplamalarning tipi ham o'zgaradi. Mavjud kimyoviy maydon tranzistorlari havodagi vodorod, qondagi kislorod, ba'zi bir asabni falajlantiruvchi gazlar, NH_3 , CO_2 va ba'zi bir portlovchi moddalarni detektirlash imkonini beradi.



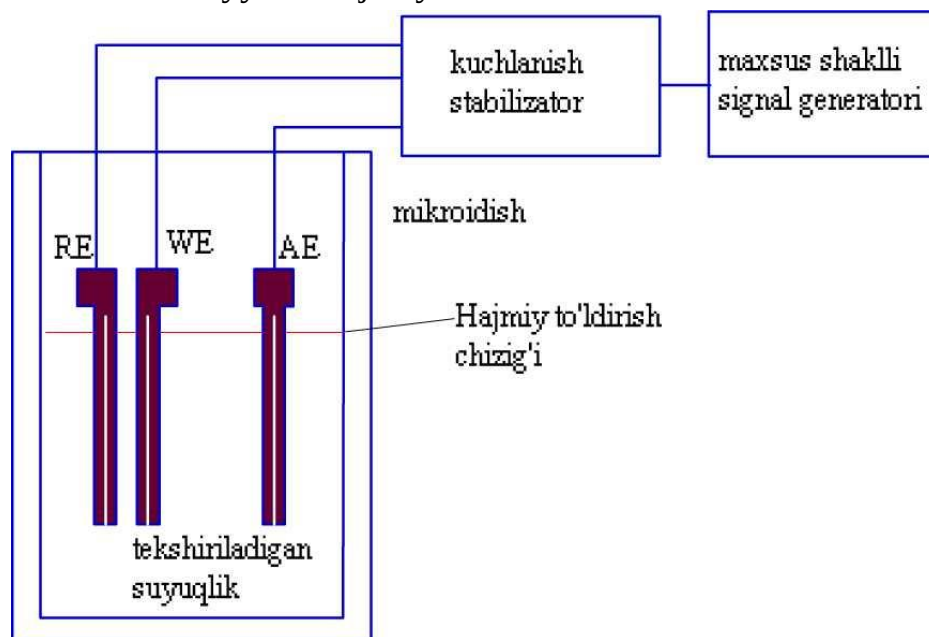
4.38-rasm. Suyuqlikli kimyoviy maydon tranzistori va uni ulash sxemasi

Kimyoviy maydon tranzistorlarini (KMT) tayyorlash uchun, xuddi boshqa MT lardagi kabi yupqa plyonkali texnologiyalar qo'llaniladi. KMT lar, qoidaga ko'ra, r-tipidagi kremniy taglikda amalga oshiriladi, unda diffuziya uslubi bilan n-tipidagi ikkita soha shakllantiriladi (oqib kirish va oqib chiqish). Olingan konstruksiya kremniy dioksidi izolyasion qatlami bilan qoplanadi, oqib kirish bilan oqib chiqish o'rtasidagi zona ustida metall elektrod (zatvor) shakllantiriladi, unga ko'p qatlamli kimyoviy qoplama qoplanadi. Ishlash paytida tranzistorga kuchlanish beriladi. Zatvorga qoplangan maxsus qoplamalarning qutblanishi hisobiga yarim o'tkazgichning yuzasi atrofida to'planadigan elektronlar oqib kirish va oqib chiqishning n-zonalari o'rtasida o'tkazuvchanlik kanalini shakllantiradi. Amalda KMT kimyoviy boshqariladigan rezistor kabi ishlaydi. KMT uning chiqish kuchlanishi tranzistorning o'tkazuvchanligiga proporsional bo'lgan differensial kuchaytirgichning kirishlariga ulanadi. Shuningdek, KMT ning o'tkazuvchanligini R etalon rezistorga ega bo'lgan tok-kuchlanish qayta shakllantirgich yordamida ham aniqlash mumkin.

Elektrokimyoviy datchiklar. Elektrokimyoviy detektorlar barcha kimyoviy datchiklar orasida eng universal bo'lib hisoblanadi. Harakat tamoyiliga bog'liq ravishda ular kuchlanishni o'lchaydigan (*potensiometrik*) va o'tkazuvchanlik yoki qarshilikni o'lchaydigan (*konduktometrik*) detektorlarga bo'linadi. Har qanday elektrokimyoviy datchikning konstruksiyasida ulaming o'rtasida kimyoviy reaksiya bo'lib o'tadigan yoki bu reaksiya jarayonida hosil bo'ladigan zaryadlarning ko'chishi sodir bo'ladigan eng kamida ikkita elektrod mavjud bo'ladi. O'lchashlarni o'tkazish paytida detektorning elektr zanjiri yopiq bo'lishi lozim.

Elektrodlar platina va palladiy kabi katalitik metallardan yoki ko'mir qoplamali metallardan tayyorlanadi. Elektrodning maydonlari tahlil qilinadigan

eritmaning mumkin qadar ko‘proq miqdorl reaksiyaga kirishishi uchun - chunki chiqish signalining kattaligi shunga bog‘liq bo‘ladi - maksimal darajada katta qilib ishlanadi. Xizmat qilish muddati va reaksiya ko‘rsatish qobiliyatini oshirish uchun elektrodلarning yuzasiga ba‘zan maxsus ishlov beriladi. 4.39-rasmda elektrokimyoviy datchikning sxemasi ko‘rsatilgan. Kimyoviy reaksiyada ishtirok etadigan WE elektrod ishchi elektrod deb ataladi. Elektr signali elektrolitik bo‘lishi shart bo‘lmagan AE *yordamchi* elektrodga nisbatan o‘lchanadi. Uchinchi - *etalon* (RE) elektrodan ishchi elektrodning qutblanishi bilan olib kiriladigan xatolikni korrektirovkalash uchun foydalaniladi. Zamonaviy elektrokimyoviy datchiklarda qalin plyonkaii elektrodلar trafaretli bosish uslubi bilan tayyorlanadi, bu ularning ishonchliligini oshiradi va tayyorlash jarayonini osonlashtiradi.



4.39-rasm. Elektrokimyoviy datchikning sxemasi

Elektrolit - bu unda elektronلar emas, balki ionلar zaryad eltuvchilar bo‘lib hisoblanadigan muhitdir. Bu shart tahlil qilinadigan kimyoviy reaksiyalarni tanlashning birinchi kriteriyasi bo‘lib hisoblanadi. Elektrodلar va elektrolitdan tashkil topadigan detektor elektrokimyoviy yacheyka deb ataladi. Qaysi elektr parametrlari kuzatilishiga bog‘liq ravishda (qarshilik, kuchlanish, tok, sig‘im va boshqalar) elektrokimyoviy yacheykaning turi o‘zgaradi.

Potensiometrik datchiklar. Bu datchiklar reagentning konsentratsiyasi elektrokimyoviy yacheykaning elektrod-elektrolit chegarasida sodir bo‘ladigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining muvozanatiga asoslanadi. Bu chegarada elektr potensiali quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin bo‘lgan kimyoviy reaksiya tufayli vujudga keladi:



Bunda Ox - oksidlovchi, Re - qaytaruvchi.

Bu reaksiya elektrodلardan birida bo‘lib o‘tadi (berilgan holatda - katodda)

va yacheyka yarmining reaksiyasi deb ataladi.

Termodinamik kvazimuvozanat sharoitlarida Nernst tenglamasini qo'llash mumkin:

$$E = E_o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_o}{C_R}$$

Bunda C_o va C_R - qaytaruvchi va oksidlovchining konsentratsiyalari; n - elektronlar soni; F - Faradey doimiysi; R - *Universal* gaz doimiysi; T - absolyut harorat; E_o - elektrodning boshlang'ich potentsiali.

Potensiometrik datchiklarda reaksiya bir paytning o'zida ikkita elektrodda bo'lib o'tacali. Biroq tahlil qilinadigan reagentlar ulardan faqatgina bittasida ishtirok etadi.

Konduktometrik datchiklar. Elektrokimyoviy o'tkazuvchanlik datchiklari elektrokimyoviy yacheykadagi elektrolitning o'tkazuvchanli o'zgarishini o'lchaydi. Elektrokimyoviy datchiklarning impedansi sig'imli bo'llishi mumkin, bu elektrodning qutblanishi va ionlarning tashib o'tilishi bilan boglanadi.

Gomogen elektrolitik eritmalarida G elektrolitning o'tkazuvchanligi (Om) elektr maydoni bo'ylab elektrodlar o'rtasidagi L masofaga teskari proporsional va elektr maydoniga perpendikulyar bo'lgan elektrokimyoviy yacheykaning A bo'ylama kesimiga proporsional bo'ladi:

$$G = \frac{pA}{L} \quad (4.35)$$

Bunda p ($om^{-1} \cdot sm^{-1}$) - elektrolitning solishtirma o'tkazuvchanligi, ionlar zaryadlarining konsentratsiyasi va kattaligi bilan belgilanadi. Elektrolitning solishtirma o'tkazuvchanligining mol/l yoki boshqa har qanday birliklarda ifodalanadigan S konsentratsiyaga bog'lanishi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\lambda = \lambda_o - \beta C^{-0.5} \quad (4.36)$$

Bunda β - elektrolitning tavsifi; λ_o cheksiz eritishda elektrolitning ekvivalent o'tkazuvchanligi.

Intellektual kimyoviy datchiklar. Zamonaviy kimyoviy datchiklarning rivojlanish yo'nalishi mikroelektronika va dasturlanadigan kontrollerlarni qo'llashdan iborat. Bularning barchasi yangicha klassdagi intellektual kimyoviy detektorlarning yaratilishiga olib keladi. Bunday datchiklarning tarkibiga, ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish sxemalari kiradi, bu ularni amalda o'lchashlarning natijalarini tahlil qiladigan har qanday tizim bilan oson bog'lash imkonini beradi. Intellektual kimyoviy datchiklar shuningdek, o'z tarkibiga boshqa qurilmalar bilan bog'laydigan interfeysli sxemalar va ularni kalibrlash hamda mahalliy siljishlarni kompensatsiyalash imkonini beradigan sxemalarni ham oladi, shu tariqa, ma'lumotlarni to'plash va ularga ishlov berish tizimlariga faqatgina

o'lchangan ma'lumotlarni qabul qilish qoladi. Intellectual datchiklar ko'pincha o'lchov birliklarini bir tizimdan boshqasiga o'tkazish (masalan, % dan ppm ga) kabi mashaqqatli operatsiyalarni bajaradi va chiquvchi qiymatlarni har qanday tizimda bera oladi. Shu sababli bunday datchiklar ma'lumotlarni markaziy protsessorga u so'ragan birliklarda berishi mumkin, bu masshtablovchi koeffitsiyentlarni qo'llash zaruratini bartaraf qiladi.

Nazorat savollari:

1. Absolyut va nisbiy namlik, shudring nuqtasi tushunchalarini izohlang.
2. Namlik haqida asosiy tushunchalar.
3. Intellectual kimyoviy datchiklarning o'lchash texnikasidagi roli qanday?
4. Namlikni o'lchash uchun qanday priborlardan foydalaniladi?
5. Muzlash nuqtasini deb nimaga aytiladi?
6. Namlikning sig'imli datchiklari haqida ma'lumot bering?
7. Potensiometrik datchiklarning ishlashi nimaga asoslangan?
8. Kimyoviy datchiklarni qo'llashdagi asosiy muammolarini aytib bering.
9. Vibratsion gigrometr qanday ishlatiladi?
10. Optik gigrometrning avzalligi va kamchiligi nimada?
11. Kimyoviy datchiklarning tasnifini keltiring.

V -BOB. O'LCHASH VOSITALARINI KONSTRUKSIYALASH ASOSLARI

5.1. Asbob konstruksiyasini dinamik mexanik ta'sirlardan himoya qilish

Mexanik ta'sirlarning turlari va manbalari. Elektr sxemalar (ES) ishlab chiqarish, ekspluatatsiya qilish va saqlash jarayonida miqdoriy jihatdan tebranishlar chastotasining diapazoni, shuningdek, tebranishlar amplitudasi, tezlanish, ta'sir davomiyligi bilan tavsiflanadigan u yoki bu dinamik mexanik ta'sirlarni boshdan kechirishi mumkin. Barcha dinamik mexanik ta'sirlar sifat jihatdan vibratsion ta'sirlar (vibratsiya), zarbali ta'sirlar (zarbalar) va inersion ta'sirlarga (chiziqli tezlanish) bo'linadi.

ES laming vibratsiyasi deganda, odatda uzoq muddatli belgisi almashadigan jarayonlar tushuniladi, ular ES laming ishlashiga ta'sir ko'rsatadi. Zarba deb uning davomiyligi taxminan zarbaga tortilgan obyekt orqali zarba to'liqlanishining ikkilangan tarqalish vaqtiga teng bo'lgan qisqa muddatli ta'sirga aytiladi. Zarbaga zarba davomida jism harakati tezligining o'zgarishi hamrohlik qiladi. Zarba paytida tizimning majburiy chastotada tebranishi sodir bo'ladi, u zarbaning davomiyligi bilan belgilanadi, undan keyin esa - konstruksiyaning chastotasida tebranish sodir bo'ladi.

Chiziqli tezlanishlar o'zgaruvchan tezlik bilan harakatlanayotgan (masalan, tezlik olish va tormozlashda) barcha obyektlar uchun, shuningdek, egri chiziqli traektoriya bo'yicha harakatlanish uchun (markazdan qochma tezlanish) xarakterli bo'ladi. Ish jarayonida chiziqli tezlanishning qiymati va yo'nalishi o'zgarishi mumkin (masalan, raketaning start dvigateli o'chirilganda). Chiziqli tezlanishlarning ES ga ta'sirining natijasi dinamik (tezlanishning o'rnatilgan qiymatgacha o'zgarishida) yoki statik (o'rnatilgan qiymatga erishilgandan keyin) xarakterga ega bo'lishi mumkin.

Mexanik ta'sirlar n ortiqcha yuklanish bilan tavsiflanadi, u g og'irlik kuchi tezlanishiga karrali bo'ladi. Vibratsiyali tebranishlar amplitudasi va chastotasi bilan, zarba esa – zarba impulsining davomiyligi, amplitudasi va shakli bilan tavsiflanadi. Vibratsiyada obyektning ortiqcha yuklanishi vibroyuklanish koeffitsiyenti bilan ifodalanadi:

$$n_{vibr} = \frac{x f^2}{250},$$

bu yerda x - obyekt vibratsiyalarining amplitudasi, mm; tebranishlar chastotasi, Hz. Zarba impulsining oshiqcha yuklanishining zarba tezlanishining maksimal qiymatini tavsiflaydigan amplitudasini $n_z \approx \frac{0.05 V_z}{S}$ formula bo'yicha aniqlash mumkin, bu yerda S — o'zaro to'qnashadigan jismlarning siljishi, amortizatsiyani hisobga olish bilan, mm; V_z — zarba paytidagi oniy tezlik, mm/s.

Egri chiziqli traektoriya bo'ylab ko'chishda (masalan, uchuvchi apparat manevr qilayotganda) chiziqli markazdan qochma tezlanishni $n_a = 4 \cdot 10^{-3} R f_a^2$ formula bo'yicha aniqlash mumkin, bu yerda n_a — aylanishda chiziqli markazdan qochma oshiqcha yuklanish; R — aylanish radiusi, mm; f_a — bir tekis aylanma harakatning chastotasi, Hz.

Turli ekspluatatsiya sharoitlari uchun ES larga ko'rsatiladigan dinamik mexanik ta'sirlarning parametrlari mamlakatimiz va xorijdagi ma'lumotlarga muvofiq 5.1-jadvalda keltirilgan.

Mexanik ta'sirlarning manbalari quyidagilar bo'lishi mumkin: dvigatel va harakatlantiruvchining harakatlanuvchi qismlarining ularning muvozanatlanmaganligi va oraliqlarning bo'lishi tufayli vibratsiyasi; turbulent gaz oqimlarining reaktiv dvigatelning korpusi bilan o'zaro harakatlari orqali chaqiriladigan akustik tebranishlar; manyovr qilishdagi oshiqcha yuklamalar; yo'llarning notekisliklari va reqlaming tutashmalari; qurshab turuvchi muhitning aerodinamik va gidrodinamik ta'sirlari (shamol, to'lqinlar, qor ko'chkilari, zilzilalar, yer ko'chkilari va hokazolar); portlash ta'sirlari; xizmat ko'rsatuvchi xodimlarning beparvoligi va ehtiyotsizligi (ES laming tushib ketishi, yuklash-tushirish ishlarida zarba yeyish va boshqalar).

ES larga ta'sir ko'rsatuvchi dinamik mexanik yuklamalar ularning elementlarida (tarkibiy qismlarida) katta mexanik zo'riqishlarni chaqirishi, normal ish rejimlarini buzishi yoki hatto ES ning u yoki bu qismlarining ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. AQSHda o'tkazilgan tadqiqotlarga ko'ra, samolyot asbob-uskunalarining 22 dan 41 % gacha ishdan chiqishlari mexanik yuklamalarning ta'siri bilan chaqirilgan, mexanik ta'sirlar oqibatida bort EHM larining ishdan chiqishlar soni esa 50 % gacha yetadi.

Mexanik ta'sirlarning ES larga ta'siri. Vibratsiyalar, zarbalar va chiziqli tezlanishlarning ta'siri natijasida ES da quyidagi *shikastlanishlar* sodir bo'lishi mumkin: kavsharlangan, payvandlangan va yelimlangan choklarning yemirilishi oqibatida germetiklikning buzilishi va metal shisha kavsharlarda yoriqlar paydo bo'lishi; mexanik rezonans yoki toliqish oqibatida ES ning korpusi yoki uning ba'zi bir qismlarining to'liq yemirilishi; montaj bog'lanishlarining, jumladan, IS ning tashqi chiqishlarining uzilishi; bosuvchi o'tkazgichlarning qatlamlanishi; osma ERE laming uzilishi; ko'p qatlamli bosish platalarining qatlamlarga ajralishi; keramik va sitall tagliklarning sinishi (yorilishi); ajraladigan yoki ajralmaydigan elektr kontaktlarning (rele, tutashtirgich, yerga ulanish zanjirlari, ekranlash zanjirlari va boshqalarda) vaqtinchalik yoki butunlay ishdan chiqishi; to'lqin o'tkazuvchi traktlar, koaksial kabellar, o'zgaruvchan sig'imli kondensatorlar, tebranish konturlari, elektrvakuum priborlarida o'lchamlarning

modulyasiyalanishi; parazit bog‘lanishlarning o‘zgarishi; shaylash va boshqarish organlari holatining siljishi; mexanik uzellarning (podshipniklar, tishli juftliklar, birikmalar va boshqalar) ishdan chiqishi.

Mexanik ta’sirlar ostida yarim o‘tkazgichli priborlarning parametrlari - Shotki to‘sig‘iga ega bo‘lgan diodlar, tranzistorlar va boshqa priborlarning voltamper tavsiflari; p-n-o‘tishlarning sig‘imi va o‘yish kuchlanishi; Gann diodlarining ba’zi bir tavsiflari; tranzistorlarning kuchaytirish koeffitsiyenti; yarim o‘tkazgichli lazer nurlatishining to‘lqin uzunligi va hokazolar o‘zgarishi mumkin. Bu o‘zgarishlarning asosida energetik darajalarning siljishi, deformatsiyalanishda taqiqlangan zona kengligining o‘zgarishi, samarali massaning o‘zgarishi, tok tashuvchilarning yashash vaqti va harakatchanligining o‘zgarishi hodisalari yotadi.

5.1-jadval

Mexanik ta’sirlarning ES ga ta’sir ko‘rsatish parametrlari

Ishlash sharoiti	Vibratsiya		
	Chastota, Hz	Amplituda, mm	Ortiqcha yuklanish
Statsionar xona: Yonidagi qurilmaning ta’siri Atom portlashida seysmik tebranish snaryad portlashi	10...55 1,4...4,6	150...250	2 gacha
Ko‘chma REQ	10...2000		10 gacha
Transport vositalar: gusenitsali transport avtomobil transport temiryo‘l transporti Suv transporti: korpus machtalar vintlar dvigatel Aviatsion transport: porshenli dvigatelli reaktiv dvigatelli Raketalar: katta kichik REQ ni beton yerga 30...50 sm balandlikdan tushishi	20...2000 (400...7000) 0...15(200) 2...3(100) 1...15 0...15 18...25 (400) 150 gacha(2000) 5...150 5...500(2000) 10...3000 50...5000	0,05 10...40(0,5) 40 gacha (2 gacha) 1,5...3 40 gacha 2 gacha 0,1 0,15 25...0,15 1	10 gacha 40 gacha 30 gacha

Mexanik ta’sirlarning ES ga ko‘rsatadigan ta’siri antennalarning yo‘naltirilganlik diagrammalarining o‘zgarishi, raqamli qurilmalarning ishlashida

uzilishlar sodir bo'lishi, qabul qilgichlarning sezgirligining pasayishi va chastota diapazonining siljishi, energiya iste'molining ortishi (qisqa tutashuvda), ishlash aniqligining pasayishiga olib kelishi mumkin. Bu ES ning tarkibiy qismlari bir paytning o'zida turli ta'sirlar - vibratsiyalar, zarbalar, chiziqli tezlanishlar, polimerlarda ichki zo'riqish bilan polimerlanish natijasida, materiallardagi farqlar tufayli strukturalardagi zo'riqishlar va haroratning o'zgarishi natijasida vujudga keladigan montaj zo'riqishlariga (vintlarning tortilishi) tortilgan hollarda ko'proq ro'y beradi.

Alohida tarkibiy qismlar va uzellarning o'zining chastotasi (f_o) apparaturaga ta'sir ko'rsatuvchi vibratsiyalarning chastotasi bilan (f) mos tushadigan holatlarda vujudga keladigan rezonanslar eng katta xavf tug'diradi. Konstruksiyaning tarkibiy qismlari va uzellarning o'zining chastotasini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}, \quad (5.1)$$

Bu yerda K - konstruksiyaning qattqlik koeffitsiyenti, N/m, kuchning shu kuch bilan chaqirilgan deformatsiyaga nisbati sifatida aniqlanadi; m - konstruksiyaning massasi, kg.

Konstruksiyaning mexanik tebranishlar ta'sir ko'rsatganda o'zini qanday tutishi ta'sir ko'rsatuvchi chastota va o'zining chastotasining nisbatiga bog'liq bo'ladi, u buzilish koeffitsiyenti deb ataladi: $\gamma = \frac{f}{f_o}$. Vibroizolyasiyalaydigan

tizimlar uchun buzilish koeffitsiyentini 1,41 dan oshiq qilib, qattiq mahkamlangan tarkibiy qismlar uchun esa — 0,8...0,3 ga teng qilib tanlashga harakat qilinadi. $\gamma = 1$ bo'lganda rejim rezonans rejimiga mos keladi. Vibratsiyalar va rezonanslarning asosiy sabablaridan biri detallarning orasida oraliqlar va tutashmalarda lyuftlar bo'lishidir. Tebranishlar chastotasi qanchalik yuqori bo'lsa, rezonans shunchalik kichik oraliqda vujudga kelishi mumkin. Detallar bir-biri bilan to'qnashganda ularning kontakt zonasi mexanik tebranishlarning vujudga kelish markazlari bo'lib hisoblanadi.

Konstruksiyani mexanik ta'sirlardan himoyalash. O'lchash asbobiga tashish va ekspluatatsiya qilish jarayonida tashqi mexanik omillar (vibratsiyalar, zarbalar, akustik tebranishlar, tezlanishlar) ta'sir ko'rsatadi, ular unga mexanik energiyani beradi. Berilgan energiya miqdori konstruksiyaning o'zgarish darajasi va xarakterini belgilaydi. Konstruksiyaning mexanik o'zgarishining yo'l qo'yiladigan darajalari uning mexanik ta'sirlarga nisbatan mustahkamligi va barqarorligi bilan belgilanadi. Konstruksiyaning mustahkamligi deganda

apparaturaning mexanik ta'sirlar qo'yilgandan keyin funksiyalarni bajara olish va parametrlarni saqlay olish qobiliyati tushuniladi. Konstruksiyaning barqarorligi - o'lchash asbobining mexanik ta'sir jarayonida funksiyalar va parametrlarni saqlay olish qobiliyatidir. Konstruksiyaning mexanik ta'sirlarga javobi yoki reaksiyasi deb energiyaning mexanik qo'zg'alishga transformatsiyalanishi yoki aylanishining har qanday shakliga aytiladi. Javoblarning turlari:

- konstruksiyaning elementlarida mexanik zo'riqishlar;
- konstruksiyaning elementlari o'zaro to'qnashganda ularning siljishi;
- konstruktiv elementlarning deformatsiyalanishi va yemirilishi;
- konstruksiyaning xususiyatlari va parametrlarining o'zgarishi.

Mexanik ta'sirlar vujudga keladigan inersion kuchlar tufayli detallar va uzellarning ko'zda tutilmagan o'zaro siljishlariga va buning oqibati sifatida mahkamlaydigan elementlar, eltuvchi elementlar va boshqa elementlarning deformatsiyalanishiga, ularning o'zaro to'qnashishiga olib kelishi mumkin. Mexanik ta'sirlar unchalik katta bo'lmaganda konstruksiyaning elementlarida qayishqoq deformatsiyalar vujudga keladi, ular apparaturaning ish qobiliyatiga amalda hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Yuklamaning ortishi qoldiq deformatsiyaning paydo bo'lishiga va ma'lum bir shart-sharoitlarda konstruksiyaning yemirilishiga olib keladi. Agar konstruksiya belgisi o'zgaradigan yuklamalarga tortilgan bo'lsa yemirilish materiallarning statik mustahkamligining eng chekka qiymatlaridan anchagina kichik yuklamalarda ham boshlanishi mumkin. Apparaturaning ishdan chiqishi mexanik ta'sir olingandan keyin yoki kuchsizlangandan keyin qayta tiklanadigan (vibratsiyalar va zarbalarning sof mexanik namoyon bo'lishi, tarkibiy qismlar parametrlarining o'zgarishi, elektr shovqinlarining vujudga kelishi) va qayta tiklanmaydigan (elektr ulanishlarining uzilishi va qisqa tutashuvi, bosish platalarining o'tkazgichlarining qatlamlanishi, mahkamlash elementlarining buzilishi va eltuvchi konstruksiyalarning yemirilishi) bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Mexanik ta'sirlarning turlari va manbalari qaysilar?
2. Konstruksiyani mexanik ta'sirlardan himoyalashda. Qanday mexanik omillar ta'sir ko'rsatadi?
3. Konstruksiyaning barqarorligi deganda nimani tushinasiz?
4. Vibratsiyalar va rezonanslarning asosiy sabablari nimada?
5. Vibratsiyada obyektning ortiqcha yuklanishi vibroyuklanish ko'effitsiyenti qanday ifodalanadi?
6. ES (Elektr Sxema) lar ning vibratsiyasi deganda nimani tushinasiz?
7. Aerodinamik va gidrodinamik ta'sirlarga nimalar kiradi?
8. Chiziqli markazdan qochma tezlanishni topish formulasini ayting.

5.2. Ergonomika va texnik estetika talablariga asosan konstruksiyalash

Muhandis-konstruktor qurilmalarning tarkibiy qismlari va qismlari, uning yuqori ekspluatatsion tavsiflari, maksimal FIKi, minimal moddiy iste'mol (optimal mustahkamlik va qattqlik bilan) va ishlab chiqaruvchanlikning yuqori darajada bo'lishini ta'minlaydi.

San'at dizayni (dizayni) bevosita odamlar uchun mo'ljallangan mahsulotlarni ommaviy ishlab chiqarish rivojlanishi, shuningdek, sanoat mahsulotlari sifatiga iste'molchi talablarining umumiy o'sishiga bog'liq holda muhandislik dizayni muhitida yuzaga keldi.

Boshqacha aytganda, badiiy-dizayndan o'tgan sanoat mahsulotlari foydali va chiroyli bo'lishi kerak.

Shu sababli konstruktor-dizayner mahsulot shaklining vizual yaxlitligini, mahsulot shakli va qo'llash usuli foydalanish maqsadiga muvofiq to'g'ri ishlanishini, mahsulot iste'molchiga mos kelishini, mahsulotning shaklida ushbu turdagi mahsulotlarni shakllantirishda hozirgi zamonda ustun hisoblangan uslubning aks etishini ta'minlaydi.

Badiiy konstruksiyalash - tabiiy-ilmiy, texnik, gumanitar bilimlar, muhandislik loyihalash va badiiy fikrlash elementlarini birlashtiradigan kompleks sohalararo konstruktorlik - badiiy faoliyatdir. 5.1-rasmda badiiy konstruksiyalash jarayonining sxemasi keltirilgan.

Dizaynning asosiy muammosi - estetik jihatdan "mutanosib", "mos", "butunlik" deb baholangan obyektiv dunyoni yaratishdir.

Dizayner "insonga insoniy munosabatda bo'lish" qobiliyatiga ega bo'lgan, ya'ni estetik qiymatga ega bunday mahsulot va vositalarni yaratadi,

Sanoat mahsulotlarini konstruksiyalash (loyihalash) faqatgina konstruktor, texnolog va dizaynerlar bir-birlari bilan yaqin ijodiy munosabatlarda va har biri boshqasining vazifasini va uning ahamiyatini tushunganidagina kerakli natijaga olib keladi.

Texnik estetika - texnika sohasida badiiy faoliyatning xususiyatlarini o'rganuvchi dizayn nazariyasidir. Umumiy estetikaning bu bo'lagi bo'lib, o'zida utilitar (amaliy foydali) va estetik xususiyatlarini, ya'ni sanoat ishlab chiqarishda faoliyat ko'rsatadigan go'zallik qonunlarini birlashtiradigan asbob- uskunalar (mashinalar, mashinalar) va boshqa narsalami ommaviy ishlab chiqarish amaliyotini umumlashtiradi.

Estetika (umumiy) - universal insoniy qadriyatlar, ularning yaratilishi, idrok etilishi, baholash va rivojlanishining ilmiy, klassik- tarixiy jihatdan aniqlash haqidagi fandir. Bu san'at nazariyasining go'zallik qonunlari bo'yicha, dunyoni o'zlashtirishning umumiy tamoyillari haqidagi falsafiy fan.

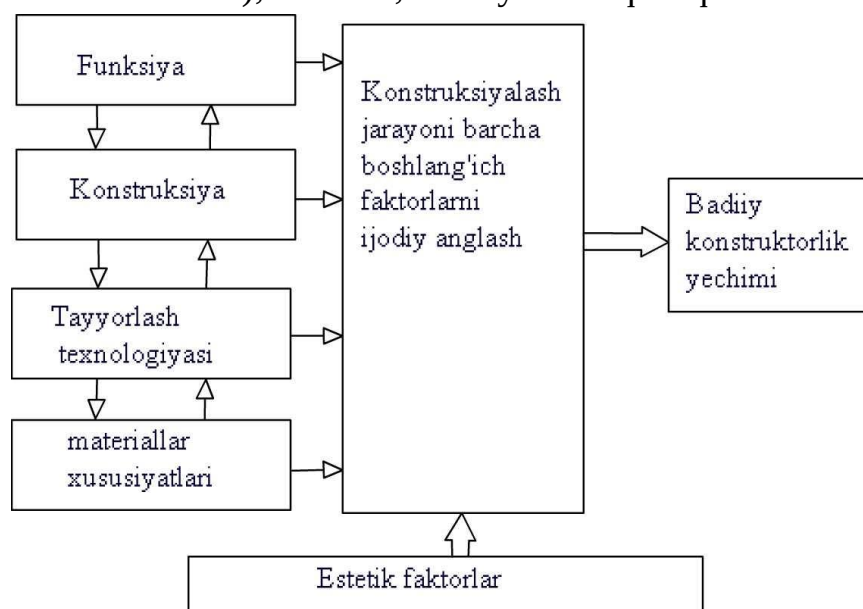
Muhandislik psixologiyasi - inson va texnika o'rtasidagi axborot

almashinuvidagi jarayonlarining qonuniyatini o'rganadigan psixologiya bo'limi. Ushbu fanning ma'lumotlari "inson-mashina" va "inson-mashina-muhit" tizimlarini loyihalash, ishlab chiqarish va qo'llash uchun ishlatiladi.

Ergonomika - yunoncha "ergon"- ish, mexnat va "nomos"- qonun so'zlaridan olingan bo'lib, insonni (odamlar guruhi) texnikaviy vositalar yordamida o'z ish faoliyatining aniq sharoitlarda har tomonlama o'rganadigan ilmiy sohadir.

Ergonomikaning maqsadi - soha mazmunini, mehnat vositalarini, sharoitlarini va jarayonlarini optimallashtirish, faoliyatni jozibadorligi va mehnatdan qoniqishni oshirish.

Sanoat estetikasi (san'ati) - go'zallik va funksionallik qonunlariga binoan sanoat texnik vositalarini inson tomonidan yaratilgan butun obyektiv dunyoni anglatadi. Sanoat estetikasining elementlari: sanoat jihozlari va sanoat grafikasi (tovar belgilari va tovar nomlari); reklama; konteyner va qadoqlash vositalari).



5.1-rasm. Badiiy konstruksiyalash jarayonining sxemasi

“Odam – mashina” tizimi (Odam-mashina-muhit). Odam (odam operator) o'zi tomonidan yaratilgan texnikani boshqarishda asosiy o'rin egallaydi. Texnik vosita odamga jismoniy kuch nuqtai nazaridan o'zining imkoniyatlarini kuchaytirishga, harakatlarning tezligi va mehnat unumdorligini oshirishga ko'maklashadi. “Odam- mashina” tizimida o'zaro harakatlarni tashkil qilishning yetakchi tamoyili uning intellektual va ijodiy salohiyatidan ko'proq to'liq va ratsional foydalanish maqsadida odamga - mehnat va ijod subyektiga qaratish bo'lib hisoblanadi. Mashinalar odamning kasbiy faoliyatini qo'llab-quvvatlash vositasidir: “Odam - mashina uchun emas, mashina - odam uchundir”.

“Odam-mashina (muhit)” tizimlarini tashkil qilishning ilmiy va amaliy vazifasi odam va mashina funksiyalari o'rtasida mas'uliyatni odamning zimmasida

saqlab qolish bilan ratsional taqsimlash va muvofiqlashtirish bo'lib hisoblanadi.

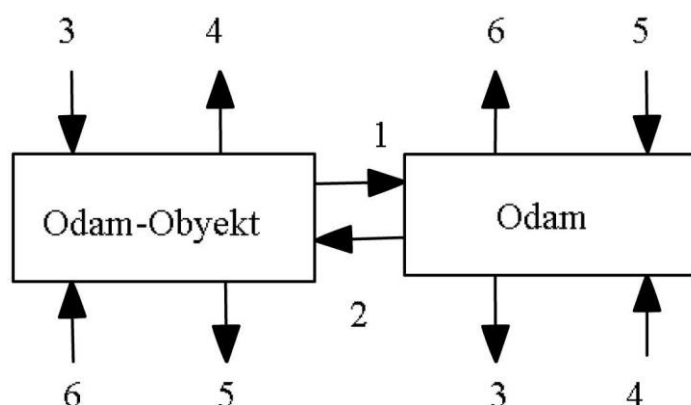
Bu vazifani muhandislik psixologiyasi hal qiladi. Bunda odam operatorga birinchi navbatda tizimning zvenosi sifatida emas, quyidagi xususiyatlarga ega bo'lgan tirik odam sifatida qaraladi: qabul qilish, diqqat-e'tibor, reaksiya ko'rsatish tezligi, xotira, fikrlash, muloqot qilishga bo'lgan ehtiyoj, operativ fikrlashning sig'imi va uzoq muddatliligi, timsolliligi va qayishqoqligi va hokazolar.

Muhandislik psixologiyasida quyidagilar ko'rib chiqiladi:

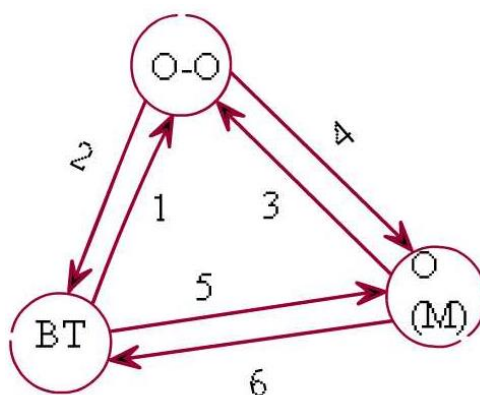
- odam operatorning sensorli qabul qilishi (odamning sezgi organlari yoki retseptorlari) va motorli chiqishi (odamning harakat yoki effektor apparati);
- ma'lumotlarga ishlov berish jarayonlari va mashinalarni (obyektni) boshqarish masalalari;
- odam operatorning normal va kritik hayot kechirish sharoitlari (fiziologik va moddiy).

Badiiy konstruksiyalashda quyidagi o'zaro bog'lanishlar sxemalari qo'llaniladi:

- oddiy: odam obyekt bog'lanishi



5.2-rasm. Odam-obyekt sxemasi



5.3-rasm. O'zaro bog'lanishlar uchburchagi sxemasi

Bu yerda O-O (odam-obyekt) RDQ stanogining operatori; BT-(boshqarish tizimi) ERDQ (eletron raqamli dasturlash qurilmasi) bloki; O (M)-obyekt, stanok, muhit.

1 - o-o ning BT dan asboblardan keladigan signallar ko‘rinishidagi (sanaladigan, yorug‘likli, tovushli) turli-tuman kiruvchi ma’lumlarni olishi.

2 - odam tomonidan stanokni shaylash, rostlash, boshqarish harakatlari ko‘rinishidagi boshqarish signallarining shakllantirilishi.

3 - obyektning (muhitning) odam obyektga bevosita ta’siri: boshqarish blogi elementlarining joylashuvi psixofiziologik imkoniyatlarga mos kelishi lozim.

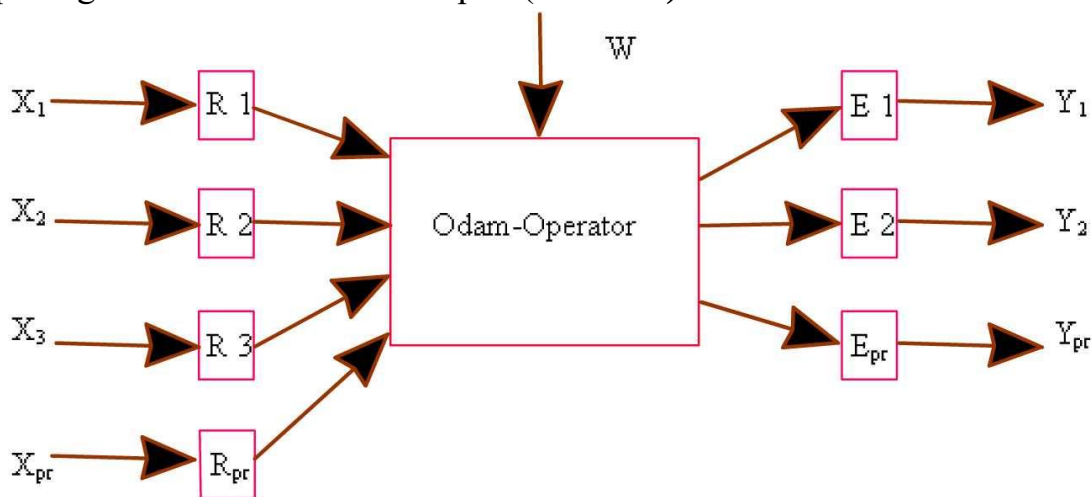
4 - odamning obyektga (muhitga) ta’siri: stanok bilan ishlash faqatgina ma’lum bir bilimlar va ko‘nikmalarni emas, obyektning parametrlarini odam bilan "birlashtirishni" ham talab qiladi ("xalaqit beruvchilar" ni hisobga olish bilan).

5 - BT ning obyektga (muhitga) ta’siri: stanokning RDQ tizimi ma’lum bir geometrik o‘lchamlarga ega bo‘lishi mumkin (bu uni har doim ham stanokka joylashtirish imkonini beravermaydi).

6 - obyektning BT ga ta’siri: RDQ vibratsiya, sexning ifloslangan havosi va boshqa hohlanmaydigan ta’sirlar sharoitlarida normal ishlashi lozim.

Tizimli yondashuv. Odam operatorning ishini tahlil qilish Jarayonlarini soddalashtirish uchun o‘zaro bog‘lanishlar tizimlarida odam operatorning o‘zini qanday tutishining chastota modellari qo‘llaniladi.

Odam operator ko‘pincha ma’lumotlarni qabul qiladigan va ishlab chiqaradigan "mashina" rolida chiqadi (5.4-rasm).



5.4-rasm. Odam operator ma’lumotlarni qabul qiladigan va ishlab chiqaradigan "mashina" rolida

W - tashqi muhitning ta’siri. $Y = F(X, W)$.

Asosiy retseptorlar (sezgi organlari): R1- ko‘rish; R2 - eshitish; R3 - his qilish; Rpr. - boshqa retseptorlar: hid bilish, ta’min bilish, muvozanat saqlash (vestibulyar apparat).

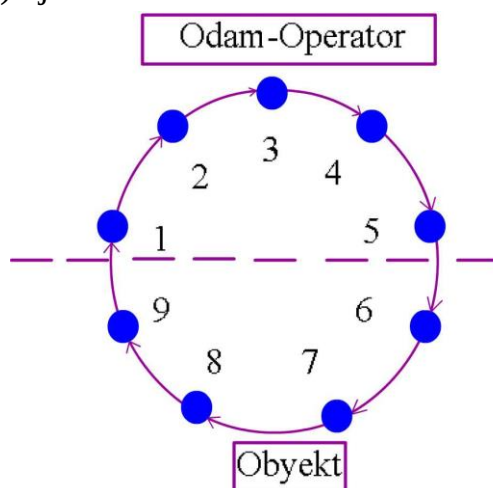
Asosiy effektorlar (boshqarish signallarini shakllantiradi): E 1 - qo'l barmoqlari (aniq, biroq kuchsizroq); E 2 - oyoqlar (kamroq aniq, biroq kuchliroq); E_{pr.} - tovushli buyruqlar (nutq), bioelektrik potentsiallar, fiziologik faollik parametrlari (harorat, ter ajralishi, tomir urish chastotasi va boshqalar).

Sezgi organlari orqali odamning faoliyatiga quyidagilar ta'sir ko'rsatadi (W): muhitning yoritilganligi va rangi, shovqin, atmosfera bosimi; kontaktga kirishuvchi yuzalarning xarakteri; hid va zaharli moddalarning bo'lishi; ishchi poza, $t^{\circ}\text{C}$ va namlik (termoturg'unlik).

Odam operatorning asbob-uskunalar bilan bog'lanishini optimallashtirish uchun quyidagilarni bilish zarur bo'ladi:

- Odam operator vaqt birligida qancha miqdordagi ma'lumotni qabul qilishi, uzatishi yoki qayta ishlashi mumkin: "o'tkazish" qobiliyati va turli reaksiyalarga eng kichik tezliklari;
- Turli signallarni qabul qilish va uzatish aniqligi qanday: signallarning "ushlanib qolish" (signallarga ishlov berish) vaqti;
- Odam operator ishlashining ishonchliligi qanday; W ga qarshi tura olish qobiliyati.

Bunda masalalarni konstruksiyalanadigan obyektning parametrlarini odamning qobiliyatlari va imkoniyatlariga "moslashtirish" yo'li bilan hal qilish zarur bo'ladi, aksincha, bo'lishiga yo'l qo'yib bo'lmaydi. Shunday qilib, ma'lumotlarni qabul qilish va qayta ishlash odamzot evolyusiyasining ming yillar davomida shakllangan bilish (his qilish qabul qilish tasavvur qilish fikrlash) jarayonlaridir. Odam uning yordamida signallarni qabul qiladigan va shakllantiradigan "asbob" analizatoridir: retseptor asab yo'llari miya katta yarim sharlarining qobig'idagi markazdir. Retseptor apparati effektor (harakat) apparati bilan chambarchas bog'lanadi. Agar signalning odam operator obyekt boshqarish konturi bo'ylab o'tishini ko'rib chiqadigan bo'lsak, u holda 9 ta xarakterli bosqichlarni (zvenolarni) ajratish mumkin:



5.5-rasm. Odam - Operator

Bu yerda: 1 - ko'rsatishlarni (signallarni) qabul qilish; 2 - indikatorning ko'rsatishlarini ish dasturi bilan taqqoslash qulay bo'ladigan shaklga qayta shakllantirish; 3 - ish dasturini o'zgartirish to'g'risida qaror qabul qilish; 4 - obyektning boshqarish organlariga ta'sir ko'rsatish; 5 - regulyatorlarning ishchi elementlarini ko'chirish; 6 - obyektning ko'rsatilgan ta'sirga reaksiyasi; 7 - obyektning yangi dastur bo'yicha ishlashi; 8 - yangi ish rejimining indikatorlarda aks etishi.

Bu jarayonning asosiy tavsifi - signalning boshqarish konturi bo'ylab aylanish tezligidir, bundan tashqari - zvenolarning xatoliklari va ishonchliligi, ularda ma'lumotlarga ishlov berish tezligidir.

Signallarning boshqarish konturi bo'ylab aylanish tezligi tartibga solish siklining to'liq vaqti bilan belgilanadi:

$$T = T_o + T_M$$

Bu yerda T_o - signalning operatorida ushlanib qolish vaqti (1...5 bosqichlar); T_M - signalning obyektida ushlanib qolish vaqti (6...9 bosqichlar).

Har doim $T_o \gg T_M$ bo'ladi. T_o quyidagi tarkibiy qismlar bilan belgilanadi:

va patent davrning davomiyligi (o'rtacha darajadagi signal paydo bo'lgan momentdan boshlab unga harakat bilan javob qaytarilguncha o'tgan vaqt):

$t_{lp(za)} = 0,15 \dots 0,22 \text{ s}$ - signalning operatorida ushlanib qolish vaqtidagi analizatorlar va latent davrning davomiyligi;

$t_{lp(sa)} = 0,12 \dots 0,18 \text{ s}$ - signalning obyektida ushlanib qolish vaqtidagi analizatorlar va latent davrning davomiyligi;

$t_{lp(um)} = 0,31 \dots 0,39 \text{ s}$ - signalning umumiy ushlanib qolish vaqtida analizatorlar va latent davrning davomiyligi.

Konstruksiyalarni ergonomik ishlab chiqish - umumiy qoidahr badiiy konstruksiyalash jarayonining bir qismidir.

Ergonomika mukammal buyumlar va optimal ish sharoitlarini yaratish maqsadida mehnat jarayonlarida odamning funksional imkoniyatlarini o'rganadi.

GOST 16456-70 *majmuaviy ergonomik ko'rsatkichlarning* to'rtta guruhini o'rnatadi: gigienik; antropometrik; fiziologik va psixofiziologik; psixologik.

Bu ko'rsatkichlar bo'yicha umuman mahsulotning va xususan konstruksiyaning sifati baholanadi.

- *Gigienik ko'rsatkichlar*: yoritilganlik darajasi; ventilyasiyalanish darajasi; harorat; namlik; havoning changlilik va bosimi mikroiqlim; mexanik va fizikaviy omillar: elektr va magnit maydonining kuchlanganligi; radiatsiya; zaharlilik; shovqin va vibratsiyalar; gravitatsion yuklamalar va tezlanishlar bu ko'rsatkichlar mehnatni muhofaza qilish va texnika xavfsizligining predmeti bo'lib

hisoblanadi.

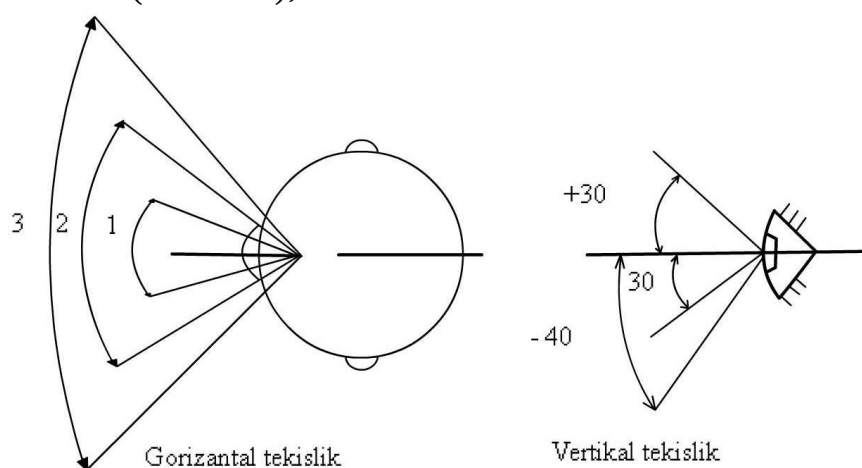
• *Antropometrik ko'rsatkichlar*, obyekt konstruksiyasining odam tanasining o'lchamlari va shakliga, tana massasining taqsimlanishiga muvofiqligi bilan belgilanadi.

Bu ko'rsatkichlar turli ishchi pozalarda odam tanasining hal qiluvchi o'lchamlarini buyumning mos keluvchi o'lchamlari bilan solishtirish orqali aniqlanadi. Bir qator hollarda odamning boshi va qo'l barmoqlarining o'lchamlarini hisobga olish zarur bo'ladi.

-Fiziologik va psixofiziologik ko'rsatkichlar, obyekt konstruksiyasining odamning quyidagi imkoniyatlariga muvofiqligi bilan belgilanadi: kuch, tezlik, energiyalilik, ko'rish, eshitish, his qilish, hid bilish va ta'm bilish.

Bu ko'rsatkichlarni tekshirish uchun quyidagilar tahlil qilinadi:

- boshqarish organlarining o'lchamlari, ularning shakli va qo'yiladigan kuchlar; ko'rish zonalar (6.6-rasm);



5.6-rasm. ko'rish zonalar: 1. $30^{\circ} \dots 40^{\circ}$; 2. $50^{\circ} \dots 60^{\circ}$; 3. 90°

- qo'l va oyoq regulyatorlari bilan boshqarishda odam- operatorning ishchi zonalar;

- harakatlarning xarakteri tahlil qilinadi.

Ko'rish zonalar: $30^{\circ} \dots 40^{\circ}$ - maksimal yechish qobiliyatiga, $50^{\circ} \dots 60^{\circ}$ - aniq rangli, 90° esa oq, qora yechish qobiliyatiga mos keladi.

Indikatorlarning eng qulay joylashishi - gorizontal bo'yicha ko'rish chizig'idan 30° pastda, biroq 30° (yuqoriga) yoki 40° (pastga) dan oshmasligi lozim.

Ishchi zonalarini ko'rib chiqishda shuni nazardan qochirmaslik kerakki, boshqarish obyektiga qo'yiladigan kuchning kattaligi quyidagilarga bog'liq bo'ladi:

-yo'nalish: yuqoriga, pastga, yon tomonga;

-joylashish balandligi: 300 dan 1800 mm gacha;

- qo'l: aksariyat odamlarda o'ng qo'l chap qo'lga qaraganda 1,2 marta kuchliroq bo'ladi (5.7-rasm).

Agar odam operator tez-tez almashtirib ulashlarni bajarishi kerak bo'lsa, u holda kuchlarning kattaliklari 2-3 martaga kamaytirilishi lozim.

Barcha hollarda qo'llar uchun - 150 N dan oshiq va oyoqlar uchun - 250 N dan oshiq kuchlar 3 sekunddan ortiq bosib turishda - toliqtiradi.

Buyum konstruksiyasining *psixologik ko'rsatkichlari* odamning mustahkamlangan va endi shakllanayotgan ish ko'nikmalarining uning ma'lumotlarni qabul qilish va qayta ishlash imkoniyatlariga muvofiqlligi bilan belgilanadi.

Ergonomik tahlil qilish va konstruksiyalarni ishlab chiqish. Konstruksiyani ergonomik ishlab chiqishning asosida ergonomik parametrlarning to'liq jamlanmasi yotadi, bu optimal badiiy- konstruktorlik yechimini topish imkonini beradi.

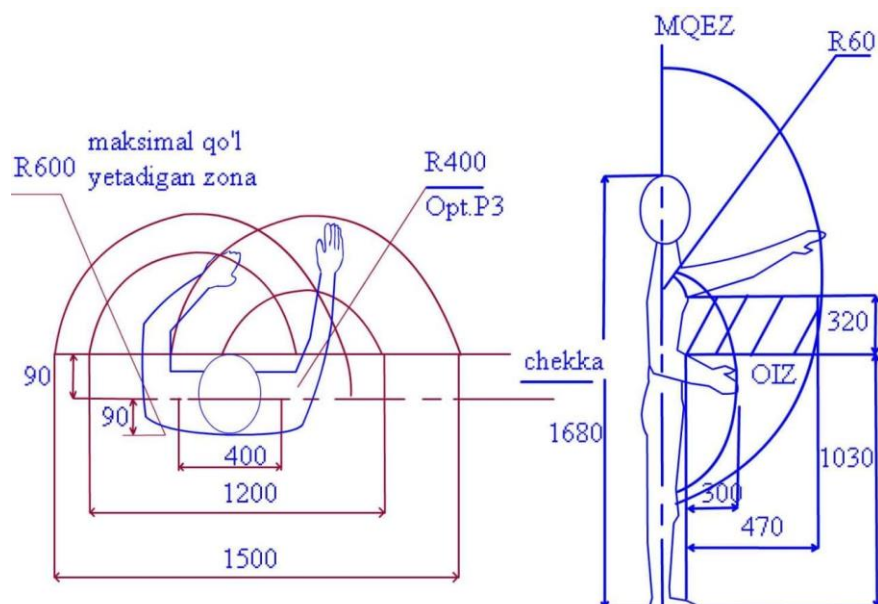
Ergonomik ishlab chiqish ergonomik tahlil qilish asosida amalga oshiriladi. Ergonomik tahlil qilish turli-tuman tadqiq qilish uslublarini qo'llaydi, masalan:

- sotsiologik usullar (so'rovnoma);
- vizual (organometrik) usullar;
- xronometraj va fotoxronometrajni qo'llash bilan (fotosuratlar, kino-, videogrammlar) odam operator ning ish siklogrammalarini tuzish;
- elektrofiziologik usullar.

Ergonometrik ishlab chiqishning asosiy bosqichlari obyektни ishlab chiqishning bosqichlari bilan belgilanadi:

Texnik taklif bosqichida - ishlab chiqilayotgan obyektning analoglari va prototiplarini (faqatgina eng yaxshilarini emas, balki "yomon" larini ham) ergonomik tahlil qilish, shuningdek, obyekt faoliyat ko'rsatadigan konkret sharoitlarni detalli tahlil qilish va ko'proq quyidagi muhim ergonomik ko'rsatkichlarni aniqlash kerak:

1) Eskiz loyiha bosqichida - ergonomik tahlilning qidiruv bosqichi, obyekt konstruksiyasining bir nechta variantlari (badiiy konstruktorlik yechimlari) ko'rib chiqiladi;



5.7-rasm. Optimal ish zonasini aniqlash sxemasi

Texnik loyiha bosqichida indikatorli va regulyatorli boshqarish panellari va pultlarini diqqat bilan ergonomik ishlab chiqish bilan obyektни yakuniy badiiykonstruktorlik komponovkalash kerak bo'ladi;

2) Ishchi loyihalash bosqichida - qabul qilingan badiiy konstruktorlik yechimlarining muallif tomonidan nazorat qilinishi zarur.

Ergonomik tahlil qilishda omillarning quyidagi asosiy guruhlarini hisobga olinadi:

1) odam operatorning antropometrik, psixofiziologik, biomexanik va gigienik ma'lumotlari qanchalik hisobga olingan;

2) ish joyi odam operatorga tabiiy va yetarli tana holatini, yetarlicha ishchi kenglikni, ishchi tana holatini almashtirish imkoniyatini (masalan, o'tirish-turish), obyektning barcha funksional muhim tugunlari va elementlarining yaxshi ko'rinishini, operativ xizmat ko'rsatish va profilaktika qilish sharoitlarini ta'minlashini;

3) obyektning ranglar yechimi odam operatorida ijobiy his-tuyg'ularni chaqiradimi va mehnat jarayonining yoqimsiz ta'sirlarini kompensatsiyalashini;

4) odam operatorga kelib tushadigan ma'lumotlar ko'rgazmali va unda tarkib topgan tasvvurlar va harakatlarning stereotiplariga mos keladigan bo'lib hisoblanishini hisobga oladi.

Ergonomik tahlil qilishda ko'pincha ish jarayonlariga ta'sir ko'rsatuvchi omillarning ana shu guruhlarini bo'yicha savollar ro'yxatini o'z ichiga oladigan nazorat kartalari qo'llaniladi. Ergonometrik tahlil qilishda quyidagilar hisobga olinishi zarur:

- 1) o'rin-joyning iqlim sharoitlari;
- 2) xonaning mikroiqlimi va uning jihozlari;

3) operatorning talab qilinadigan ish ritmi, ishchi operatsiyalarning bajarilish chastotasi va bajarilish aniqligi;

4) operatorning asosiy (tiplashgan) qidiruv marshrutlarining lavsifi, ishchi tana holatini almashtirish zarurati va imkoniyati, boshqa operatorlar bilan o'zaro harakatlar.

Shular asosida quyidagilar zarur bo'ladi:

1) obyektning gabaritlarini tahlil qilish;

2) operativ ish zonalari va umuman ish joyining chegaralarini va 'darning antropometrik ma'lumotlarga muvofiqligini aniqlash;

1) obyektning panellarida taqdim qilinadigan operativ ma'lumotlarning hajmi va sifatini aniqlash, ularning odam operatorning psixofizologik imkoniyatlariga muvofiqligini tahlil qilish;

4) boshqarish organlarining tarkibini aniqlash va ularni xirotexnika nuqtai-nazaridan tahlil qilish.

Xirotexnika - ergonomikaning boshqarish dastaklarining (yoki qo'l uskunalarining) ko'proq ratsional shakllarini ishlab chiqish bilan shug'ullanadigan sohasidir.

5) sensor va motor zonalarining o'zaro harakatlarini, boshqarish organlari va indikatorlarning muvofiqlik mantiqini tahlil qilish;

6) tiplashgan operativ marshrutlarning biomexanik talablarga muvofiqligini tahlil qilish.

Ergonometrik tahlil qilishning natijalari quyidagilarni ta'minlash imkonini beradi:

1) odam operator ga tushadigan psixofiziologik yuklamalarning bir tekis taqsimlanishi;

2) ishchi operatsiyalarning tabiiyligi, silliqligi va izchilligi.

Qabul qilingan badiiy-konstruktorlik yechimini baholash.

Ekspluatatsiya qilish, komponovkalash, estetika (jumladan, ijtimoiy- iqtisodiy va ergonomik), konstruktorlik-texnologik talablarning bajarilishini obyektiv baholash uchun maxsus uslubiyatlar qo'llaniladi. Masalan:

- Guruhiy yoki ekspert baholashi uslublari (ballar: 0...1 - yomon; 1...2 - qoniqarli; 2...3 - yaxshi; 3...4 - a'lo). Malakali ekspertlar bor joyda qo'llash mumkin, biroq, baribir, baho «**subyektiv**» bo'ladi.

- To'liq bo'lmagan integral analoglar uslubi. Ko'proq obyektiv bo'lib hisoblanadi, chunki invariantlilik nazariyasi, baholash mezonlari va kriterial tenglamalardan foydalanadi.

Tizimli tahlil qilish. Ergonomik tahlil qilish estetik tahlil qilish bilan chambarchas bog'lanadi: masalan, jihozlarda ranglar iqlimini yaratish va asbob-uskunalarining ranglar yechimiga - faqatgina go'zallik va uyg'unlik

pozitsiyalaridan emas, balki odam operatorida ma'lum bir emotsional kayfiyatni yaratish va uning ko'rish orqali qabul qilish qonuniyatlari nuqtai nazaridan ham qarash lozim bo'ladi.

RD-50-149-79 uslubiyatga ko'ra, badiiy konstruktorlik yechimini baholashda quyidagi ko'rsatkichlar qo'llaniladi:

1. **Informatsion ifodalilik** obyektning o'zining shaklida jamiyatda amal qiladigan originallik (analoglardan ajralib turish), uslubga muvofiqlik (shaklning ma'lum bir davrga mos keladigan barqaror alomatlari), modaga muvofiqlik (tashqi ko'rinishning vaqtinchalik hukm suradigan estetik didga muvofiqligi), shaklning ratsionalligi (mo'ljallanish, konstruksiya, tayyorlash texnologiyasi, qo'llaniladigan materiallarga muvofiqlik) kabi estetik tasvurlar va madaniy me'yorlarni aks ettirish qobiliyatini tavsiflaydi.

2. **Kompozitsiyaning yaxlitligi** qismlar va yaxlitlikning garmonik birligini, obyekt shakli elementlarining organik o'zaro bog'lanishlari va uning qurshab turuvchi obyektlarning shakli bilan muvofiqligini tavsiflaydi.

3. **Ishlab chiqarish ijrosining mukammalligi** va tovar ko'rinishining barqarorligi - konturlar, elementlarning dumaloqligi va qismlari birikishining toza bajarilishi, yuzalarga qoplamalarni qoplash va pardozlashning diqqat bilan bajarilishi, firma belgilari va ko'rsatkichlarni bosishning aniqligi, konstruktorlik, texnologik hujjatlar va informatsion materiallar (reklama materiallari) jamlanmasi, shikastlanishlarga nisbatan barqarorlik bilan tavsiflanadi.

Aytish mumkinki, obyektning tashqi yuzalari, ularni pardozlash va bo'yash uning estetik qabul qilinishini yaratadigan asosiy elementlar bo'lib hisoblanadi. Bu elementlarni badiiy-konstruktorlik ishlab chiqishda quyidagi talablarni bajarish zarur bo'ladi:

Shaklga qo'yiladigan talablar. Ular:

1) Obyektning tashqi chizgilari oddiy va qat'iy bo'lishi lozim: masalan, tashqi ishchi organlar uchun shakl va mazmunning birligi; o'tkir burchaklar dumaloqlanadi, biroq katta dumaloqlik radiusi konstruksiyani vizual jihatdan "og'irlashtiradi". Oddiy shakl iflosliklarni tozalashni osonlashtiradi.

2) Alohida qismlarning proporsiyalari konstruksiyada vertikal yoki gorizontal chiziqlarni ajratish bilan ta'minlanadi. Bunda vertikal chiziqlar obyektzni vizual jihatdan "yuqoriroq", gorizontal (hiziqlar esa "pastroq" qilib ko'rsatishi hisobga olinadi.

3) Obyektning shakli umuman olganda, boshqarish pultlarining shakli bilan garmonik (uyg'un tarzda) bog'langan bo'lishi lozim.

4) Obyektning tashqi yuzasining elementlari - qopqoqlaming (lyuklar, eshiklar) oshiq-moshiqlari va tutqichlari, qo'zg'aluvchan qismlarning qopqoqlari va kojuxlari tashqi yuzaning fonidan ajralib turishi lozim. Oshiq-moshiqlar va

tutqichlarga obdon ishlov berilgan bo'lishi lozim.

Pardozlash va bo'yashga qo'yiladigan talablar. Bular:

1) Obyektning rangi xonaning (yoki qurshab turuvchi muhitning) rangi bilan emas, obyektning konstruksiyasi bilan mos tushishi lozim;

2) Olaquroq rang tartibsizlik va konstruksiyaning "bo'laklanganligi" tasvvurini uyg'otadi;

3) o'tkir ranglar og'irlik va ifloslik, ochiq ranglar - engillik tasvvurini uyg'otadi, o'tkir ranglardan faqatgina fundamentlar va eltuvchi konstruksiyalarni bo'yash uchun foydalanish lozim;

4) Buyumlarning jarohat yetkazishi mumkin bo'lgan detallari va qismlari yorqin, ogohlantiruvchi ranglarga bo'yaladi; jihozlar (stellar, salazkalar), qo'zg'aluvchan obyektlarning harakatlanadigan qismlari uchun "yo'lbarssimon" bo'yashni qo'llash lozim, u atrofdagilarni faollashtiradi;

5) Boshqarish organlari yorqin, yaxshi farqlanadigan ranglarga bo'yaladi;

6) Korpus detallarining ichki yuzalari yig'ishni osonlashtirish uchun ochiq ranglarga bo'yaladi; eshiklar, lyuklar, ochiladigan panellarning ichki yuzalari ochilgan holatda ular aniq ko'rinib turishi uchun yorqin ranglarga bo'yaladi;

7) Issiqlik nurlatadigan obyektlar kumushsimon yoki moviy rangga bo'yaladi.

Shakl va rangning qabul qilinishiga yorug'lik katta ta'sir ko'rsatadi

Ish joylarini yoritishga (sun'iy) qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat:

1) Ishchi zonaning uzunligining o'rtasi bo'ylab poldan 1900 ...2000 mm balandlikda va ishchi zonaning oldingi chekkasidan 150...200 mm masofada joylashgan individual yoritgichlar afzal bo'ladi (tik turib ishlashda). Boshqa ishlarda individual yoritgichlar operator tomonidan ish zonasiga nisbatan xohlagan holatda o'rnatiladi;

2) Yaltiroq predmetlarni sochilgan yorug'lik bilan yoritish lozim; mayda qora predmetlar fonda, ochiq rangli predmetlar - o'tkir fonda yaxshi ko'rinadi;

3) Yorug'lik predmetning yuzasiga unchalik katta bo'lmagan burchak ostida tushishi lozim, bu fakturani juda yaxshi ochib beradi;

4) Shaffof predmetlar orqa tomondan yoritilishi lozim;

1) Ishchi operatsiya obyekti bilan qurshab turuvchi fonning yoritilishining keskin kontrastidan qochish lozim (mahalliy yoritish umumiy yoritish);

2) Ko'rish maydonida yaltiroqlik manbalarini, shuningdek, o'tkir va ochiq rangli yuzalarning ritmli tarzda navbatlashishini istisno qilish lozim. Bu

o'ziga xos "ko'ziga ko'rinishlar" ni yo'qotadi, bunda odam garchi u ko'rish maydonidan ketgan bo'lsada qandaydir bir yorqin predmetni ko'radi. "Ko'ziga ko'rinishlar" qo'shimcha ranglarni qo'llash bilan ham yo'q qilinadi.

Nazorat savollari:

1. Pardozlash va bo'yashga qanday talablar qo'yiladi?
2. Badiiy konstruksiyalash deganda nimani tushunasiz?
3. Ergonomik tahlil qilishda qanday omillar ko'zda tutiladi?
4. Xirotexnika nima?
5. GOST 16456-70 majmuaviy ergonomik ko'rsatkichlarning nechta guruhi o'rnatiladi?
6. Ergonometrik tahlil qilishda nimalarni hisobga olinishi zarur?
7. Antropometrik ko'rsatkichlarga nimalar kiradi?
8. RD-50-149-79 uslubiyatga ko'ra, badiiy-konstruktorlik
9. yechimini baholashda qanday ko'rsatkichlar qo'llaniladi?

5.3. Texnik qurilmalarining ekspluatatsion tavsiflarini baholash

Ishlab chiqarish jarayonlarida murakkab o'lchash asboblari juda ham ko'p ishlatilishi munosabati bilan asboblarning ishonchliligi borgan sari katta ahamiyat kasb etmoqda. Avtomatika apparaturasi ayniqsa, ular jumlasiga kiradigan texnologik jarayonlarning borishi haqida axborot manbai bo'lgan o'lchash asboblari, datchiklar va o'zgartkichlar bajaradigan vazifalarning kengayishi avtomatlash - tirish asboblari va vositalarining ishonchliligiga alohida talablar qo'yimoqda.

o'lchash asboblari 100 - 200 gacha, markazlashtirilgan nazorat mashinalari (MNM) minglab alohida komponentlarni o'z ichiga oladi va har bir komponentga ishonchli hamda buzilmasdan ishlash talabi qo'yiladi. O'lchash asboblarining ishonchligiga loyihalashtirish jarayonida, ularning ishlash prinsipini oqilona tanlash, sxema va loyihalarni yechishda shu prinsipdan foydalanish, ishlab chiqarish texnologiyasini to'g'ri tanlash, sifat, rejim va alohida detal hamda asboblarni tayyorlashni nazorat qilish, shuningdek, foydalanish, qarab turish va remont qilishga bo'lgan talablarga rioya qilish bilan erishiladi.

Ishonchlilik deganda tizimning (asbob, qurilma va boshqalarning) berilgan vaqt oralig'i mobaynida o'z parametrlarini ma'lum berilgan chegaralarda saqlab, buzilmasdan ishlay olish qobiliyati tushuniladi. Tizim ishlash qobiliyatining buzilishi natijasida uning parametrlarining qo'yilgan talablarni qanoatlantirmay qo'yishi, tizimning buzilganligini anglatadi. Tizim ishining buzilish sabablari, xarakteri na oqibatlarini turli-tuman bo'lishi mumkin. Tizimning buzilishi to'satdan va asta-sekin, to'liq va qisman bo'lishi mumkin. Buzilishning boshlanishi, uning xarakteri va oqibatlarini doim tasodifiy, ehtimolli xarakterga ega bo'ladi.

Buzilmasdan (tuzuk holda) ishlash ehtimoli $r(t)$ —tizim ishonchliligining asosiy tavsifidir. Bunda $p(t)$ berilgan vaqt oralig'ida berilgan shartlar bajarilganda birorta ham buzilish ro'y bermaslik ehtimolidir:

$$p(t) = p\{T > t\} - \quad (5.2)$$

Ishonchlilikning yana bir necha muhim tavsiflarini ko'ramiz.

Buzilish ehtimoligi (t) — berilgan vaqt oralig'igacha hech bo'lmasa bir marta buzilish ro'y berishi ehtimoli:

$$g(t) = p\{T \leq t\}. \quad (5.3)$$

Ma'lumki, buzilmasdan ishlash va buzilish ehtimollari yig'indisi birga teng:

$$p(t) + g(t) = 1 \quad (5.4)$$

Buzilishlar chastotasi

$$a(t) = \frac{\Delta n_x}{n \Delta t} \quad (5.5)$$

bunda $\Delta n_x - (t - \frac{\Delta}{2})$ dan $(t + \frac{\Delta}{2})$ gacha bo'lgan vaqt oralig'ida buzilgan buyumlar soni; n — buyumlarning dastlabki soni; Δt — vaqt oralig'i.

Buzilishlar chastotasi yana quyidagi ko'rinishda tasvirlanishi mumkin:

$$a(t) = \frac{dg(t)}{dt} = \frac{dP(t)}{dt} \quad (5.6)$$

Buzilishlar jadalligi (xavfliligi) $\lambda(t)$ — vaqt birligi davomida buzilishlar sonining berilgan vaqt oralig'ida buzilmay ishlaydigan elementlarning o'rtacha soniga nisbati bilan aniqlanadigan buyumlarning buzilish ehtimoli, ya'ni

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n_x}{n_x \Delta t}, \quad (5.7)$$

bunda $\Delta n_x - (t - \frac{\Delta}{2})$ dan $(t + \frac{\Delta}{2})$ gacha bo'lgan vaqt oralig'ida buzilgan buyumlar soni.

$$n_x = \frac{n_{i-1} + n_i}{2} \quad (5.8)$$

bunda n_{i-1} , va $n_i - \Delta t$ vaqt oralig'i boshida (n_{i-1}) va oxirida (n_i) uzluksiz ishlayotgan buyumlar soni.

Buzilishlar jadalligi yana quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)} \quad (5.9)$$

Buzilgunga qadar bo'lgan o'rtacha ishlash davomati (buzilmasdan ishlashlarning o'rtacha vaqti) birinchi buzilishgacha buyumlar partiyasini tayyorlashning o'rtacha qiymatidan yoki buzilmasdan ishlash vaqtining matematik kutilmasidan iborat. Buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti quyidagi taqribiy

formula bo'yicha hisoblanadi:

$$T_m \approx \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (5.10)$$

bunda t_i —i-elementning buzilmasdan ishlash vaqti; n — sinov partiyasidagi elementlar soni.

Qancha ko'p element sinovdan o'tkazilsa, buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti shuncha aniqroq bo'ladi.

Buzilishlar jadalligi bilan buzilmasdan ishlash ehtimoli orasidagi bog'lanish (5.7) formulaga buzilgan elementlar sonini qo'yish yo'li bilan topilishi mumkin:

$$\Delta n_x = n_i - n_{i+\Delta t} = n[p(t) - p(t + \Delta t)]; \quad (5.11)$$

$$n_x = np(t) \quad (5.12)$$

Natijada quyidagini topamiz:

$$\lambda(t) = \frac{n[p(t) - p(t + \Delta t)]}{np(t)\Delta t} \quad (5.13)$$

yoki limitga o'tsak

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)} = \frac{a(t)}{p(t)} \quad (5.14)$$

Bu tenglamani 0 dan t gacha integrallab quyidagini hosil qilamiz:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -[\ln p(t) - \ln p(0)] \quad (5.15)$$

Endi $t = 0$ da $p(0) = 1$ bo'lgani uchun:

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln p(t) \quad (5.16)$$

Yoki $p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$

Agar $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ bo'lsa, (5.16) dan

$$p(t) = e^{-\lambda t} \quad (5.17)$$

munosabat kelib chiqadi.

Ishonchlilikning boshqa tavsiflari orasidagi bog'lanishlar ham shunga o'xshash topilishi mumkin. Masalan, buzilishlar chastotasi $a(t)$ va to'g'ri ishlash ehtimoli $p(t)$ orasidagi munosabat

$$n(t) = 1 - \int_0^t a(t) d(t) \quad (5.18)$$

formula bilan ifodalanadi.

Buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti T_m bilan buzilish jadalligi $\lambda(t)$ orasidagi munosabat

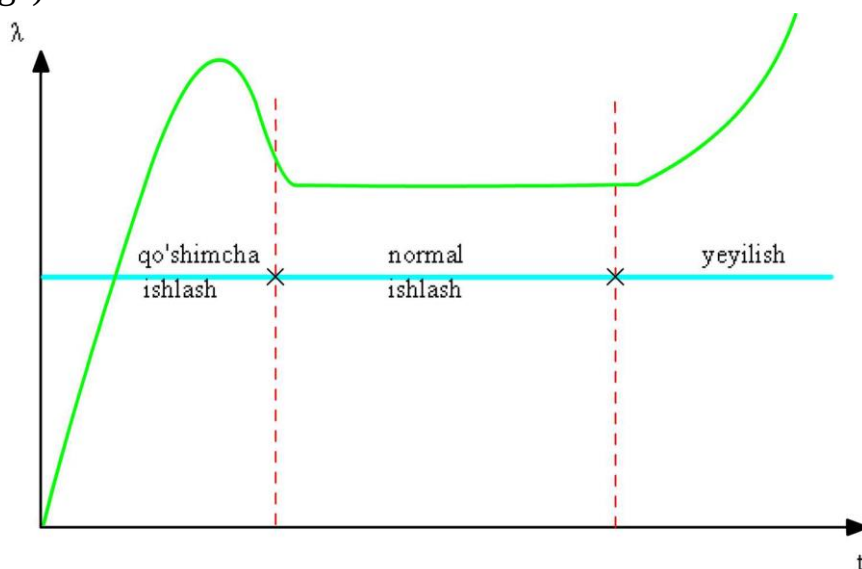
$$T_m = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (5.19)$$

formula bilan, buzilishlar chastotasi $a(t)$ bilan buzilishlar jadalligi $\lambda(t)$ orasidagi bog‘lanish

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t} = \frac{1}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}} \quad (5.20)$$

formula bilan ifodalanadi.

Biror asbob, qurilmaning buzilishlar jadalligi uning butun xizmat qilish davri mobaynida o‘zgarmas bo‘lib qola olmaydi. 6.8-rasmda buzilishlar jadalligi λ bilan vaqt t orasidagi tipik grafik keltirilgan. Grafik bir-biridan osonlik bilan farq qilinadigan uchta uchastkaga ega. Foydalanishning birinchi davri yashirin ishlab chiqarish nuqsonlariga ega bo‘lgan elementlarning ishdan chiqishi natijasida buzilishlar jadalligining keskin ortishi bilan xarakterlidir. Bu **“qo‘shimcha ishlash”** davridir. O‘lchash asboblari uchun u asbob ishlashining taxminan birinchi oyiga (davriga) mos keladi.



5.8-rasm. Buzilishlar intensivligi bilan ish vaqti orasidagi bog‘lanish

Keyinchalik buzilishlar jadalligi turg‘unlashadi va butun normal ish davrida taxminan o‘zgarmas bo‘lib qoladi, bu esa ikkinchi davrga to‘g‘ri keladi. Uchinchi davr buzilishlar jadalligining uzluksiz ortib borishi bilan xarakterli, bu qurilma elementlarining yeyilishi (ishdan chiqishi) va eskirishi bilan tushuntiriladi. Asboblardan foydalanish davri mobaynida buzilishlar jadalligining o‘zgarishi foydalanish davriga qarab mos ravishda o‘zgartirishlar va xizmat ko‘rsatishlar kiritishni talab etadi. Buzilishlar jadalligi yoki buzilishlar orasidagi o‘rtacha vaqt ustida gap borganda doim normal ish davri ko‘zda tutiladi.

O‘lchash va avtomatlashtirish vositalarining ishonchliligi tavsiflarini topishda laboratoriya sinovlari keng tarqalgan. Bu sinovlar real foydalanish sharoitlari bilan bir xil sharoitlarda (o‘sha temperatura, namlik, tebranish va h.k) va

rejimlarda olib boriladi. Ishonchlilik tavsifsini aniqlashning boshqa usuli asbobni foydalanish sharoitlarida bevosita sinab ko'rishdan iborat. Bu usul tizimning istalgan elementining ishonchliligini sinab ko'rish imkoni borligi, sinov o'tkazishning arzonligi va shu kabi qator ustunliklarga ega. Shunga qaramasdan bu usul zarur axborotni olishdagi kechikish va hokazolar bilan ifodalanadigan kamchiliklarga ham ega.

Alohida elementlar va asboblarning ishonchliligi tavsiflarini bilish turli qurilmalarning ishonchliligi tavsiflarini hisoblash imkonini beradi. Agar biror elementning buzilishi sistemaning buzilishiga olib kelsa, ishonchlilik tavsifsini hisoblash quyidagi formulalar bo'yicha olib boriladi:

$$\frac{1}{T_{o'r}} = \frac{1}{T_{o'r_1}} + \frac{1}{T_{o'r_2}} + \dots + \frac{1}{T_{o'r_n}} \quad 5.21$$

bunda $T_{o'r}$ tizim buzilishlari orasidagi o'rta vaqt; $T_{o'r_1}, T_{o'r_2} \dots T_{o'r_n}$ — tizimga kiradigan alohida elementlar va asboblarning buzilishlari orasidagi o'rtacha vaqt.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \quad (5.22)$$

bunda λ — tizim buzilishining jadalligi, $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ — tizimning alohida elementlari buzilishlarining jadalligi.

Keltirilgan formulalar shu narsani tasdiqlaydiki, elementlar soni ortishi bilan tizimning ishonchliligi kamayadi, tizimning ishonchliligi shu tizimga kirgan har qanday elementning ishonchliligidan kam bo'ladi. Ammo bu tasdiq har qanday elementning buzilishi tizimning buzilishiga olib keladigan tizimlar uchun to'g'ri. Bunday tizimlarni (sxemalarni) qurish majburiy emas. Ishonchlilik nazariyasi sxemalarning ishonchliligi uni tashkil etuvchi elementlar ishonchliligidan yuqori bo'lgan sxemalar qurish usullarini ko'rsatadi. Bunday holda foydalaniladigan asosiy usul ehtiyot saqlash usulidir. Odatda, ehtiyot saqlashning blokli va sxemali usulidan foydalaniladi. Blokli ehtiyot saqlashda buzilgan blok o'rniga avtomatik ravishda ehtiyot blok ulanadi, sxemali usulda esa bitta element buzilgan taqdirda sxema elementlari maxsus ulanganligi sababli sxema normal ishlayveradi.

Ehtiyot saqlash, avtomatik tekshirish va buzilgan bloklarni almashtirish usullarini qo'llab, har qanday murakkablikdagi, ishonchliligi yuqori tizimlarni yaratish mumkin. Ammo bu hol qanday bo'lmasin yuqori ishonchlilikka erishishga intilish doim maqsadga muvofiq ekanini anglatmaydi. Bu ish g'oyatda qimmatga tushishi hamda erishilgan natijalar bilan oqlanmasligi mumkin. Kam mas'uliyatli qurilmalarning ishonchliligini bir necha marta orttirish ham maqsadga muvofiq bo'lmasligi ravshan. Har bir konkret holda baho va ishonchlilik orasidagi optimal bog'lanishni izlash lozim.

Konkret o'lchash qurilmasining ishonchliligi hisoblanganda, odatda, uning buzilmasdan ishiash ehtimoli topiladi. Shu ehtimol $p(t)$ deb belgilanadi va

buzilishlarning uch turi e'tiborga olinishi lozim: halokatli (kutilmaganda yuz beradigan), parametrik (sekin- asta yuz beradigan) va vaqti-vaqti bilan yuz beradigan. Bunda har bir buzilish turi mustaqil hodisa deb qaraladi, ya'ni

$$\lambda(t) \lambda(t) p(t) = p_a(t) p_b(t) p_c(t) \quad (5.23)$$

Bunda $p_a(t)$ — halokatli buzilish ro'y berganda buzilmasdan ishiash ehtimoli; $p_b(t)$ — parametrik buzilishda buzilmasdan ishiash ehtimoli; $p_c(t)$ — vaqti-vaqti bilan buzilishda buzilmasdan ishiash ehtimoli.

Vaqti-vaqti bilan buzilishlarda buzilmasdan ishlash ehtimoli birga teng deb olinadi, tayyor qurilmalar uchun u tajriba yo'li bilan topiladi.

o'lchash qurilmasining buzilmasdan ishlash ehtimolini hisoblash uchun funksional sxemasi tuziladi, bu sxema uning asosiy berilgan funksiyasining bajarilishi belgilaydigan barcha elementlarni (tugunlar, bloklar va h.k ni) o'z ichiga oladi. Yordamchi funksiyalarni bajaruvchi elementlar (masalan, o'lchash asboblardagi signal beruvchi yoki nazorat qiluvchi qurilmalar) funksional sxemalarda e'tiborga olinmaydi. So'ngra funksional sxemaga kiritilgan barcha asosiy elementlarning ish rejimi aniqlanadi. Buning uchun, odatda, qurilmadan foydalanishning bir sikli (smena, sutka, oy, yil) uchun yoki butun ishlash davri uchun uning ish grafigi tuziladi. Qurilma va alohida elementlar ishining har bir vaqti oralig'i uchun ish rejimi va sharoitlari (temperatura, namlik, tebranish, zarbalar, atrof-muhitdagi agressiv aralashmalarning tarkibi va miqdori va h.k) aniqlanadi.

Qurilma asosiy elementlaridan har birining ishonchliligining to'liq buzilishlar paydo bo'lishiga bog'liqligi ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$p_a = e^{-(\lambda + \lambda' f)T} \quad (5.24)$$

bunda λ — uzluksiz ish rejimida buzilishlar jadalligi; λ' - ulash va uzib qo'yishda o'tish jarayoni bilan aniqlashadigan buzilishlar jadalligi; f - vaqt birligida sikllar chastotasi; t - buzilmasdan ishlash vaqti.

Bunda λ va λ' miqdorlar elementlardan har birining real ish rejimini hisobga olgan holda olinishi lozim.

Parametrik buzilishning paydo bo'lishida elementlarning ishonchliligi quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$p_b = e^{-\lambda_{ekv} T} \quad (5.25)$$

bunda

$$\lambda_{ekv} = \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_b} \quad (5.26)$$

λ_{ekv} — qiymat ushbu shartdan topiladi:

$$p_b = p_{b_0} + \Delta p_b = p_{b_0} \left[1 + \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_{b_0}} \cdot t \right] \approx p_{b_0} e^{-\lambda_{ekv} t} \quad (5.27)$$

bunda p_{b_0} — boshlang'ich paytdagi parametrik ishonchlilik; Δp_b — vaqtning berilgan paytdagi parametrik ishonchlilik orttirmasi; Δt — vaqtning 100—1000 soat chegaralarda tanlanadigan oralig'i.

So'ngra ushbu funksional sxemaga kiradigan har bir alohida elementning ishonchliligi topiladi.

$$p_j = p_{aj} + p_{bj} \quad (5.28)$$

Qurilma ishining ishonchliligi, umuman, unga kiradigan elementlar ishonchliliklari bilan aniqlanadi, ya'ni

$$p(t) = p_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n p_j \quad (5.29)$$

bunda n — asosiy funksional sxemaga kiradigan elementlar soni. (5.29) munosabat quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$p(t) = \prod_{i=1}^n p_{aj} \cdot \prod_{i=1}^n p_{bj} = p_{a\Sigma} \cdot p_{b\Sigma} \quad (5.30)$$

Uzoq vaqt mobaynida foydalaniladigan o'lchash qurilmalari ishonchliligining (tizimning boshlang'ich holatini, uning buzilmasligini va qayta tiklana olishini e'tiborga oladigan) to'liq tavsifini uning normal ishlash ehtimolidan iborat yoki quyidagi formula bilan topiladigan to'liq ishonchliligidan iborat,

$$p_{\Sigma}(t) = p_o p(t) + (1 - p_o) V(\tau) p(t - \tau) \quad (5.31)$$

bunda p_o — boshlang'ich paytda tizimning tuzuk holatdaligi .I

ehtimolining qiymati $p(t) = e^{-\frac{t}{T_m}}$ — berilgan vaqtga kelib buzilmay ishlash ehtimoli; $(1 - p_o)$ — boshlang'ich paytda tizimning buzuq holatdaligi ehtimoli; $V(\tau) = 1 - e^{-\frac{\tau}{T_b}} - \tau < 1$ vaqtda tizimning qayta tiklanish ehtimoli; $r(t - \tau)$ — qolgan vaqt $(t - \tau)$ davomida buzilmasdan ishlash ehtimoli, bu qo'yilgan masalani yechish uchun yetarli.

Amalda qayta tikiash vaqti T_b , odatda, buzilmasdan ishlash vaqti T_m dan kichik, ya'ni $T_b < T_m$. Demak, (6.31) formula soddalashtirilishi mumkin:

$$p_{\Sigma}(t) = \frac{T_m}{T_m + T_b} e^{-\frac{t}{T_m}} \quad (5.32)$$

Qurilmaning ishonchliligini yuqorida bayon etilganidek hisoblash texnik loyiha va chizmalarni yaratish davrida amalga oshiriladi. Yakuniy hisoblarga zarur tuzatishlar tayyor o'lchash asboblari nusxalarini laboratoriyada (stendda) va naturada (ishlatish sharoitlarida) sinash asosida kiritiladi.

o'lchash qurilmalarini ishlatish jarayonida paydo bo'ladigan buzilishlar, turli kamchiliklar haqidagi, shuningdek, shu kamchiliklarning paydo bo'lish sharoitlari va sabablari haqidagi statistik axborotni qayta ishlash o'lchash asboblarning ishonchliligi haqidagi ma'lumotlar olish usullaridan biridir. Olingan axborot maxsus qayta ishlanadi, natijada o'lchash qurilmalarining ishonchliligini xarakterlovchi kattaliklar topiladi.

Asboblarning ishlatishdagi ishonchliligi ko'p jihatdan ularning konstruktiv ishonchliligi va tayyorlash sifatiga bog'liq. Ammo eng ishonchli asbob ham noto'g'ri ishlatilganda ishonchsiz holatga keltirib qo'yilishi mumkin. Shuning uchun asboblarning ishonchliligini oshirishda ulardan to'g'ri foydalanish asosiy shartlardan biridir.

Nazorat savollari:

1. Texnik qurilmalar qanday ekspluatatsion tavsiflar orqali baholanadi?
2. o'lchash asboblarning ishonchliligi deb nimaga aytiladi?
3. o'lchash asboblari buzilmasdan ishlash ehtimolligi nima- larga bog'liq?
4. Buzilishlar jadalligi va buzilmasdan ishlash ehtimolligi orasidagi bog'liqlikni berilgan formula orqali tushuntirib bering?
5. Asboblarning ishlatishdagi ishonchliligi nimaga bog'liq?
6. o'lchash qurilmasining buzilmasdan ishlash ehtimolini hisoblash uchun nima qilinadi?
7. Ish joylarini yoritishga (sun'iy) qo'yiladigan asosiy talablar nimalardan iborat?
8. Badiiy-konstruktorlik yechimini baholashda qanday ko'rsat- kichlar qo'llaniladi?
9. Odam operator ning asbob-uskunalar bilan bog'lanishini optimallashtirish uchun nimalarni bilish zarur?

VI -BOB. AVTOMATLASHTIRILGAN LOYIHALASH TIZIMLARI

6.1. Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari qurish asoslari

Yangi texnik vositalarni ishlab chiqarishdagi ulkan o'zgarishlar, zamonaviy elektronika vositalarni ishlab chiqarish, fan-texnikaning ilgarilab ketishi, katta-katta loyihalash ishlarini bajarishni taqazo etadi. Loyihaning sifatiga va bajarilish muddatiga bo'lgan talab, loyihalash obyektlarining murakkablashib borishi, ularda bajarila- digan funksiyalarning muhimligiga qarab, loyihalash jarayonidagi eng muhim aspektlaridan biri hisoblanadi. Bu talabni qondirish, loyihalovchilarning sonini oshirish yo'li bilan hal qilinib bo'lmaydigan muammo bo'lib, bu muammoni faqat loyihalash ishlarida hisoblash texnikasi vositalaridan imkoni boricha keng foydalanish bilan, loyihalash protseduralarini avtomatlashtirish yo'li bilan hal qilish mumkin bo'lib qoladi.

Loyihalashni avtomatlashtirishdan maqsad loyihalash sifatini oshirish, loyihalash jarayoniga ketadigan sarf xarajatlarni kamaytirish, loyihalash vaqtini qisqartirish, loyihalash ishi bilan band bo'lgan injener texnik xodimlar sonini o'sib borishini bartaraf qilish, ularni ishlab chiqarish faoliyatlarini samarasini yanada oshirishdan iborat. Biroq hamma hollarda ham, loyihalashning oddiy usulidan, avtomatlashtirish usuliga o'tilganda, yuqorida qayd qilingan barcha maqsadlar, bir vaqtda hal qilinavermaydi. Masalan, ko'p hollarda loyihalash jarayonini, mahsulot sifatiga e'tibor bermay teziyashtiriladi, ko'p hollarda esa mahsulot sifati oshirilganda materiallarga ketadigan sarf xarajatlar oshib ketishi kuzatiladi. Lekin shu kamchiliklarga qaramay, loyihalash jarayoniga sarf qilinadigan vaqt miqdorini sezilarli qisqartiriladi. Masalan, mikroelektronikada KIS larni, J KIS larni loyihalash jarayonini avtomatlashtirilgan loyihalovchi tizimlarsiz yaratishni tasvvur ham qilib bo'lmaydi.

Turli stanoklarni ishlab chiqarishni avtomatlashtirish esa ishlab chiqarish hajmiga yiliga sezilarli ta'sir ko'rsatib, loyihalovchining ishlab chiqarish faoliyatini 5-10 marotaba oshiradi.

Umuman, hozirgi yangi elektronika vositalarini ishlab chiqarishni, loyihalash jarayonlarini avtomatlashtiruvchi tizimlarsiz tasvvur etish mumkin emas.

Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari, (ALT lar) - bu loyihalash jarayonini avtomatlashtiruvchi texnik va dastur vositalari bilan loyihalash tashkiloti va loyihalovchi mutaxassislarning uzviy ishlashlarini ta'minlovchi kompleks vositalardir.

Tizim va mahsulot murakkabligi oshib borishi bilan loyihalash usullarining juda eskirganligi orasidagi tafovut salbiy ko'rinishga olib keladi:

-loyihalash muddatining cho'zilishi (alohida hollarda esa mahsulot tayyorlash yoki loyihalash bosqichida eskiradi);

-loyihalashdagi xatolar soni ko'p bo'lib, ular kech, tayyorlash vaqtida aniqlanadi. Bu esa qimmatga tushadi;

-eng yaxshi variantni tanlash maqsadida loyiha yechimlarining hamma variantlarini tahlil qilish qisqa muddatda bajarish imkoniyatining yo'qligi.

Loyihalashni avtomatlashtirishni, mustaqil ilmiy - texnik yo'nalish qilib ajratish avtomatlashtirilgan loyihalash jarayonlari bilan avtomatlashtirilmagan loyihalash jarayonlari orasidagi sezilarli farqlarni kuzatish davomida yaqqol namoyon bo'ladi. Loyihalashni avtomatlashtirish predmeti bo'lib, loyihalash protseduralarini formallashtirish, loyihalash jarayonlarini strukturalashtirish va tiplash, loyihalash masalalarini yechish algoritmlari, metodlari modellarini yaratish, dastur yozish, ma'lumotlar bankini tashkil qilish va ularni yagona loyihalash tizimga birlashtirishdan iborat.

Avtomatlashtirilgan loyihalash deganda, biror bir kerakli mahsulotni loyihalash uchun EHM va uning dasturli ta'minotidan foydalanish tushuniladi.

Avtomatlashtirilgan loyihalash esa o'z ma'lumotlar bazasiga, dasturlar kutubxonasiga va ularni bog'lovchi qism tizimlariga ega bo'lgan EHM larga asoslangan hisoblash texnikasi metodlari va texnik bilimlarni qandaydir tizimga jamlashni anglatadi.

ALT lar tizimli tashkil qilinishi nuqtai nazaridan quyidagicha sinflarga bo'linishi mumkin:

1. Vaqtini bo'laklovchi. Bunda bir qancha amaliy dasturlar bitta EHM larda bajariladi. Bu dasturlar bir-birlariga bog'liq bo'lmagan dasturlar hisoblanadi. Foydalanuvchilar EHM markaziy protsessori ishlash vaqtini o'zaro bo'lib olishadi.

Tizimni bo'laklash. Bir qancha foydalanuvchilar bitta umumiy amaliy dasturni bajarish uchun, bitta ma'lumotlar bazasida, bitta EHM da ishlaydilar. Ular ALT resurslarini bo'lishib oladilar.

EHM qurilmalaridan foydalanish bo'yicha ikki xil asosiy tizimlar mavjud:

- avtonom tizimlar, ya'ni boshqa tizimlarga bog'liq bo'lmagan holda ishlaydigan tizimlar;
- boshqa EHM va uning ma'lumotlar bazasi bilan terminal qurilmalar orqali bog'langan tizimlar.

Loyihalash jarayonini avtomatlashtirishni o'rganishdan oldin, loyihalash jarayonini va uning soddalashtirilgan modeli bilan tanishib chiqishimiz kerak. Oddiy soddalashtirilgan loyihalash jarayonining umumiy modelini ko'rib chiqamiz. (7.1-rasm).

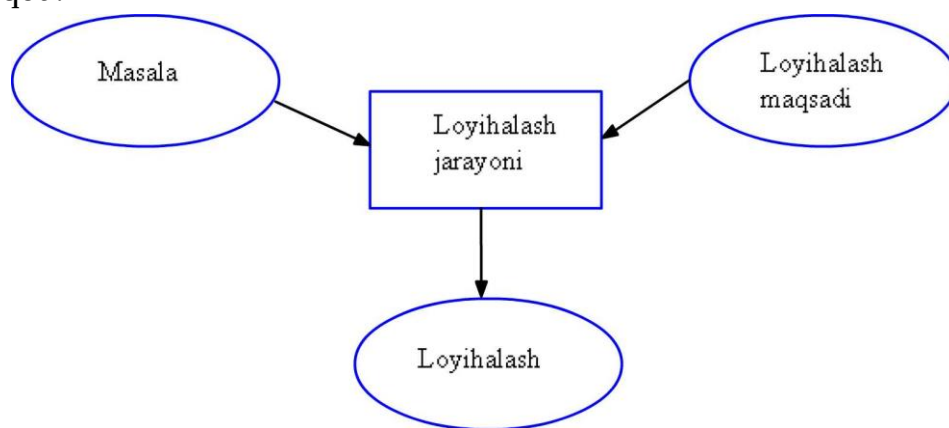
Ko'rsatilgan modelni izohlaymiz:

- loyihalash maqsadi o'zgarmaydi;
- loyiha yaratish uchun aniqlangan texnologik tipli bilimlar kerak bo'ladi;

-loyihalash jarayoni hujjatlashtirish mumkin bo'lgan va ishlab chiqarishda foydalaniladigan axborotlarni (loyihani) yaratadi.

“Loyiha” - bu yaratilayotgan mahsulotning modeli bo'lib hisoblanadi.

Shunday qilib, yangi mahsulotni (obyektni) hisoblash texnikasi vositalarisiz, ya'ni loyihalash jarayonini avtomatlashtirishsiz yartishga sezilarli vaqt va mehnat resurslari sarf qilinadi. Zamonaviy murakkab hisoblash tizimlari (super EHM, SHEHM, mikroprotessorli hisoblash vositalari) yaratilishi bilan, ularni qo'lda loyihalash umuman mumkin bo'lmay qoladi. Bu esa loyihalash jarayonining asosiy masalalarini ALT lar yordamida bajarish zaruriyatini keltirib chiqarmoqda.



6.1-rasm. Loyihalash jarayonini umumiy modeli loyihalash bosqichlarini ko'rib chiqaylik:

parametrlari, tugunlari, tekshiruvchi hisob-kitoblari tahlil va sintezini optimallashtirish masalasiga qaratilgan.

4-bosqichda loyiha hujjatlari tayyorlanadi. Bu erda kirish, chiqish qurilmasi, grafik quruvchi qurilma yordamida, EHM orqali masala yechimiga bog'liq hisob-kitob o'tkazilganidan keyin zarur chizmalar, konstruktorlik hujjatlari olinadi.

5-bosqichda tugun va qurilma namunalari va maketlari ustidan tajriba o'tkazilishi mumkin. EHM tajriba ketishini boshqarish va natijalarni qayta ishlashi mumkin.

Endi ALT ning zamonaviy holatini ko'rib chiqamiz:

Mavjud ALTlarga misol keltiramiz: ASPAP-agregat yuzalarini ALT; APROKS-kemalar korpusi tuzishni ALT; ASPOS-qurilish obyektlarini ALT (qurilish jarayonini tanlashdan boshlab konstruksiya elementlarini hisob-kitobgacha); ESAP- yagona ALT ni o'z ichiga oluvchi matematik, mantiqiy va texnik loyihalash bosqichlari, konstruktorlik va texnik hujjatlarni tayyorlashni oladi.

Nazorat savollari:

1. Loyihalashni avtomatlashtirishdan maqsad nima?
2. Loyihalash bosqichlarini sanab bering.
3. ALT lar tizimli tashkil qilinishi nuqtai nazaridan qanday sinflarga bo'linishi mumkin?
4. Avtomatlashtirilgan loyihalash deganda nimani tushinasiz?
5. Qanday dasturlar amaliy deyiladi?
6. Loyihalash jarayonini umumiy modelini tushintirib bering.
7. "Loyiha" va "Modelni" qanday farqi bor?
8. LAT ning strukturaviy sxemasini tavsiflab bering.

6.2. Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari

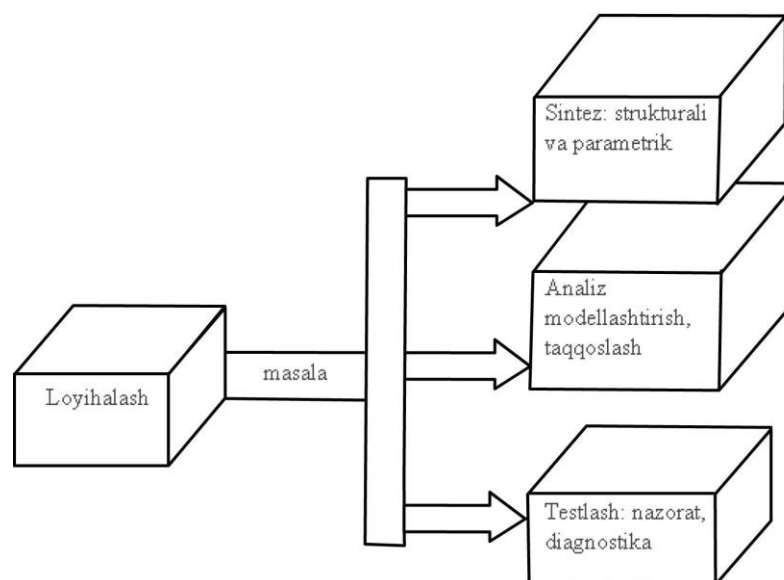
Loyihalashni turli bosqichlarida yechiladigan masalalarni uchta guruhga bo'lish mumkin: sintez, analiz, testlash (tekshirish) (6.2-rasm).

Sintez masalasi strukturali va parametrik sintez protsedurasini yaratishga qaratilgan. Strukturali sintez qilishda obyekt strukturasi, ya'ni uning elementlarini tashkil qiluvchilari va ularni o'zaro bog'lovchilari aniqlanadi. Parametrik sintez esa berilgan strukturadagi elementlarning sonli qiymatlari va ularni ishlash qobiliyatlari uchun shart-sharoitlarni aniqlash hisoblanadi.

Analiz qilish- bu obyektlarning uning izohlanishi bo'yicha ishlash qobiliyatini aniqlashdan iborat.

Loyihalashni avtomatlashtirish- bu maxsuslashtirilgan va universal EHM larda, yuqorida ko'rsatilgan masalalarni to'la yoki qisman yechishni taqozo qiladi. Loyihalashni avtomatlashtirish quyidagi bazali ta'minotlarga ega: matematik ta'minot (MT); texnik ta'minot (TT); lingvistik ta'minot (LT); dasturli ta'minot (DT); axborotli ta'minot (AT); tashkiliy ta'minot (TSHT); uslubiy ta'minot UT.

Turli ko'rinishdagi bazali ta'minot to'plami loyihalashni avtomatlashtirish vositalari kompleksini tashkil qiladi. Shundan kelib chiqib, ALT lar loyihalash tashkilotlari bilan o'zaro munosabatni ko'rsatuvchi va avtomatlashtirilgan loyihalashni bajaruvchi, loyihalashni avtomatlashtirish vositalari kompleksidan tashkil topgan, tashkiliy, texnik tizimlar ko'rinishida aniqlanadi.



6.2-rasm. Loyihalashni avtomatlashtirish masalalar

Loyihalashni avtomatlashtirish. Har bir ALT loyihalash obyektini va loyihalash masalasini izohlovchi vositaga Birinchi navbatda loyihalash masalasi formallashtiriladi. Soʻngra ALT LT vositalarida koʻrilgan ichki tillarda dastlabki maʼlumotlarni tasvirlash amalga oshiriladi. Bu maʼlumotlar insonlar oson qabul qila oladigan shakllarda tasvirlanishi kerak, soʻngra mashinada qayta ishlash uchun mashina ichki tiliga oʻgiriladi. bunday protsedura translyasiya qilish deb ataladi. Translyatsiya jarayonida berilgan izohlarda sintaksis va semantik xatoliklar yuzaga kelishi mumkin. Ichki kirish tillarida tasvirlangan kirish axborotlari amaliy dasturlar (dastur 1.....N) uchun dastlabki maʼlumotlarni tashkil qiladi. Bu dasturlarning ketma-ket bajarilishi, loyihalash yoʻnalishining bajarilishini koʻrsatadi. Olingan natijalar dastlab ichki kiritish tillarida tasvirlanib, soʻngra loyihalovchi tushinarli shaklda kerakli qurilmaga chiqariladi.

Axborotni kiritish - chiqarishni tashkil qilish, amaliy dasturlarni berilgan loyihalash yoʻnalishidagi oʻzaro munosabatlarini tashkil qilish uchun boshqaruvchi tizim ALT operatsion tizimidan foydalaniladi.

Maʼlumotlar asosan magnit axborot tashuvchilar bazasida saqlanadi. Amaliy dasturlarning oʻzaro munosabatlarini maʼlumotlar bazasini boshqarish tizimi (MBBT) orqali amalga oshiriladi. Har bir amaliy dasturlarda maʼlumotlarni qayta ishlash, ALT MT lari takibidagi uslub va vositalarni ishlatuvchi algoritm boʻyicha bajariladi.

Hozirgi vaqtga kelib, hisoblash texnikasi mahsulotlarini loyihalash uchun bir qancha katta ALT lar yaratilgan. Bunday tizimlarga misol qilib, PCAD, OrCAD, AutoCAD, DISAP, Puls, mantiqiy sxema ALT lari, PROEKT, KOMPAS tizimlarini keltirishimiz mumkin.

Radioelektron ishlab chiqarish sanoati uchun RAPIRA ALT yaratilgan boʻlib, bu tizim keyinchalik PRAM tizimini yaratish uchun asos qilib olindi. ALT

lar radioelektron apparaturalarini loyihalashdagi katta - katta masalalar yechiladi, masalan, funksional va prinsipial sxemalarni modellashtirish, nazorat qiluvchi va diagnostika qiluvchi testlarni sintez qilish, bosma platalarni konstruksiyalash, konstruktorlik hujjatlarini yaratish va dasturli boshqariladigan texnologik avtomatlar uchun boshqaruvchi hujjatlar tayyorlash va boshqalar.

Nazorat savollari:

1. Loyihalashni turli bosqichlarida yechiladigan masalalarni nechta guruhga bo'linadi va qaysilar?
2. Sintez, analiz, testlash masalalarida qanday ishlar olib boriladi?
3. Loyihalashning asosiy etaplarini ayting.
4. LAT ning strukturaviy sxemasini tasvirlabbering.
5. Ma'lumotlar asosan qaysi axborot tashuvchilar bazasida saqlanadi.
6. Solishtirma issiqlik sig'imi va issiqlik sig'imining nima farqi bor.
7. Harorat shkalalarni tushintirib bering?
8. Tovush to'liqlari deb nimaga aytiladi?

6.3. Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarini matematik va axborot ta'minoti

ALT lar matematik ta'minoti maxsus va umumiy matematik ta'minotga bo'linadi. Umumiy matematik ta'minot tarkibiga loyihalashning turli ierarxik darajalarida keng qo'llaniladigan matematik modellar, algoritm va metodlar kiradi. Jumladan, umumiy matematik ta'minot ko'p variantli analiz qilish metodlari va parametrik optimallashtirish metodlarini o'z ichiga oladi. Maxsus matematik ta'minot loyihalashning alohida darajalari uchun maxsuslashtirilgan bo'lib, uning tarkibiga loyihalash obyekti matematik modeli va bir variantli analiz algoritmlari va metodlari kiradi.

Loyihalash obyektining matematik modeli. Model sinflari. Matematik obyektlar (sonlar, o'zgaruvchilar, vektorlar, to'plamlar) va ular orasidagi munosabatlar injener - loyihalovchilarni qiziqtiruvchi, loyihalovchi obyekt xususiyatlari to'plami fizik obyektlarning matematik modeli deyiladi.

Matematik modellar bir qancha belgilarga ko'ra sinflarga bo'linadi. Obyektning xususiyatlarini tasvirlashga qarab modeliar funksional, texnologik va strukturali modellarga bo'linadi.

Funksional model obyektning ishlash jarayoni bilan bog'liq xususiyatlarini tasvirlaydi, texnologik model esa obyektning tayyorlash bilan bog'liq xususiyatlarni tasvirlaydi, strukturali modeller obyektning strukturasini xususiyatlarini, jumladan, geometrik tuzilishini tasvirlaydi.

Modelni hosil qilish usuliga qarab, nazariy va empirik modellarga bo'linadi. Nazariy modellarni obyektning ishlash jarayonidagi fizik qonuniyatlarini

o'rganish asosida hosil qilinadi. Empirik modellarni esa obyekt xususiyatlarining tashqi ko'rinishini o'rganish jarayonida yaratildi.

Loyihalash jarayonida, har bir loyihalash darajasi va bosqichlari uchun yaratilishi, foydalanishi, ishlatiladigan matematik apparat xarakteriga qarab turlicha bo'lgan modellardan foydalaniladi. (6.1- jadval). Jadvaldan ko'rinib turibdiki, modellarning ko'pchiligi tenglamalar sistemalari orqali tasvirlanadi. ALT larda bu tenglamalar sonli metodlar orqali yechiladi. Bunday modeliar algoritmik modeliar deyiladi. Ko'pincha alohida elementlar va murakkab bo'lmagan obyektlarga mos keluvchi tenglamalar sistemasini umumiy hollarda yechish va chiquvchi, ichki va tashqi parametrlarning o'zaro bog'liqligini analitik ko'rinishda ko'rsatish mumkin. Bunday natijalar analitik modeliar deb ataladi. Algoritmik modellarning xususiy hollarda imitatsion modeliar deb atash mumkin. Imitatsion model bu obyektning ishlash jarayonini imitatsiya qiluvchi algoritim hisoblanadi, ya'ni fazoviy o'zgaruvchilarning vaqt bo'yicha bog'liqligini, obyekt kirishlariga bo'lgan turli ta'sirlarni hisoblovchi algoritim hisoblanadi.

Obyekttni shu ierarxik darajada izohlash darajasiga qarab modellar to'la modeliga va makro modellarga bo'linadi. To'la model deb, elementning hamma modellarini umumiy tizimiga birlashtirib hosil qilingan modelga aytiladi. Makromodel esa to'la modelning bo'laklanishidan hosil qilinadi. Makromodel obyektning ichki holatini ifodalaydi.

6.1- Jadval]

Loyihalash aspekti yoki darajasi	Loyihalash obyekti	Matematik modellar
Tizimli Funksional mantiqiy Sxemotexnika Komponentli Konstruktorlik (issiqlik va mexanik jarayonlarni analiz qilish) Konstruktorlik (komutatsiyali, montajli masalalar) Texnologik	Hisoblash tizimlari. Raqamli apparatlar qurilmasi va bloki. Analogli apparatlar qurilmasi va bloki Radioelektron sxema. Integral MS elementlari, ularni ishlash va tayyorlanish jarayonida IMS kristallari. Konstruksiyalash IS, TEZ kristallari. Texnologik	Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimli imitatsion modeli Mantiqiy tenglamalar tizimi Oddiy differensial tenglamalar tizimi Oddiy differensial tenglamalar tizimi Matematik-fizik tenglamalar uchun chekli masalalar. Matematik-fizik tenglamalar uchun chekli masalalar. Algebraik oddiy differensial tenglamalar

	jarayonlar	tizimi Graflar, regression tenglamalar.

Modelni tasvirlash uchun ishlatiladigan matematik apparat xarakteriga bogʻliq holda ham matematik modeliar bir qancha sinflarga boʻlinadi. Masalan, tenglamalar tizimining chiziqli va chiziqli emasligiga qarab modellar chiziqli va chiziqli emas boʻlishi mumkin. Modellarda uchraydigan oʻzgaruvchilar xarakteriga qarab uzluksiz va diskret modellar mavjud. Diskret modellarning xususiy hollari boʻlib, buleva (ikkilikli), uchlikli, beshlikli modellar hisoblanadi. Modelda obyekt parametrlarining ehtimollik xarakterining tasvirlanishiga qarab modellar statik va determinirlashgan modellarga boʻlinadi.

Graf koʻrinishidagi modellarni topologik modellar, jadval va matritsa koʻrinishidagi modellarni esa jadvalli modellar deyiladi.

Blokli - ierarxik loyihalash va matematik modellar. Loyihalash obyekti blokli - ierarxik tasvirlashda ham ularni matematik tasvirlashdan foydalaniladi, yaʼni har bir ierarxik darajada loyihalash obyekti oʻz matematik modeliga ega boʻladi.

Obyekt modelining murakkabligini, har bir ierarxik darajada kamaytirishga intilish, loyihalash obyekti haqidagi tasvvurlarini bir qancha darajaga boʻlishni taqazo etadi. Lekin bu holda turli darajalarda olingan natijalarni oʻzaro keltirishi masalasi murakkablashib ketadi. Konkret obyektни loyihalashda, foydalaniladigan ierarxik darajalar soni ALT larni tashkil qilishda qabul qilingan anʼanalarga, foydalaniladigan matematik va dasturli taʼminot imkoniyalariga bogʻliq.

Koʻpgina texnik mahsulotlarni loyihalashda, makrodaraja (V daraja), mikrodaraja (B daraja), metadaraja (A daraja) ierarxik darajalarida modellashtirish amalga oshiriladi.

Mikrodaraja modellashtirishda, fazoviy oʻzgaruvchilar, fazoviy koordinatalar va vaqtga tegishli bir qancha mustaqil oʻzgaruvchilar funksiyasi kabi boʻlib, bunday holda fazo ham, vaqt ham uzluksiz deb koʻriladi. Bu darajadagi matematik modellar, uch oʻlchovli inuhltida yuz beradigan jarayonlarni tasvirlashi kerak. Mikrodaraja elementlari boʻlib katta hajmdagi, strukturalarning uchastkalari hisoblanadi, masalan, integral sxemaning rezistiv sohasining burchakll uchastkasi boʻlishi mumkin. Ichki parametrlari boʻlib esa, rezistorning qarshiligi hisoblanadi.

Bu darajada obyektlarning tipli matematik modellari boʻlib xususiy darajali differensial tenglamalar hisoblanadi. Taʼsir etish xarakteriga va fazoviy taqsimlangan fazoviy oʻzgaruvchilarga qarab, bunday modellarni taqsimlangan modellar deb ataladi. Xususiy differensial tenglamalarni yechish murakkab jarayon hisoblanadi. Taqsimlangan modellardan, kam sonli uchastkali obyektlar uchun

foydalaniladi, uchastkalar soni va fazoviy sohalarning oshirib luulsilil, musalanlng murakkablashib ketishi, keying ierarxik – mikro darajaga o'tish zaruriyatini keltirib chiqaradi.

Mikrodarajada diskret fazodagidek muhit haqidagi tasavvurlardan foydalaniladi. Bunday diskretlash taqsimlangan modeldan ma'lum bir obyektning aniqlashtirilgan modeliga o'tishini anglatadi. Bu darajadagi elementlar, mikrodarajada tizim deb qaralgan obyektlar (radioelektron sxemalar rezistorlari, tranzistorlari kabilar) bo'lishi mumkin. Bu elementlar parametrlari, mikrodarajada chiqish parametrlari hisoblangan bo'lsa, bu yerda ichki parametr hisoblanadi. Makrodarajada chiqish parametrlari bo'lib, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti, optik qurilmaning ruxsat etilagan xususiyati, dvigatel og'irlik kuchi va boshqalar hisoblanadi. Ommaviy fazoviy o'zgaruvchilar bo'lib, elektrik tizimlaridagi tok va kuchlanish hisoblanadi.

Makrodarajada matematik modeliar bo'lib, oddiy differensial tenglamalar hisoblanadi. Xususi hollarda statik masalalar algebraik tenglamalarga aylantiriladi. Lekin elementlar sonining ko'payishi bilan tenglamalar tizimi darajalari oshib ketishi, makrodarajadagi matematik modeliar asosida masalalarni yechishni qiyinlashtirib yuboradi va keyingi ierarxik darajada tasvirlash zaruriyatini keltirib chiqaradi.

Megarajadagi tizimlar bo'lib murakkab qurilmalar va komplekslar hisoblanadi. Masalan, axborotli va hisoblash tizimlari ishlashlarini diskret tasavvur qilish, elementlar holatlarini xarakterlovchi kattaliklar hisoblangan fazo o'zgaruvchilarini diskretligini bildiradi.

Elementlar va ichki parametrlar vazifasini, oldingi ierarxik darajadagi tizimlar va chiqish parametrlari bajaradi. EHM elementlari bo'lib, arifmetik qurilma, operativ xotira va kiritish qurilmalari hisoblanadi. Chiqish parametrlariga misol qilib, tizimiga kelib tushayotgan buyurtmalarga xizmat ko'rsatish ehtimolligi, xizmat ko'rsatishga navbat kutish vaqti, qurilma tezkorligini keltirishimiz mumkin.

Megadarajada matematik modellarni yaratish uchun avtomatik boshqarish nazariyasi metodlar, eksperimentlarni rejalashtirish, mantiqiy matematik, ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi metodlaridan foydalaniladi.

Matematik ta'minotga talablar. Biror bir texnik obyekt loyihalashda, matematik ta'minotni tashkil qiluvchi, matematik modelni yaratish metod va algoritmlarni tanlash uchun bir qancha talablarni e'tiborga olish kerak bo'ladi. Asosiy talablarga universallik, algoritmik puxtalik, aniqlik, mashina vaqtiga bo'lgan sarflarni chegaralash, xotira hajmiga kam foydalanish kabilar kiradi.

Matematik ta'minotning universalligi deyilganda, bu ta'minotdan bir qancha loyihalash obyektlarini loyihalashda foydalanish imkoniyati borligi

tushuniladi. Masalan: MBQ larini sintez qilishda foydalaniladigan metod va modellar, berilgan baza elementlarini oldindan ko'rsatilgan cheklanishlar asosida, xohlagan obyektни yaratishni ta'minlay olishi kerak. ALT lardan matematik ta'minotning asosiy xususiyatlaridan biri ularning yuqori universallikka ega ekanligi hisoblanadi. Yuqori universallikka ega bo'lishi esa bunday ALT lardan bir qancha loyihalash obyektlari uchun foydalanish imkonini beradi.

Matematik ta'minotning komponentlarining muhim xususiyatlaridan biri bu ta'minotdan foydalanilganda olinadigan natijaning to'g'ri bo'lishligi hisoblanadi va shunday holdagina bu ta'minot algoritmik puxta deyiladi. Algoritmik puxtalik asosan olingan natija qanchalik to'g'riligi ehtimoligiga qarab baholanadi. Agar bu ehtimollik birga teng bo'lsa, yoki unga yaqinlashib borsa, u holda bu ta'minotni yaratish uchun foydalanilgan metod algoritmik puxta metod deyiladi. ALT larda algoritmik puxta metod bo'lmagan metodlardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'lmaydi.

Algoritmik puxtalik bilan, sharoitga moslashtirish uzviy bog'langandir. Sharoitga moslashtirilmagan hollarda, berilganlardagi ozgina xatoliklar, natijada katta xatoliklarni yuzaga keltirishi mumkin. Loyihalashning har bir bosqichida o'zining oraliq natijalari va har bir bosqichdagi xatolik kelib chiqish manbaalari mavjud. Shu sababli yomon sharoitga moslashtirish natijasida xatoliklar juda kattalashib ketishi mumkin.

Ko'pgina matematik ta'minot komponentlari uchun aniqlik muhim hossalardan biri hisoblanadi. Aniqlik – bo'lgan natija bilan haqiqiy olinishi kerak bo'lgan natijaning mos tushishligi hisoblanadi. Algoritmik puxta metodlar har xil aniqlikdagi natijalarni berishi mumkin.

Universal model va metodlarda hisoblash ishlari ko'p bo'lib, loyihalash masalasining hajmi kattalashib ketishi mumkin, shuning uchun ko'pgina ALT protseduralarida T-mashina vaqtini, sarf qilish loyihalash harajatlarini va loyihalashga ketadigan vaqtning oshib ketishiga olib keladi. Shuning uchun T ni minimallashtirish loyihalash jarayonidagi muhim talablardan biridir.

Yuqori universallikka ega, aniq natijali va kam mashina vaqtini talab qiluvchi matematik ta'minotni yaratish doimo bir - biriga qarama - qarshi bo'lib, keladi. Shuning uchun matematik ta'minotning komponentlari ba'zi bir masalalarni hal qilish uchun sifatli bo'lsa, boshqa masala uchun kam sifatli bo'lishi mumkin. Shuning uchun ALT larda model va metodlarning har xillarini o'zida mujassamlashtirilgan kutubxonalar tashkil qilish kerak.

Mashina vaqtini tejash talabidan keyingi talab, xotira hajmini tejash talabidir. Bu talab matematik ta'minotning qanchalik iqtisodlashtirilganligini ko'rsatadi va tuzilgan dastur uzunligi bilan xarakterlanadi. Hozirgi davrdagi operativ xotira hajmini sezilarli darajada katta bo'lishligiga qaramay, uni tejash

aktual masala bo'lib qolmoqda. EHM laming multidasturli ishlash rejimida, katta xotira hajmini talab qiluvchi masalalar pastroq ustunlikka ega bo'lishi va natijada bu masalalarni qayta ishlash vaqti oshib ketishi kuzatiladi. Bunday murakkablikni yechish uchun tashqi xotiralardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu esa operativ va tashqi xotiralarning o'zaro ma'lumotlarni almashishlari uchun, T-vaqtni oshib ketishiga olib keladi.

Matematik modellarni hosil qilish metodlari. Matematik modellarni hosil qilish metodlarini ikki guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruh metodlariga, turli ierarxik darajalarda elementlar matematik modellarini va tizimlar makromodellarini hosil qilish metodlari kiradi. Bunday metodlarning xarakterli xususiyatlari bo'lib, ularda formal bo'lmagan (everistik) usul va protseduralardan foydalanish hisoblanadi. Modelning matematik munosabatlari ko'rinishi tanlash protsedurasi formallashtirilmagan hisoblansa, keyingi bosqich model parametrlari sonli qiymatlarini aniqlash formallashtirilgan bo'lishi mumkin.

Birinchi guruh matematik modellarni hosil qilishda nazariy va eksperimental metodlar mavjud. Nazariy metodlar modelda tasvirlanadigan jarayonlarni fizik qonuniyatlardan foydalanib yaratishga asoslangan. Modelni hosil qilish, modellashtirilayotgan obyektning maxsus xususiyatlarini tasvirlovchi qator yengilliklar qabul qilish bilan olib boriladi. Hosil qilinayotgan modeliar asosini, yechimi fazoviy o'zgaruvchilarning o'zaro bog'liqligi hisoblangan tenglamalar tizimi tashkil qiladi. Bu modeliar algoritmik modeliar hisoblanib, ular o'zgaruvchilarning nisbatan keng diapazonlarda o'zgarishida ham to'g'ri hisoblanadi.

Eksperimantal metodlar obyekt modelini uning parameterlarining o'zaro bog'liqligi va obyektning fazoviy o'zgaruvchilarini eksperimentlar yo'li bilan hosil qilishga asoslangan. Eksperimentlar yaratilgan obyektlarning o'zida yoki ularning fizik modellarida (maketlar, stendlar) yoki to'la matematik modellarida o'tkazilib makromodel hosil qilinadi. Eksperimental ma'lumotlarni matematik modelga o'zgartirish jarayonida, ularni modelga o'zgartirish uchun eksperimentlarni rejalashtirish metodlaridan foydalaniladi.

Eksperimental metodlar, inersiyaga ega bo'lmagan, o'zgaruvchilari o'rtasida nisbatan tekis bog'liqlikka ega obyektlarni modellashtirishga qulay hisoblanadi. Ko'pincha bu metodlarning foydalanish natijasi bo'lib, xususiylar xarakterga ega bo'lgan faktorli modellar hisoblanadi.

Element modellarni hosil qilishda formal bo'lmagan metodlardan foydalanish, ko'pgina loyihalash protseduralarining avtomatlashtirish darajasini kamaytiradi deb o'ylash to'g'ri bo'lmaydi. Chunki aniq mo'ljallangan tizimlardagi element turlari soni, elementlar sonidan ancha kam bo'lib, bu element turlari ko'pgina loyihalanilayotgan tizimlarda takroran foydalaniladi. Bundan tashqari,

har bir element turi uchun aniqligi, iqtisodliligi, universallik ko'rsatkichlari bilan farqlanadigan bir qancha modellar yaratish imkoniyati ham tug'iladi. ALT larda hamma unifitsirlashtirilgan element tiplari modellari elementlar modellari kutubxonasiga kiritib qo'yiladi. ALT lardan foydalanishda har doim yechish kerak bo'ladigan masala bo'lib, tizim modellarini yaratish va analiz qilish hisoblanadi.

Ikkinchi guruh metodlariga, elementlarning berilgan modellaridan tizimning to'la matematik modellini hosil qilish metodlari kiradi. Bunga bu metod bilan tizim modelini hosil qilish metodlari kiradi. Bu metod bilan tizim modelini hosil qilish protsedurasi to'laligicha formallashtirilgan bo'lishi mumkin bo'lgan ikkinchi guruh metodlari hisoblanadi. Bunday metodlarga misol qilib, elektrotexnikadagi zanjir potentsiallari farqi usullarini, mexanikada o'rin almashish, avtomatik boshqarish tizimlarida funksional modellashtirish kabilarni keltirishimiz mumkin. Ikkinchi guruh metodlari asosini quyidagi ikki qarashdan biri tashkil qiladi.

Birinchi qarash, elementlarda tashqi ta'sirlarning tarqalishi bir yo'nalishli, ya'ni kirishdan - chiqishga qarab bo'lishligiga yo'l qo'yishga asoslangan. Boshqacha qilib aytganda, element holatini o'zgarishida yuklanish, manba elementiga ta'sirlarni to'g'ri tarqatuvchi, bog'lovchi shoxlar orqali uzatilmaydi. Bu qarash hisoblash qurilmalarining mantiqiy sxemalarini hosil qilishda, avtomatik boshqarish tizimini modellashtirishda va turli ommaviy xizmat ko'rsatuvchi tizimlarda, ya'ni metadarajada matematik modeliar tashkil qilishda keng tarqalgan.

Ikkinchi qarash birinchi qarashdagi qabul qilingan yo'l qo'yishlar bilan bog'lanmagan, ya'ni modellashtirilayotgan obyekt elementlarida tashqi bog'lanishlarni kirish va chiqish bog'lanishlariga ajratish shart emas, undan tashqari modellarning bir yo'nalishiga bo'lgan cheklanish olib tashlanadi. Bu qarashni ishlatish ancha murakkab hisoblanadi. Ularning invariantligi, fizik tizimlarda analoglar borligiga asoslangan, shuning uchun bu metodlar to'g'ri analogiyaga asoslangan modellashtirish metodlari deyiladi.

Funksional modellarni hosil qilish metodikasi. Loyihalashning har bir ierarxik darajasi uchun o'zining baza elementlari to'plami xarakterlidir. Baza elementlarining matematik modellarini hosil qilish protsedurasi to'la formallashtiriladigan bo'lishi mumkin, chunki ular elementning tuzilishi va ishlashi to'g'risidagi qabul qilingan u yoki bu formal bo'lmagan qarashlar va yo'l qo'yishlarga asoslangandir. Berilgan baza elementlarining modellari va elementlarini bog'lovchi sxemalar asosida tizimning to'la matematik modelini hosil qilish metodi formallashtirilgan bo'lishi mumkin.

Makromodellardan loyihalash masalalarining yiriklashib ketishini kamaytirish maqsadida foydalaniladi. Ular baza elementlariga nisbatan murakkabroq bo'lgan tizim fragmentlari uchun yaratiladi. Iqtisod qilish

ko'rsatkichi bo'yicha makromodellar, to'la modellar fragmentiga nisbatan juda oddiy. Makromodellarning iqtisodliliga, ularda adekvantlik sohasiga qarashli soddalashtirilgan tasvurlarning qabul qilinishi hisobiga erishiladi.

Tizim matematik modellarini va element matematik modelini yoki fragmentlar makromodellarini hosil qilish uchun bir xil metodlardan foydalaniladi. Element matematik modellarini va fragmentlar modellarini hosil qilish usullarida ko'p o'xshashliklar mavjud, lekin ba'zi bir farqlar ham bor, ya'ni makromodellarni tashkil qilishda, uni fragmentning to'la, aniq modeli bilan taqqoslash imkoniyati mavjuddir.

Baza elementlari to'la matematik modellarni (EMM) va makromodellarni hosil qilish metodikasida model strukturasi deyilganda tizimning matematik ko'rinishi (sonli qiymatlar bilan aniqlanmagan) tushuniladi.

EMM va makromodellarni hosil qilishdagi umumiy metodika quyidagi protseduralardan tashkil topadi:

1. Modelda ko'rsatilishi kerak bo'lgan modellashtirilayotgan obyekt xususiyatlari aniqlanadi. Shu o'rinda u obyektlarning chiqish parametrlari tartibi va q-tashqi parametrlari tartibi va obyekt haqidagi fikrlar aniqlanadi;
2. Model strukturasi tanlanadi. Ko'pincha bu struktura injinerlar qabul qila olishlari uchun qulay bo'lgan sxema ko'rinishidagi modellarni matematik munosabatli modellarga o'zgartirishning aniq qoidasi o'rnatilgan bo'lishi kerak.
3. Identifikatsiyalash masalasi yechiladi, ya'ni modelning berilgan strukturasi uchun model parametrlarining x-sonli qiymatlari hisoblanadi;
4. Tanlangan test masalalari bo'yicha modeldagi xatoliklar aniqlanadi. Agar bu xatoliklar E ruxsat etilgan qiymatidan oshib ketsa, 2 va 3- punktlar, model strukturasi qaytadan tanlash uchun takrorlanadi. Agar E ruxsat etilgan qiymatdan kam yoki unga teng bo'lsa, 5-punktga o'tiladi;
5. q va q qiymatlar aniqlanadi. Bu metodika bo'yicha 3- va 5- punkt protseduralari formallashtiriladi.

Analiz qilish metodini tanlash. Analiz qilish metodini tanlashda, foydalanilayotgan matematik modellar xususiyatlarini, albatta, e'tiborga olish kerak. Matematik modellashtirishga nisbatan e'tiborli xususiyatlariga quyidagilar kiradi:

1. Yuqori aniqlikdagi natijalar olishni ta'minlovchi matematik modellardan foydalanishga intilish, zamonaviy qurilmalar murakkabligi, ularda ishlatiladigan elementlar sonining ko'payib ketishi natijasidagi model o'lchamining kattalashib ketishi, ALT larda ishlatiladigan modellarning o'lchamlariga bo'lgan chegaralanishlar, EHM lar tezkorligi va operativ xotirasiga bo'lgan chegaralanishga bog'liqdir. Bu chegaralanishlarni T-mashina vaqtini va P-xotirani iqtisod qilish bo'yicha analiz qilish metodlaridan foydalanish hisobiga ancha

yumshatish imkoniyati mavjuddir. Shuning uchun T va P ko'rsatkichlar ALT lar uchun analiz qilish metodlarini tanlashda muhim o'rinni egallaydi.

Matritsaning nollashtiriluvchanligi. ALT lar loyihalanilayotgan obyektlarni matematik modellarida, kuchli nollashtirilgan matritsalar, ya'ni ko'p miqdorda nolli elementlarga ega matritsalar ishtirok etadi. Nollashtirilganlik loyihalanilayotgan obyektning har bir elementi boshqa elementlar bilan bevosita kam bog'lanishga ega ekanligi bilan asoslanadi. S matritsaning nollashtirilganligi N matritsadaki elementlar umumiy soniga nisbatan olinadigan nollar soni bilan baholanadi. R-to'liqliliklar esa N matritsadaki elementlarga, nol bo'lmagan elementlar munosabatini anglatadi, ya'ni $R=I-S$.

Modelning yomon moslashuvchanligi - bu modeldagi dastlabki ma'lumotlardagi ozgina xatoliklar natijasidagi sezilarli xatoliklarni keltirib chiqarish mumkin bo'lmagan modellarda namoyon bo'ladi. Bunday modellardan foydalaniladigan interatsion va ko'p qadamli hisoblash protseduralarida hisoblashning mos kelmasligi va qat'iy bo'lmashligini paydo bo'lish ehtimolligi oshib ketadi. Radioelektron sxemalarni analiz qilish masalalarida yomon moslashuvchan modeliar ko'plab uchrab turadi. Shuning uchun RES larni analiz qilish uchun, keyingi qadamlarda yoki iteratsiyalarda xatoliklarni ko'paytirib yubormaydigan, hisoblash jarayonlarining kechishini bir maromda ushlab turuvchi metodlardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

ALT larda analiz qilish metod va algoritmlariga T va P ko'rsatkichlari bo'yicha yuqori darajadagi iqtisodlik, universallik va aniqlik talablari qo'yiladi.

Optimallashtirish metodlari. Chiziqsiz dasturlash metodlari sinflari haqidagi ma'lumotlar quyidagi 6.2- jadvalda keltirilgan:

6.2- jadva

Sinflarga bo'lish	Metodlar guruhi	Guruhlar xususiyati
Foydalanish x bo'yicha F (x) maqsadli funksiya darajasi bo'yicha	Nolinchi tartibli Birinchi tartibli Ikkinchi tartibli	Darajalardan foydalanmaydi. Birinchi tartibli darajalardan foydalaniladi. ikkinchi tartibli
		darajalardan foydalaniladi.
Izlanayotgan ekstremumlar xarakteri bo'yicha	Global izlash Lokal izlash	Global ekstremum aniqlanadi. Lokal ekstremum aniqlanadi.
Chegaralashlar borligi bo'yicha	Shartsiz optimallashtirish Shartli optimallashtirish	Chegaralanishlar bo'lmaydi Chegaralanishlar borligida izlash

n-boshqaruvchi parametrlar soni	Bir o'lchovli izlash Ko'p o'lchovli izlash	$n=1$ $n>1$

Yechilayotgan masalalar xarakteriga optimallashtirish metod va algoritmlarining samaradorlik ko'rsatkichlarining bog'liqligi, REA lar parametrlarini optimallashtirishning asosiy metodlari sifatida chiziqli dasturlashning bitta yoki ikkita metodini asosiy metodlari deb tanlab olish imkoniyatini bermaydi. Samaradorlikning asosiy ko'rsatkichlari bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- izlash uchun ketadigan vaqt
- berilgan dastlabki nuqtalaridan ekstremal nuqta atrofmi topish jarayonida tizim tomonida matematik modelga qilinadigan murojaatlar soni:
- algoritmik puxtalik
- berilgan masala uchun ekstremal nuqta atrofmi topishga ketadigan chegaralangan izlash vaqtehtimolligi;
- aniqlik - $E - X^*$ vektorlarning guruh masalalari uchun o'rtacha mezon, bu yerda E - ekstremal nuqta, X^* - izlanish traektoriyasining oxirgi nuqtasi.

Quyidagi optimallashtirish metodlari mavjud: chiziqli dasturlash metodlari; maksimumni izlash algoritmlari; bir o'lchovli minimallashtirish metodlari; chiziqli dasturlashda simpleks metodi; diskret dasturlash metodlari; graflar haqida asosiy ma'lumotlar.

Loyihalashtirilayotgan sxemalar, konstruksiyalar, jarayonlar strukturasi izohlashda graflar nazariyasi matematik apparatidan keng foydalaniladi. Bu apparatlar to'plamlar nazariyasi va matematikaga asoslanadi. Graflar nazariyasidan foydalanish REA larning sxemali va konstruktiv xususiyatlarini ko'rinarli qilib izohlash imkoniyatini beradi, undan tashqari turli algoritmlarni EHM lar ishlatishda axborotlarni o'zgartirishga qulay hisoblanadi.

Nazorat savollari:

1. Matematik modellarga nimalar kiradi?
2. Matematik ta'minot nima?
3. Matematik ta'minotning asosiy qismlari qaysilar?
4. Optimallashtirish metodlarini tushuntirib bering?
5. Funksional modellarni hosil qilish metodikasi nima?
6. Matematik ta'minotning qanday talablari bor.
7. Modelni hosil qilish usuliga qarab qanday modellarga bo'linadi.
8. Matematik modellar bir qancha belgilarga ko'ra nechta sinflarga bo'linadi
9. Analiz qilish metodini tanlash nimalarga e'tibor berish kerak.

6.4. Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarini dasturli va texnik ta'minoti

ALT larning texnik ta'minoti (TT) deb loyihalashni avtomatlashtirishga mo'ljallangan, bir-birlari bilan o'zaro bog'langan va o'zaro birgalikda ishlatiladigan texnik vositalari to'plamiga aytiladi.

Texnik vositalar (TV) va dasturli ta'minot ALT larning instrumental bazasi hisoblanib, matematik, lingvistik axborotli va boshqa baza ta'minotlari ishlaydigan muhitni tashkil qiladi.

ALT - larida quyidagi masalalar yechiladi: loyihalash obyekti izohni kiritish (boshlang'ich ma'lumotlar); kiritilayotgan axborotni, nazorat qilish va redaktorlash maqsadida displey ekranida tasvirlash; axborotni o'zgartirish (translyasiyasi, kodlashtirish); ma'lumotlarni tasvirlash; arifmetik va mantiqiy hisoblashda ma'lumotlar formasini o'zgartirish; axborotlarni saqlash; avtomatlashtirilgan loyihalash masalalarini yechish, orqali va yakuniy natijalarni tasvirlash; loyihalovchining ishlash jarayonida tizim bilan operativ muloqot qilishni ta'minlash.

ALT TT tarkibiga quyidagi qurilmalar kiradi: ma'lumotlarni qayta ishlash qurilmasi, xotira qurilmasi, axborotlarni kiritish - chiqarish qurilmalari, texnologik vositalar bilan bog'lovchi qurilmalar.

ALT lar tarkibiga kiruvchi texnik vositalari beshta guruhga bo'linadi:

- ma'lumotlar dasturli texnik vositalari tarkibiga, kiritish qurilmasidan yoki bog'lanish kanalidan kelayotgan ma'lumotlarni qayta ishllovchi, to'plovchi va tasvirlovchi qurilmalarga uzatish uchun mo'ljallangan universal yoki maxsus EHM;

- ma'lumotlarni tayyorlovchi va kirituvchi texnik vositalari, ma'lumotlarni tayyorlash, kiritish, redaktorlash va alfavitli - raqamli grafikli formalarga o'tkazish uchun kerakli bo'lgan vositalar va grafikli axborotlarni kodlashtiruvchi qurilmalardan tashkil topadi;

- tasvirlovchi va hujjatlashtiruvchi vositalarga natijalarni chiqarishga, texnik hujjatlar tashkil qilishga mo'ljallangan turli chop etish qurilmalari, graf quruvchilar, mikrofilmovchi qurilmalar, ALT TK lar va dasturli boshqaruvchi elektron texnika vositalari, kordinatograflar, fotoshablonlar tayyorlovchi fototo'plam qurilmalari kiradi;

- loyiha yechimi arxivi, ALT lar loyihalari yechimlari ma'lumotlarini ko'paytirish, nazorat qilish, tikiash va saqlashni ta'minlovchi vositalardan iborat;

- ma'lumotlarni uzatuvchi vositalar esa bir - biridan uzoqda joylashgan texnik vositalarni bog'lovchi qurilmalaridan tashkil topadi.

- Texnik vositalar komplekslarini tanlashda quyidagi talablar qo'yiladi:
- loyihalovchi uchun maksimal qulayliklar yaratilishi kerak;
- maxsuslashtirish, ya'ni avtomatlashtirilgan loyihalash masalasi maxsus xususiyatlarini hisobga olish kerak;
- resurslarga kollektiv bo'lib murojaat qilish imkoniyati bo'lishi kerak;
- texnik vositalar imkoniyatlari va ALT ning boshqa baza ta'minotlari bir-biriga mos tushishi kerak;
- qurilmalar moslashtirilish imkoniyatiga ega bo'lishi kerak.

ALT lar texnik vositalardan turli tashkilotlardagi, turli loyihalash bo'limlaridagi ko'plab loyihalovchilar foydalanadi, ular bir - birlaridan ancha uzoq masofalarda joylashgan bo'lishlari mumkin. Shuning uchun ALT laming texnik ta'minoti ko'p darajali ierarxik strukturali qilib yaratiladi. Birinchi darajani markaziy hisoblash kompleksi (MXK) tashkil etadi. U loyihalashdagi murakkab masalalarni yechishga mo'ljallangan bo'lib, tashqi qurilmalar va yuqori unumdorlikka ega bo'lgan EHM lardan tashkil topadi. Tashqi qurilmalarga ko'p hollarda grafikli axborotlarni qayta ishlovchi texnik vositalar ham qo'shiladi. ALT texnik ta'minotining ikkinchi darajasini avtomatlashtirilgan ish joylari (AIJ) tashkil qiladi. Ular oddiyroq masalalarni yechishga mo'ljallangan bo'lib, texnik vositalar komplekslari bilan ALT foydalanuvchilari muloqotini tashkil qilishni ta'minlaydi. AIJ lari tarkibida mini yoki makro EHM bo'ladilar. ALT texnik ta'minotining uchunchi darajasi tashqi qurilmalar komplekslarini tashkil qiladi. Tashqi qurilmalar yorda-mida konstruktorlik - texnologik hujjatlar tayyorlanadi, texnologik avtomatlar uchun boshqaruvchi dasturlar yaratiladi. Uchunchi darajali texnik vositalar yordamida redaktorlash, ko'paytirish kabi masalalar yechiladi, ular tarkibiga mini yoki makro EHM lar kiradi. Ular texnik komplekslar deb ataladi.

ALT lar texnik ta'minoti yadrosini rivojlangan tashqi qurilmaga ega bo'lgan EHM tashkil qiladi. Uning asosiy komponenti bo'lib terminal vosita hisoblanadi. Konstruktorlik loyihalash jarayonida mashina grafikasi qurilmalaridan keng foydalaniladi. Muloqotli rejimni tashkil qilishda keng foydalaniladi.

Terminal qurilmalar. Terminal qurilmalar (TQ) loyihalovchini tizimlar bilan operativ bog'lash uchun mo'ljallanadi. Avtomatlashtirilgan loyihalash jarayonida axborotlar loyihalovchi tomonidan EHM ga va EHM dan loyihalovchiga uzatilib turiladi. Inson ma'lumotni ko'rish (80%) eshitishi (10%) kanallari orqali qabul qiladi, shuning uchun loyihalovchi EHM lar bilan operativ bog'lanish uchun axborotlarni vizual va tovushli ifodalash vositalaridan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Nutqli vositalar yaratish borasida izlanishlar olib boriladi. ALT lar bunday qurilmalaridan, tizimga kirishda parollarni ko'rsatish uchun foydalaniladi. Loyihalashni avtomatlashtirishda axborotlarni vizual tasvirlash uchun asosiy vosita bo'lib ma'lumotlarni

klaviaturadan kiritish va ularni tasvirlashni ekrandan boshqarish imkoniyatiga ega bo'lgan displey hisoblanadi. Axborotlarni qayta ishlashga qarab displeylar alfavitli - raqamli (ARD) va grafikli displeylarga (GD) bo'linadi. ARD lar faqatgina alfavitli

- raqamli belgilar ketma
- ketligi ko'rinishidagi axborotlarni kiritish va chiqarish imkoniyatini beradi. GD lar esa grafikli axborotlarni ham, alfavitli
- raqamli axborotlarni ham kiritish, chiqarish mumkin.

Displeylarning asosiy parametrlari bo'lib, tasvirlanadigan axborotlar hajmi, ekranning ishchi sohasi o'lchovi, ekranda tasvirlash mumkin bo'lgan belgilar soni, tasvirni almashtirish tezligi, axborotlarni tasvirlash sifatida, ekranda xohlagan axborotlar zonasini ajratish usuli kabilar hisoblanadi. Displeyda ishlash jarayonida maxsus belgidan (kursor, market), ekrandagi kerakli joyni ko'rsatish uchun foydalaniladi.

Kelajakda inson qo'lini sezish qobiliyatiga ega bo'lgan sensorli ekranlar yaratish ustida izlanishlar olib borilmoqda.

Teleobrabotka tizimlari va EHM tarmoqlari. Uzoqda joylashgan foydalanuvchilar bilan bog'lanish uchun teleobrabotka tizimlaridan foydalaniladi. Teleobrabotka tizimlari ma'lumotlarni qayta ishlash va bog'lanish kanallari orqali uzatish funksiyasini bajaruvchi texnik va dastur vositalari komplekslaridan tashkil topadi. Teleobrabotka vositasi tarkibiga bog'lanish tizimi (telefon va telegraf kanallar, kabel simlari), ma'lumotlarni uzatish multipleksorlari (MUM), ma'lumotlarni uzatish apparaturasi (MUA), abonent punktlari (AP) va interfeysli modullar kiradi. (6.3-rasm.)

MUM EHM bilan MUA sini bog'lanishini ta'minlaydi va EHM dan AP ga yoki boshqa EHM larga axborotlarni uzatish va qisman qayta ishlashni boshqaradi.

Hozirda ALT texnik ta'minotining rivojlanishidagi istiqbolli yo'llardan biri intellektual AP lari yaratish va texnik vositalarni tarmoqlarga birlashtirish hisoblanadi.

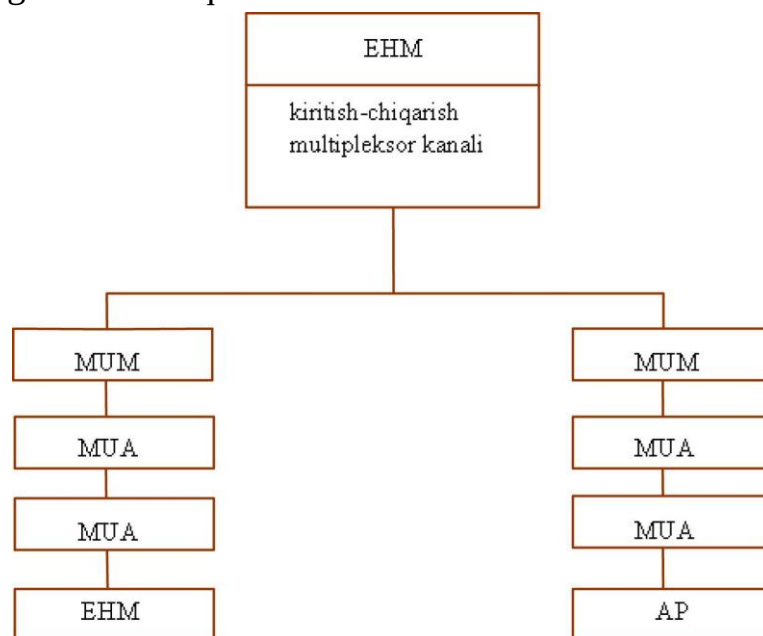
Hisoblash tarmoqlari deganda bir-birlaridan bir necha yuz km dan bir necha ming km uzoq masofalarda joylashgan, bir qancha mustaqil hisoblash tizimlarini bitta tizimga birlashtirish tushuniladi.

Bu hisoblash tarmoqlari apparatli, dasturli va axborotli vositalardan kollekti bo'lib, foydalanish maqsadida maxsus ma'lumotlarni uzatish kanallari bilan bog'langan. ALT lar uchun, 3 km oraliqdagi EHM larni o'zaro bog'lanishidan tashkil etilgan lokal hisoblash tarmoqlari istiqbolli tarmoq hisoblanadi. Global hisoblash tarmoqlaridan esa tarmoqlar va tarmoqlararo ALT lar texnik ta'minoti sifatida foydalaniladi.

Bog'lanishlarga qarab hisoblash tarmoqlari beshta turga bo'linadi (7.4-

rasm)

1. Ierarxik struktura;
2. Radial tarmoq;
3. Aylanma tarmoq;
4. Radial - aylanma tarmoq;
5. Magistral tarmoq.



6.3-rasm. Teleobrabotka tizimi sxemasi

ALT ning dasturiy ta'minoti

Dasturli ta'minot strukturasi. ALT larni dasturli ta'minoti (DT) mashina xotirasidagi dasturlarni, dastur tekstlarini, ulardan foydalanish instruksiyalarini va boshqa dastur hujjatlarini o'z ichiga oladi.

ALT larining ta'minoti umumiy va maxsus dasturli ta'minotga bo'linadi. Umumiy DT deganda, boshqaruvchi dasturlar hisoblash jarayonlarini rejalashtirishga va nazorat qilishga mashina vaqtini va xotira hajmini taqsimlashga mo'ljallangan boshqaruvchi dasturlarni o'z ichiga oladi. Umumiy DT funksiyasini ko'pincha operatsion tizim (OT) bajaradi. Umumiy DT ni yaratish uchun ko'pincha o'ziga mos tushgan xususiy OT yaratiladi.

Maxsus DT o'nlab, minglab algoritmik til operatorlarini o'z ichiga olgan murakkab dastur komplekslarini tashkil qiladi.

ALT larni maxsus DT amaliy va bazali DT ga bo'linadi.

Bunday dasturlarni yaratish uchun, ALT larni matematik ta'minotidan, dasturlash tillaridan, dastur modullarining axborotli bog'lanishlardan, texnik vositalar konfiguratsiyalaridan, OT ni tanlash yo'llaridan foydalaniladi. Ko'pincha amaliy DT amaliy dastur paketlari ko'rinishida tashkil qiladi.

Amaliy dastur paketlari (ADP) o‘zaro bir-birlari bilan mos keluvchi, qandaydir predmetli bilimlar sohasiga tegishli masalalarni yechishga mo‘ljallangan dasturlar to‘plamini tashkil qiladi.

Evristik algoritmlar yaratuvchi intuitsiyasi bo‘yicha qo‘yilgan g‘oyalarga tayanadi. Bunday algoritmlarda evristik deb ataladigan isbotlangan tayanuvchi qoidalar mavjud emas. Evristik dasturlarda, ulardan foydalanish chegarasi har doim ham aniq bo‘lavermaydi va olingan yechim sifatida kafolatlanmaydi. Avtomatlashtirilgan loyihalashda asosan evristik algoritmlardan foydalaniladi.

Loyihalash masalalarini yechish sifatini oshirish uchun, amaliy dastur paketlariga kiruvchi evristik dasturlar o‘zaro raqobatli dastur tizimlar qilib tashkil qilinadi. ADP lardan foydalanuvchilar, kiritish tillaridan kerakli dasturlarning mundarijasini chiqarib olib, uning ishlash rejimini o‘zgartirishlari mumkin.

ADP lar ochiq va yopiq bo‘lishi mumkin. Bunday holda foydalanuvchi faqat loyihalash metodlarini va kirish tillarini bilish etarli hisoblanadi va ulardan hech qanday dastur yozish talab etilmaydi.

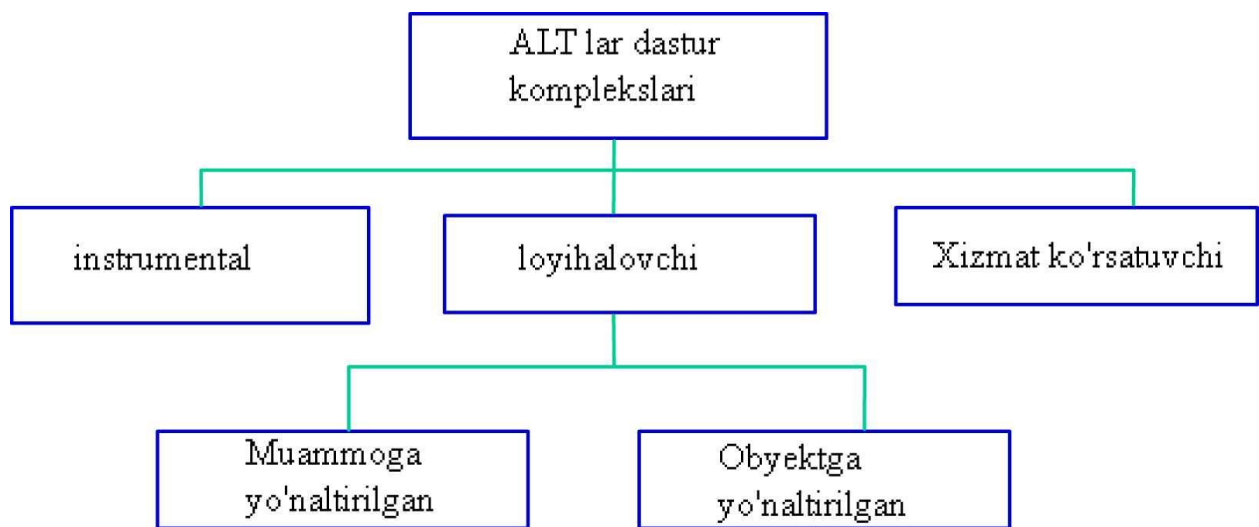
Ochiq ADN konkret sohalaridagi loyihalash masalalarini yechish vositalarini rivojlantirish imkoniyati mavjud bo‘ladi. ALT lar amaliy DT lari tarkibiga asosan ochiq ADP kiritiladi, bu esa tizimni modifikatsiyalash imkoniyatini beradi.

ALT lar bazali DT loyihalovchi qism tizimlarini ishlash qobiliyatlarini quvatlab turishga mo‘ljallangan bo‘lib, ularning xizmat ko‘rsatuvchi qism tizimlar kiradi.

ALT lar DT funksional mo‘ljallanishi. ALT lar DT funksional mo‘ljallanishi bo‘yicha, berilgan funksiyani bajarishga mo‘ljallangan, dasturli, axborotli, matematik va lingvistik komponentlarni tasvirlovchi dastur komplekslariga ajratilishi mumkin.

Umuman quyidagi dastur komplekslarini ko‘rsatishimiz mumkin: loyihalovchi, xizmat ko‘rsatuvchi va instrumental dastur komplekslari (6.4-rasm).

Loyihalovchi dastur komplekslari, tugallangan loyiha yechimini olishga mo‘ljallangan bo‘lib, muammoga yo‘naltirilgan va obyektga yo‘naltirilgan dastur komplekslari, loyihalash obyektiga bog‘liq bo‘lmagan, unifikatsiyalashtirilgan loyiha protseduralarini bajaradi. Obyektga yo‘naltirilgan dastur komplekslari aniq sinfdagi obyektlarni loyihalash uchun ishlatiladi. Loyihalovchi dastur komplekslari maxsus DT tarkibiga kiradi.



6.4-rasm. ALT dastur komplekslari tarkibi

Xizmat ko'rsatuvchi dastur komplekslari, loyihalovchi dastur komplekslarini ishlash qobiliyatlarini qo'llab-quvvatlab turishga mo'ljallangan.

Instrumental dastur komplekslari, ALT lar DT ini rivojlantirish va takomillashtirishga mo'ljallangan texnologik vositalaridan tashkil topadi. Instrumental dastur komplekslarini, uni ishlash jarayonida foydalanadigan, ALT qismi hisoblangan instrumental vosita va faqat ALT lar yaratish jarayonida ishlatiladigan instrumental vositaga bo'lishimiz kerak.

ALT lar ishlash jarayonida foydalaniladigan instrumental vositalarga quyidagilar kiradi:

- ma'lumotlar bazasi va fayllarni boshqarish tizimi;
- operativ xotirada ma'lumotlar umumiy strukturalari bilan ishlovchi vosita;
- foydalanuvchi bilan o'zaro muloqotni ta'minlovchi til protsessorlari;
- matematik qism dasturlar paketi.

ALT larni yaratish jarayonida ishlatiladigan instrumental vositalar, ALT DT yaratishdagi muddatini qisqartirishni osonlashtirishga xizmat qiladi va o'z tartibiga alohida xususiyatlarni ko'rsatuvchi, sinovlar tashkil qiluvchi hujjatlashtiruvchi vositalarni va protsessorlarni, dastur generatorlarini kiritadi.

Protsessorlardan bitta obyekt bilan ishlashga mo'ljallangan turli dasturlarda, ma'lumotlarni izohlashda qarama-qarshiliksizlikni ta'minlash uchun foydalaniladi. Shu maqsadda ma'lumotlar izohlari, ma'lumotlar bazasidan tanlab olinib dasturlarga kiritiladi. Ular algoritmlarni, dasturlash tillariga qaraganda qulay hisoblangan tillarda dasturlash imkoniyatini beradi. Shu tilda yozilgan dastur matnlari, FORTRAH, PL/1 kabi tillar standart kompilyatorlar uchun matnga translyasiya qilinadi.

ALT DT funksional imkoniyatlari, DT tarkibini va maqsadga muvofiq

bo'lgan strukturasi aniqlaydigan bir qancha talablar bilan reglamentlanadi.

Birinchidan, ma'lumotlarni va topshiriqlarni kiritishni, ularni avtomatik anglashni loyihalash jarayonining borishida dasturli boshqarishni ta'minlash loyihalash bosqichining har birida chiqishdagi ma'lumotlarni imkoni boricha tushunarli, ko'rinarli qilib tasvirlash muhim hisoblanadi.

ALT larni ishlash jarayonlarida, ba'zi alohida loyihalash masalalari loyihalovchi tomonidan qo'lda bajarilishi yoki EHM bilan o'zaro muloqot yo'li bilan (avtomatlashtirilgan usul) va faqat EHM ning o'zida (avtomatik usul) bajarilishi mumkin. ALT DT ana shu aytib o'tilgan usullarning mos tushishligini ta'minlashlari kerak. So'ngra yaratilgan DT komponentlarini bosqichma-bosqich ishlatish imkoniyati yaratilishi kerak.

Bu talab DT ni kengaytirish hisoblanib, DT ni yaratishni rejalashtirishda, funksional tugallangan qismlari uchun ham e'tiborga olinish kerak hisoblanadi. ALT larni yaratishning murakkabligi sababli, uning funksional, tugallangan qismlarini bosqichma-bosqich ishga tushirish sezilarli iqtisodiy samara berishi mumkin.

DT ning yana bir muhim funksiyasi, ALT larda ishlash jarayonida loyihalovchilar mehnatlarini, avtomatlashtirilmagan loyihalashga nisbatan osonlashtirish hisoblanadi. Bu esa quyidagilar hisobiga amalga oshiriladi:

- kerakli, xohlagan loyiha ma'lumotlarini bir marotaba kiritish va uni barcha komponentlarga avtomatik uzatish;
- loyihalovchi tomonidan tabiiy tillarga yaqin bo'lmagan maxsus til vositalaridan imkon boricha maksimal foydalanish;
- vositalaridan imkoni boricha maksimal foydalanish;
- loyihalash natijalarini tasvirlashning oddiy va ko'rinarli bo'lishligi;
- loyihalashning bajarishni kuzatib borish imkoniyatining borligi va tuzatish kiritish kerak bo'lganda operativ ta'sir korsatish mumkinligi;
- loyihalash obyekti izohiga va uning hujjatlariga avtomatik o'zgartirishlar kiritish.

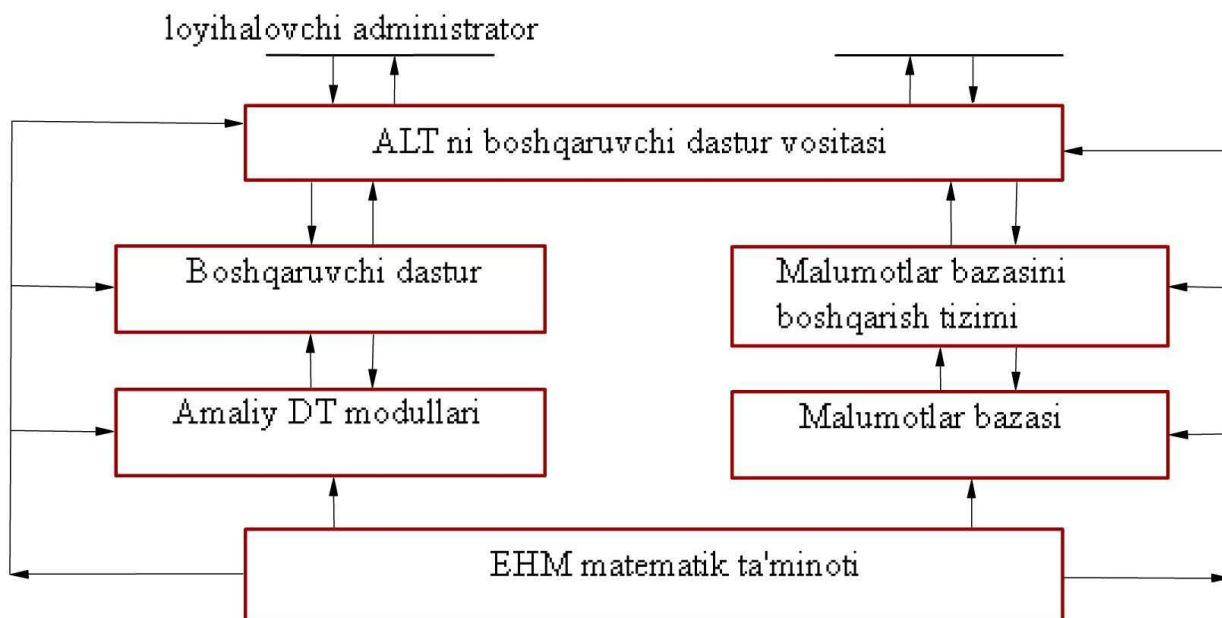
Bundan tashqari, foydalanuvchilardan ALT ta'minoti vositalari ichki strukturalari bo'yicha hech qanday bilim talab qilinmaydi.

ALT larda kiritilayotgan axborotlarni maksimal nazorat qilishni ta'minlovchi maxsus dastur vositasi bo'lishi kerak Tashkiliy jihatdan olib qaraganimizda, nazorat qilish ALT adminstratsiyasi vazifasi hisoblanadi.

ALT lar DT ini yaratishda vaqtni iqtisod qilish uchun, ishlatilayotgan EXM tarkibiga kiruvchi umumiy dasturlardan foydalanish ham muhim hisoblanadi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan talablarni qondirish murakkab masala hisoblanadi. Shuning uchun ALT DT tarkibida, funksional belgilash bo'yicha bir kancha ierarxik komponentlar ajratiladi, ularga loyiha ma'lumotlarni o'zgartirish

operatsiyasini bajaruvchi amaliy DT modullari to‘plami, berilgan ketma-ketligida amaliy DT modullarining bajarilishini tashkil etuvchi boshqaruvchi dastur, ma’lumotlar bazasini boshqarish tizimi va ALTni boshqaruvchi muloqotli, boshqaruvchi va ALT administratsiyasi va loyihalovchi o‘rtasidagi aloqani qo‘llab - quvvatlovchi dasturlar kiradi (6.5-rasm].



6.5-rasm. ALT DT yaratish sxemasi

DTning barcha komponentlari EHM matematik ta’minoti vositalariga asoslanadi, shuning uchun ular ALT DTning hamma

talabalariga to‘la javob beradi, bu esa uni yaratish va undan foydalanishni osonlashtiradi, MT dan keyingi darajada ALT ma’lumotlari bazasiga kiritilgan amaliy DT dastur modullari turadi. Biror bir ierarxik darajada joylashgan komponentlar, boshqa darajadagi komponentlar bilan amaliy DT modullari yoki ularning natijalari uchun kerakli bo‘lgan ma’lumotlar bilan muloqot qiladi. Eng yuqori ierarxik darajadagi ALTlarni boshqaruvchi dastur vositalari tashkil etadi. Bunday boshqarish faqatgina loyihalovchilar uchun bir loyihalash bosqichidan ikkinchi loyihalash bosqichiga o‘tish uchun kerak bo‘lmay, balki tizim komponentlarining to‘g‘ri ishlashini tekshirish va kerakli o‘zgartirishlarni dastur modullariga va ma’lumotlar bazasiga kiritish kabi masalalarini hal qiluvchi ALT administratorlari uchun ham kerakli bo‘ladi. Shuning uchun ALT larni boshqaruvchi dastur vositalari tarkibiga loyihalovchilar va ALT administratori uchun alohida komponentlar kiritilishi mumkin.

Ko‘rib o‘tilgan ALT DT strukturasining (6.6-rasm) prinsipial xususiyati bo‘lib, ma’lumotlar bazasida saqlanadigan ma’lumotlarni yoki unga kiritilgan ma’lumotlarni ALT boshqarish vositalari va ma’lumotlari bazasini bo‘lmagan holda qayta ishlash imkoniyatining borligi hisoblanadi. Bunday xarakatlar,

ma'lumotlar bazasini yaratishda yoki unga tuzatishlar kiritishda, undan tashqari loyihalovchi yoki administratsiya so'rovi bo'yicha ma'lumotnoma axborotlarni olishda kerakli bo'lib hisoblanishi mumkin.

ALT larda, ulardan foydalanuvchilarni va ularni yaratuvchilarni uchta kategoriyalarini ko'rsatish mumkin.

1. ALT yaratuvchilar EHM ni ishlatish sohasidagi mutaxassislar bo'lib, ular ALT laming bazali metodlarini, vositalarini va jihozlarini umumiy DT ni, loyihalashning instrumental va texnologik vositalarini yaratuvchilari, ALT larni konkret ishlash sharoitida generatsiya qiluvchi yoki sozlovchilar bo'lib hisoblanadilar.

2. Amaliy dasturlovchilar yuqori malakaga ega bo'lib, loyihalash metodologiyasi va algoritmlar bilimlari bo'yicha maxsus DT ini, umumiy DT idan foydalanib yarata oluvchilar hisoblanadi.

3. Loyihalovchilar - loyihalash sohasi mutaxassislari hisoblanib, ALT ning imkoniyatlaridan foydalanib, avtomatlashtirilgan loyihalashni bajaradilar.

ALT larni DT ni yaratish uchun quyidagi talablar qo'yiladi:

1. Xotira hajmini iqtisod qilish va dastur bajarilishining tezkorligi qarab olinadigan samara;
2. Ishlatilishga qulayligi;
3. Ochiqligi;
4. Mobilniyligi (mobilniy deb shunday dastur vositalariga aytiladiki, bu dasturlarni boshqa turdagi EHM ga o'zgartirishsiz o'tkazish mumkin bo'ladi);
5. Kuzatib borish uchun qulay vositalar borligi (kuzatib borish deb DT ni doim ishchan holda saqlab turishga va yangi modifikatsiyalarni kiritish jarayoniga aytiladi);
6. Puxtalik va to'g'rilik.

DT dagi maxsus xususiyatlar deb, yaratilayotgan vositaga bo'lgan talablardan tuziladigan hujjatlarga aytiladi. Maxsus xususiyatlar ekspluatatsion va funksional bo'lishi mumkin. Ekspluatatsion maxsus xususiyatlar DT ning tezkorligi, sarf qilingan xotira, puxtalik, kerakli texnik vositalar haqidagi ma'lumotlar kiradi. Funksional maxsus xususiyatlar matematik va texnik xarakterga ega bo'lishi mumkin. Matematik va texnik xarakterga ega bo'lishi mumkin. Matematik maxsus xususiyatlar hisoblash jarayonlarini aniqlaydi. ALT lar uchun texnik xarakterdagi, ya'ni loyihalaniyalayotgan obyektни ishlash qobiliyatini, uning tezkorligini va murakkabligini aniqlovchi maxsus xususiyatlar ham muhim hisoblanadi.

Yaratilgan dastur, matematik xarakterdagi maxsus xususiyatlarni qanoatlantiruvchi algoritmlarni xatosiz bajara olsa, bu dastur to'g'ri deyiladi. Agar

dastur texnik xarakterdagi maxsus xususiyatlarni qanoatlantirsa bu puxta deyiladi.

ALT ni dastur ta'minoti, ish jarayonida doimo yoki vaqti-vaqti bilan ishlatiladigan dasturlar yig'masidan iborat. DT ikki qismdan iborat: tizimli va amaliy. Tizimli dasturlash - bu, EHM ishlash jarayonini ta'minlash uchun, EHM turli tuzilmalari ishlashini tartibga soluvchi, EHM bilan foydalanuvchi orasidagi muloqotni tashkil etuvchidir. U foydalanuvchiga yangi dasturlarni ishlab chiqish uchun yordamni ta'minlash va boshqa funksiyalarni bajarish uchun zarur. Bu EHM apparat vositalarining davom etuvchisidir. Ichki tizimli matematik ta'minotni funksional ta'minlovchini, ishlatilishi bo'yicha va ishlatiladigan uslublar bo'yicha ikki tizimga bo'lish mumkin: operatsion va dasturlash tizimi.

Operatsion tizim - nosoz qismlar diagnostikasi, foydalanuvchi topshirig'i bo'yicha masalalar yechimini rejalashtirish, xotirada saqlash, protsessorlar, kanallar, pereferiy qurilmalar kabi tizim zahiralarini taqsimlash kabi boshqaruv dasturlari yig'masidir. Operatsion tizim quyidagi masalalarni yechish uchun mo'ljallangan.

Operatsion tizim quyidagilarga mo'ljallangan:

1) bir masaladan ikkinchi masalaga avtomatik holda o'tkazish imkoniyatini oshirish, zahiralar tizimidagi bir necha masalalar bo'yicha zaxiralarni samarali taqsimlash, kirgizish, chiqarish operatsiyalarini bajarish;

2) tizimning yechimga ta'sirini kamaytirish (natijasini olish va ishlov berish vaqtlari), bu esa inson bilan EHM orasidagi to'g'ridan-to'g'ri avtomatik aloqalarni o'rnatish va olingan natijalarga ishlov berishni boshqarishni cheklash bilan amalga oshiriladi.

3) dastur tuzuvchiga EHM ni ishlatishdagi yordam bu esa ko'p ishlatiladigan dasturlarga oson kirish uchun til vositalari bilan muloqot qilish tizimi orqali erishiladi.

4) moslashuvchanlik - ishlatish doirasini kengaytirish yo'nalishida tizimning tartibli o'sishi va moslashuvchanligini ta'minlaydi, bu esa operatsion tizimni modulli tuzish va dasturlashni turli vositalar mavjudligi orqali ta'minlanadi.

Hozir foydalanuvchi dasturi operatsion tizimga murojaatni o'z ichiga oladi. Buning uchun esa operativ (tezkor) xotirada saqlashning hajmi zarur.

Dasturlash tizimi - bu dasturlarni yo'lga qo'yish va loyihalashni avtomatlashtirishni taminlovchi vositalarning yig'masi. Bu dasturlash tillari, biror bir algoritmik tilda yozish translyatorlari, maxsus dastur texnik dasturlarni avtomatik o'tkazish, sintaktik xatolarni aniqlash va bosish uchun yordamchi dasturlar, standart dasturlar kutubxonasidir. Ko'p hollarda kutubxonaga - redaktorlangan dasturlar, ko'p ishlatiladigan son uslublari va algoritm dasturlari, matritsadagi murojaat, tizimli chiziqli-differensial tenglamalar yechimi, nochiziq

integral, differensial tenglamalarning sonli yechimi, funksiyaning ekstremalini aniqlash va boshqalar kiradi.

Tizimli dastur tuzish orqali hisob texnikasi vositalarini samarali ishlatish bo'yicha sharoit yaratishadi, lekin foydalanuvchi qo'ygan masalalarini aynan yechib beradi. Bular yordamchi dasturlar, ya'ni aniq masalalarni yechishga qaratilgan dasturlardir.

Berilganlarning qayta ishlash asosini alohida dasturlar emas, balki amaliy dasturlashni ishlatish va aniqlash uchun zarur hujjatlar bilan birgalikdagi dasturlar majmuasidir.

Qayta ishlovchi dasturlar dasturli-amaliy dasturlashni EHMda ishlatish uchun tayyorlashga xizmat qiladi va berilgan dasturlarni uzatish, ularni tekshirish va kiritishni o'z ichiga oladi. Berilgan dasturlar algoritmik tillarning birida yozib olinadi va loyiha dasturidan mashina tiliga o'tkaziladi.

Operatsion tizim dasturlaridan farqli foydalanuvchi dasturlari amaliy yoki muammoli dasturlar deb ataladi. Demak, operatsion tizimga nisbatan ALT ning maxsus dasturlash ta'minotining hamma dasturlari amaliy hisoblanadi.

Operatsion tizim ikki guruh dasturlarini o'z ichiga oladi:

- 1) qayta ishlovchi dasturlarni tayyorlovchi tizimni yoki tashqi dasturlash ta'minotini o'z ichiga oladi;
- 2) boshqaruvchi dasturlarni bajarish guruhini yoki ichki dasturlash ta'minotini o'z ichiga oladi.

Nazorat savollari:

1. ALT larning texnik ta'minoti (TT) deb nimaga aytiladi?
2. Operatsion tizim nechta dasturlarini o'z ichiga oladi?
3. DT(Dasturiy tizim) nechta qismdan iborat va ular qaysilar?
4. ALT larda, ulardan foydalanuvchilarni va ularni yaratuvchilarni nechta kategoriyalarda ko'rsatish mumkin? ularni sanab bering?
5. Optimallashtirish masalasining qo'yilishiga nimalar kiradi?
6. Matematik ta'minotning asosiy qismlarini qaysilar?
7. ALT lar ishlash jarayonida foydalaniladigan instrumental vositalarga nimalar kiradi.
8. Bog'lanishlarga qarab hisoblash tarmoqlari turlarini ayting.
9. Hisoblash tarmoqlari deganda nimani tushinasiz?
10. Qayerlarda Teleobrabotka tizimlaridan foydalaniladi?

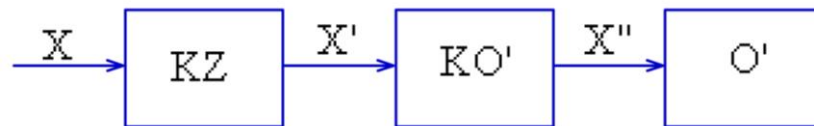
VII-BOB. ANALOG ELEKTRON ASBOBLAR

7.1. Umumiy qoidalar

Analog elektron asboblari o'lchov vositalaridir, ularda o'lchanayotgan miqdorni o'zgartirish analog elektron vosita yordamida amalga oshiriladi (7.1-rasm). Analog elektron asboblari deyarli hamma elektron miqdorlarni: kuchlanish, tok, quvvat, chastota va h.k. ni o'lchashda qo'llaniladi.

Elektron qurilmalarni qo'llash o'lchov vositalarining imkoniyatlarini ancha kengaytiradi: asboblarning sezuvchanligini ko'taradi; o'lchov diapazonini kengaytiradi; o'lchov zanjirlaridan olinadigan quvvatni kamaytiradi va h.k.

Hozirgi kunda doimiy va o'zgaruvchan tokning elektron voltmترلari va amperметрlari, ommетrlar, induktivlik va sig'implarning o'lchagichlari, chastotamетrlar, spektrlarning analizatorlari va boshqa shu kabi asboblari keng tarqalgan. Shu bilan birga, analog elektron asboblari ko'pincha mos raqamli asboblari tomonidan qisib chiqarilayotganligini ham aytib o'tish kerak.



7.1-rasm. Analogli elektron asboblarning tuzilmali rasmi:

VS – kirish zanjiri; UP – kuchaytirgich–o'zgartirgich; I – o'lchagich

Kirish zanjirining (KZ) tarkibiga bo'luvchilar, filtrlar, ortiqcha yuklamadan himoya qilish qurilmalari, o'lchov chegaralarini yoqib-o'chiruvchilar va h.k. lar kiradi. KZ ning kirishiga o'lchanayotgan X elektr miqdori uzatiladi, chiqishidan esa X' elektr miqdori olinadi..

Kuchaytirgich-o'zgartirgich (KO') X' elektr miqdorning kuchayishini va o'zgarishini ta'minlovchi blokdan iborat. Kuchaytirish-o'zgartirgich bloki yarim o'tkazgichli diodlar, tranzistorlar, elektron lampalar, mikrorasmlar va shunga o'xshash turli xil elektron qurilmalar asosida quriladi. Umumiy holda KO', uning kirishiga uzatilayotgan elektr miqdorlarni ham kuchaytiradi, ham o'zgartiradi, ammo xususiy holda bu faqat kuchaytirgich yoki faqat o'zgartirgich bo'lishi mumkin. KO' ning chiqishidan X'' elektr miqdori olinadi.

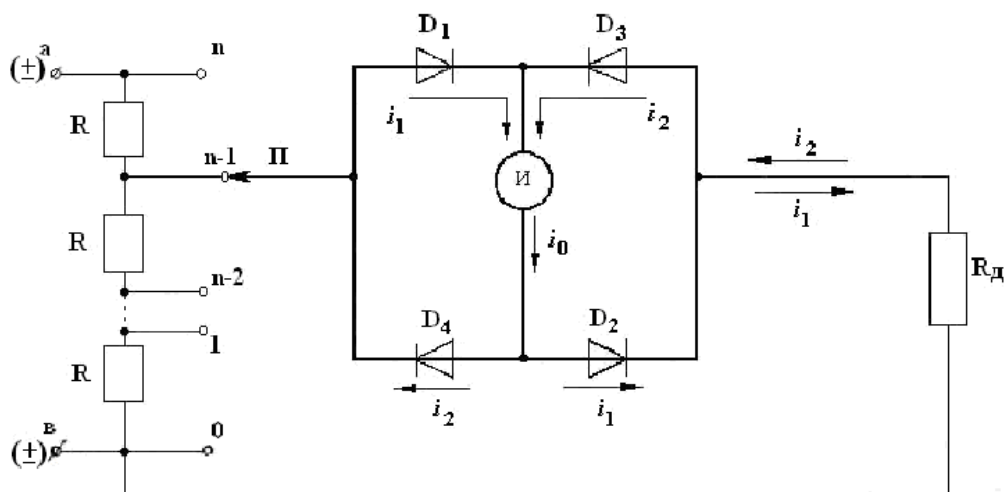
X'' elektr miqdori o'lchagichga (O') uzatiladi. O'lchagich sifatida odatda magnitoelektrik sistemaning elektromexanik asboblari ishlatiladi. Shuningdek, bu yerda elektrostatik tizimning elektromexanik asboblari va gazr azryadli qurilmalari ham ishlatilishi mumkin.

Analogli elektron asboblarning belgilanishiga misollar ilovada keltirilgan.

Ko'rilayotgan asboblarning bayoni adabiyotlar manbalarida keltirilgan.

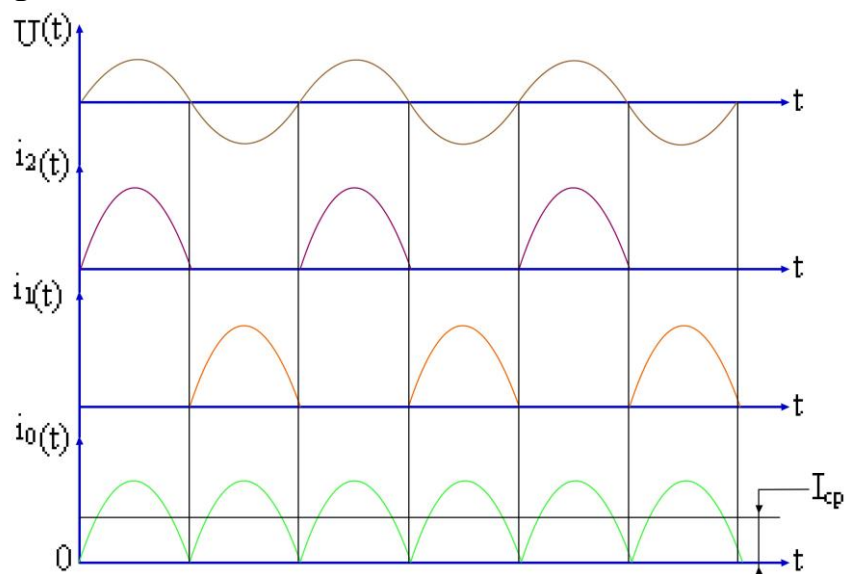
7.2. O'rta qiymatlar voltmترلari

To'g'irlovchi sistemaning o'rta qiymatlar voltmetrining soddalashtirilgan rasmi 7.2-rasmda keltirilgan;



7.2-rasm. O'rta qiymatlar voltmetrining rasmi:

R – doimiy qarshiliklar; P – qayta ulash kaliti (pereklyuchatel) (qayta ulash kaliti); $0-1-...-n$ – qayta ulash kaliti (qayta ulash kaliti (pereklyuchatel))ning qo'zg'almas kontaktlari; $\sim U$ – o'lchanadigan o'zgaruvchan kuchlanish; D_1 ; D_2 ; D_3 ; D_4 – yarim o'tkazgichli diodlar; O' – o'lchagich (magnitoelektrik sistemaning elektromexanik asboblari); R_D – doimiy qarshilik; $+(-)$ – o'lchanadigan kuchlanishning manfiy va musbat yarim davrlarida "a" nuqtaning qutbliligi; $-(+)$ – o'lchanadigan kuchlanishning manfiy va musbat yarim davrlarida "v" nuqtaning qutbliligi; 7.2-rasmda keltirilgan o'rta qiymatlar voltmetrining kirish zanjiri (KZ) n ta R rezistordan iborat bo'luvchini ifodalaydi. Bo'luvchining harakatsiz kontaktlari bo'yicha siljuvchi qayta ulash kaliti (qayta ulash kaliti (pereklyuchatel)) yordamida o'lchanayotgan kuchlanishning zaruriy qiymatlari tanlanadi. Tanlangan kuchlanish D_1 , D_2 , D_3 , D_4 diodlarda yig'ilgan to'g'irlovchi ko'priikka (to'g'irlangandan keyin) va shundan keyin magnitoelektrik sistemaning O' o'lchagichiga uzatiladi. Ko'rilayotgan rasmning harakatda bo'lgan kuchlanish va toklarining grafiklari 7.3-rasmda keltirilgan



7.3-rasm. Kuchlanish va toklarning grafiklari:

$U(t)$ – o'lchanayotgan kuchlanishning lahzalik qiymati; $i_1(t)$ – o'lchanayotgan kuchlanishning musbat yarim davrlaridagi tokining lahzalik qiymati; $i_2(t)$ –

o'lganayotgan kuchlanishning manfiy yarim davrlaridagi tokining lahzalik qiymati; $i_0(t)$ – o'lgagich orqali oquvchi tokning lahzalik qiymati; I_{cp} – tokning o'rtacha qiymati; t – vaqt.

O'rtacha qiymatlar voltmetri quyidagi ketma-ketlikda o'tadi. O'lganayotgan kuchlanishning musbat yarim davrida (bu holda “+” rasmning “a” nuqtasiga va “-“ «v» nuqtasiga quyilgan (7.2-rasmga qaralsin)) i_1 tok zanjir bo'yicha oqadi: “a” nuqta – R qarshilik – D_1 diod – o'lgagich – D_2 diod – R_D qarshilik – «v» nuqta. O'lganayotgan kuchlanishning manfiy yarim davrida (“+” “v” nuqtada, “-“ “a” nuqtada) i_2 tok zanjir bo'yicha oqadi: “v” nuqta – R_D qarshilik – D_3 diod – O'lgagich – D_4 diod – P qayta ulash kaliti (pereklyuchatel) – R rezistor – “a” nuqta. O'lgagich orqali, ikkala yarim davrda, ikkita yarim davrli to'g'irlashning toki bo'lgan i_0 jamlanma tok oqimi o'tadi.

Magnitoelektrik sistemaning o'lgagichi o'rtacha I_{cp} tokka javob beradi. O'lgagich ko'rsatkichlari:

$$\alpha = K_1 \cdot I_{cp} \quad (7.1)$$

$$I_{cp} = \frac{1}{T_0} \int_0^T i_0(t) dt \quad (7.2)$$

bu yerda α – asbob (o'lgagich) ko'rsatkichi;

K_1 – tok bo'yicha proporsionallik ko'effitsiyenti;

I_{sr} – tokning o'rtacha qiymati;

T – o'lganayotgan kuchlanish davri.

$$I_{cp} = \frac{U_{cp}}{R_{\Sigma}} \quad (7.3)$$

U_{sr} – o'lganayotgan kuchlanishning o'rtacha qiymati;

R_{Σ} – o'lgagich zanjirida jami qarshilik.

(7.1) ga I_{cp} ifodani qo'yib (7.3) bo'yicha quyidagini hosil qilamiz;

$$\alpha = \frac{K_1}{R_{\Sigma}} \cdot U_{cp} \quad (7.4)$$

$$\alpha = K_2 \cdot U_{cp} \quad (7.5)$$

bu yerda K_2 – kuchlanishning o'rtacha qiymati bo'yicha proporsionallik ko'effitsiyenti.

Hosil bo'lgan (7.5) ifoda ko'rilayotgan voltmetrning ko'rsatkichi o'lganayotgan o'zgaruvchan kuchlanishning o'rtacha qiymatiga to'g'ri proporsional ekanligiga guvohlik beradi (7.2-rasmga qaralsin).

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [U(t)]^2 dt} \quad (7.6)$$

$$U_{cp} = \frac{U}{k_{\phi}} \quad (7.7)$$

bu yerda U – o'lganayotgan kuchlanishning amaldagi (samarali) qiymati;

k_{ϕ} – shakl ko'effitsiyenti.

(7.7) ni (7.5) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\alpha = \frac{K}{k_{\phi}} \cdot U = K' \cdot U \quad (7.8)$$

bu yerda K – amaldagi sinusoidal kuchlanishning qiymati bo'yicha proporsionallik koeffitsiyenti; $k_f = 1,11$ – sinusoidal kuchlanish uchun.

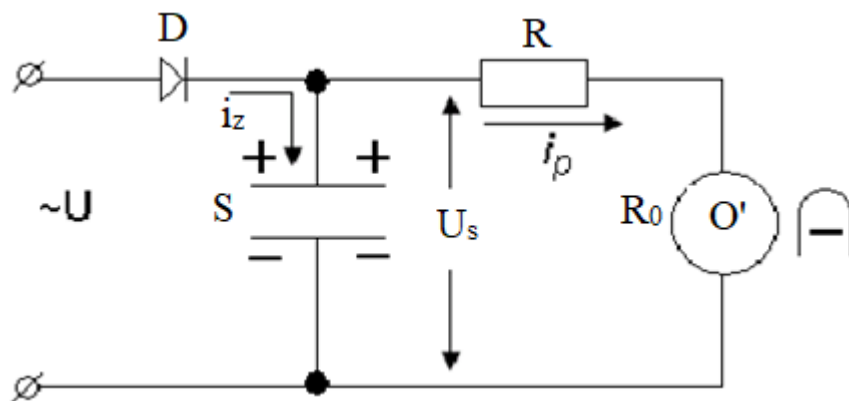
Bayon etilayotgan voltmetr o'rta qiymatlar voltmetridir, u, (7.5 formula) ga muvofiq, o'lchanayotgan kuchlanish shakliga bog'liq bo'lmagan holda, o'rta qiymatlarda (U_{sr}) graduirlanishi mumkin.

O'lchanayotgan kuchlanishning amaldagi qiymatlarida asbob graduirlanganida, uning ko'rsatkichlari, (7.8 formulaga) ga muvofiq holda, shu kuchlanish shakliga bog'liq bo'ladi. Sinusoidal kuchlanish uchun asbobning bir xil ko'rsatkichlari bo'lsa, to'g'ri burchakli kuchlanish uchun – boshqa ko'rsatkichlar, uchburchaklisi uchun esa – uchinchi xil va h.k. bo'ladi. Agar voltmetr amaldagi qiymatlarda graduirlangan bo'lsa, unda majburiy tartibda o'lchanayotgan kuchlanish shakli ko'rsatiladi. Qoidaga ko'ra, bunday voltmetrlar sinusoidal kuchlanishlarning amaldagi qiymatlarini o'lchash uchun mo'ljallangan. Bu holda sinusoidal kuchlanishdan farqli ravishda, kuchlanishlarni o'lchash qo'shimcha xatoliklarning paydo bo'lishiga olib keladi, ular, o'lchanayotgan kuchlanish sinusoidal dan qancha katta bo'lsa, shuncha ko'p bo'ladi.

Ko'rib o'tilayotgan voltmetrlar to'g'irlovchi sistemaning asboblari deb ham aytiladi. Bu asboblarning belgilanishi ilovada keltirilgan. O'rta qiymatlar voltmetrlari bo'yicha qo'shimcha ma'lumotlar adabiyotlar manbalarida keltirilgan.

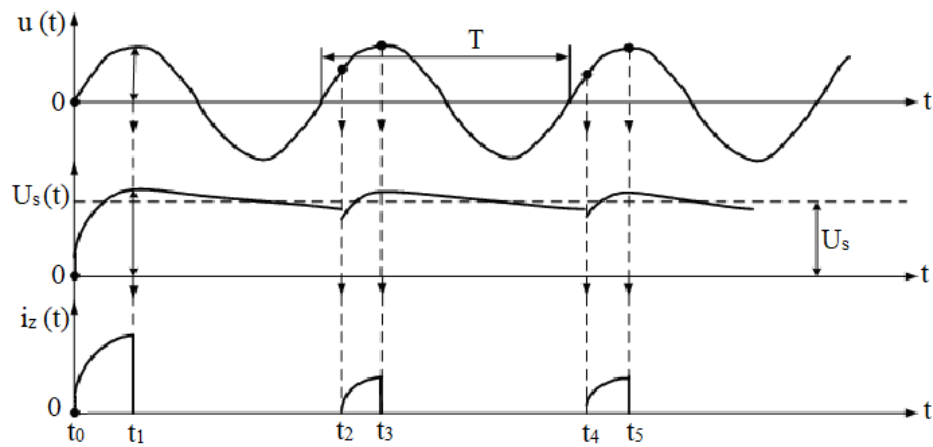
7.3. Amplituda qiymatli voltmetrlar

Tuzilish tamoyiliga ko'ra ochiq kirishli (7.4-rasm) va yopiq kirishli (7.6-rasm) amplituda qiymatli voltmetrlar (yoki "cho'qqili voltmetrlar") bo'ladi. 7.5-rasmda ochiq kirishli amplituda qiymatli voltmetrlarning vaqt diagrammalari keltirilgan.



7.4-rasm. Ochiq kirishli amplituda qiymatli voltmetr rasmi:

$\sim U$ – o'lchanadigan (kirish) kuchlanish; O' – magnitoelektrik sistemaning o'lchagichi; D – yarim o'tkazgichli diod; S – kondensator sig'imi; R_0 – o'lchagichning ichki qarshiligi.



7.5-rasm. Ochiq kirishli amplitudali voltmترلar signallarining vaqt diagrammalari:

$U(t)$ – o‘lchanadigan (kirish) kuchlanishning lahzalik qiymati; $U_s(t)$ – kondensatordagi kuchlanishning lahzalik qiymati; i_3 – zaryad tokining lahzalik qiymati.

Ochiq kirishli amplituda qiymatli voltmترلarning, kirishiga sinusoidal kuchlanish berilgan vaqtdagi, ishini ko‘ramiz. Qandaydir t_0 vaqt daqiqasida ko‘rilayotgan voltmetr kirishiga (7.4-rasmga qar.) sinusoidal $U = U_m \sin(\omega t)$ kuchlanish berilgan bo‘lsin, u ochiq D diod orqali S kondensatorga quvvat bera boshlaydi.

Quvvat vaqti doimiysi T_3 :

$$T_3 = (R_c + R_d) \cdot C \quad (7.9)$$

bu yerda R_c – signal manbaining ichki qarshiligi;

R_d – ochiq diod qarshiligi;

C – kondensator sig‘imi.

S kondensator quyidagi shartlar bajarilganida U_t kuchlanishning amplitudali qiymatigacha quvvat oladi (7.5-rasmga qar.):

$$T_3 < 0.5T \quad (7.10)$$

bu yerda T – o‘lchanayotgan kuchlanish davri.

Shu rasmning o‘zida davrning birinchi choragida (t_0 dan t_1 gacha) i_3 quvvat toki ko‘rsatilgan. t_1 vaqt daqiqasidan kirish kuchlanishi kamayadi, diod yopiladi. Kondensator R va R_0 (i_p razryad toki) qarama-qarshiliklar orqali t_2 vaqt daqiqasigacha quvvatdan qoladi, kirish (o‘lchanadigan) kuchlanish kondensatordagi kuchlanishga teng bo‘lganida, diod ochiladi va kondensator U_m gacha (t_2 – t_3 vaqt daqiqalarida) qayta quvvatlanadi. Qayta quvvat toki t_2 do t_3 gacha bo‘lgan vaqt daqiqalarda 7.5-rasmga ko‘rsatilgan. Kondensatorning t_4 – t_5 va t_6 – t_7 vaqt daqiqalaridagi qayta quvvatlanishi ham shunga o‘xshash sodir bo‘ladi.

S kondensatorning razryad vaqti doimiysi:

$$T_p = (R + R_0) \quad (7.11)$$

bu yerda T_p – razryad vaqti doimiysi;

R – zanjir qarshiligi;

R_0 – magnitoelektrik sistema o‘lchagichining ichki qarshiligi.

Kondensatorni sekin quvvatlash uchun quyidagi shart bajarilishi zarur:

$$T_p \gg T \quad (7.12)$$

(7.12) shart bajarilganida kondensatordagi kuchlanishning o'rtacha U_{sr} qiymati U_m :

$$U_m = U_{sr} \quad (7.13)$$

Magnitoelektrik sistema o'lchagichlarining ko'rsatkichlari elektr miqdorlarning o'rta qiymatlariga proporsional, (7.13) ni hisobga olib, quyidagini yozish mumkin:

$$\alpha = k \cdot U_m \quad (7.14)$$

bu yerda α – amplitudali voltmetr ko'rsatkichi;

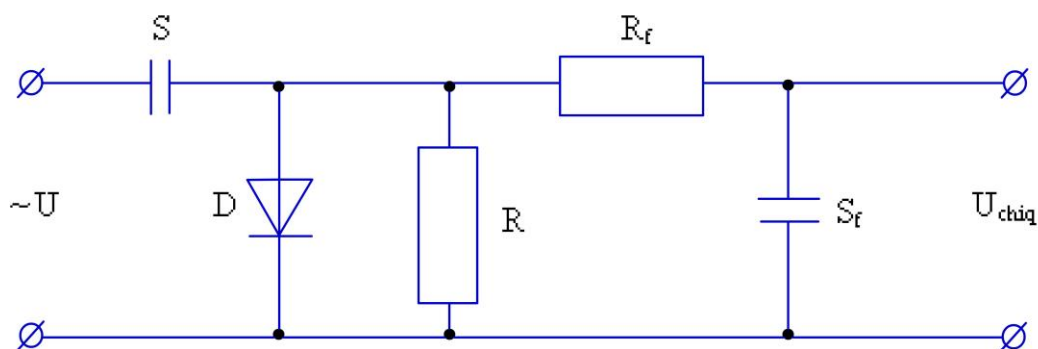
k – proporsionallik koeffitsiyenti;

U_m – kirish (o'lchanadigan) kuchlanishining amplitudasi.

Kirish $\pm U_0$ signalida doimiy tashkil etuvchining borligi tufayli, ochiq kiruvchi amplitudali voltmetrning chiqish kuchlanishi (va mos ko'rsatkich ham) $U_m \pm U_0$ miqdorga proporsional, ya'ni:

$$\alpha = k(U_m \pm U_0) \quad (7.15)$$

7.4-rasmda keltirilgan rasm musbat qutbli kirish signalining amplitudasini o'lchashga mo'ljallangan. Manfiy qutbli amplitudani o'lchash uchun diodni ulash qutbini o'zgartirish zarur. 7.6-rasmda yopiq kirishli amplitudali voltmetr rasmsi keltirilgan.



7.6-rasm. Yopiq kirishli amplitudali voltmetr rasmsi:

U – o'lchanayotgan (kirish) kuchlanishning harakatdagi qiymati; R_f , C_f – filtr qarshiligi va sig'imi; U_{chiq} – chiqish kuchlanishi; R – doimiy qarshilik.

Bu rasmda kondensatorning quvvat olish jarayoni ko'rib o'tilgan ochiq kirishli amplitudali voltmetr rasmsidagi jarayonga o'xshash. Kondensatorga kuchlanish o'rnatiladi va U_m qiymatga yaqin bo'lib qoladi. $R_f C_f$ filtr yordamida kuchlanish o'rtalashtiriladi. U_{chiq} chiqish kuchlanishi doimiy va U_m ga yaqin. Yopiq kirishli amplitudali voltmترلar kirish (o'lchanadigan) kuchlanishining doimiy tashkil etuvchisiga javob bermaydi.

U_{chiq} kuchlanish, ochiq kirishli amplitudali voltmترلarda o'lchangani kabi, masalan, magnitoelektrik sistemaning o'lchagichi yordamida ham o'lchanishi mumkin. Bu holda yopiq kirishli voltmetr uchun shkala tenglamasi ochiq kirishli voltmترلar shkalasining tenglamasiga o'xshash ((7.14) ifodaga qaralsin).

Eng yaxshi natijalar magnitoelektrik o'lchagichlarni amplitudali voltmترلarga elektron kuchaytirgichlar orqali ulashini ta'minlashi ekanligini aytib o'tish kerak. Elektron kuchaytirgichlardan foydalanish (7.12) shartni oson

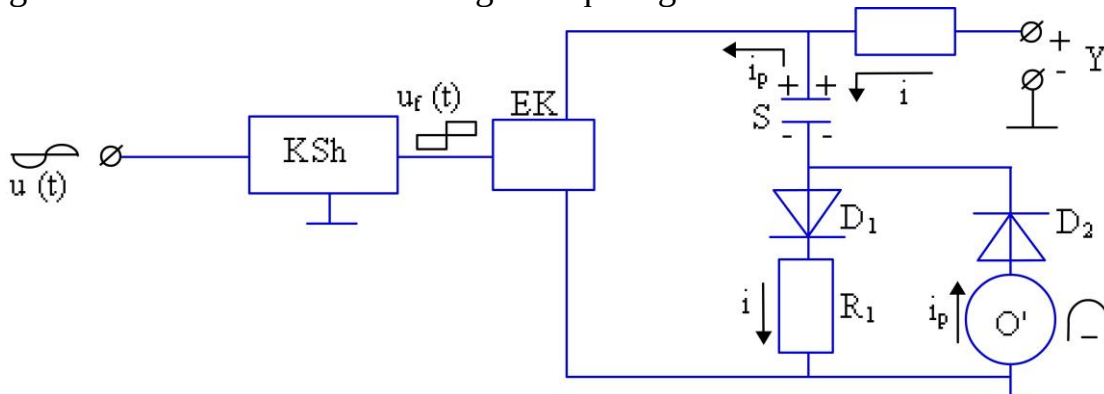
bajarishga va asboblarning ancha yaxshi metrologik tavsiflarini olishga imkon beradi.

Ko'rib o'tilgan voltmetrlar odatda o'lchanayotgan kuchlanishning amplitudali qiymatlarida graduirlanadi. Bu holda voltmetrlarning ko'rsatkichlari kirish (o'lchanadigan) kuchlanishining shakliga bog'liq emas. Agar asboblarning sinusoidal kuchlanishning amaldagi qiymatlarida graduirlangan bo'lsa, unda boshqa shakldagi kuchlanishni o'lchashda o'lchanayotgan kuchlanishning amplituda koeffitsiyentini hisobga olib, tegishli qayta hisoblashni bajarish kerak. Amplitudali voltmetrlar haqidagi batafsil ma'lumotlarni adabiyotlar manbalaridan olish mumkin.

7.4. Kondensatorli chastota o'lchagichlar

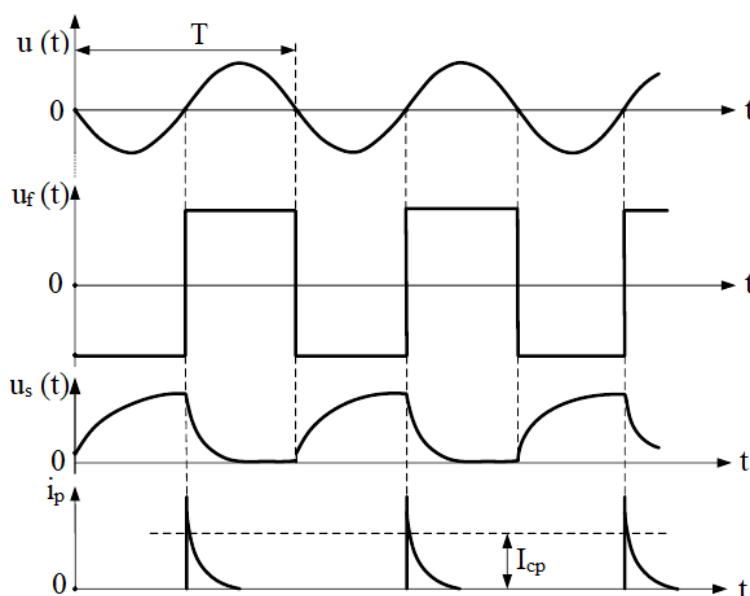
Elektron kondensatorli chastota o'lchagichlar 20 Gs dan 500 kGs gacha bo'lgan diapazondagi davriy kuchlanishlarning chastotalarini o'lchash uchun ishlatiladi. Bunday asboblarning keltirilgan xatoligi odatda 1,0–2,5 % chegarasida bo'ladi.

Elektron kondensatorli chastota o'lchagichning ishlash tamoyili 7.7-rasmda keltirilgan rasm va 7.8-rasmda keltirilgan vaqt diagrammalari bilan tushuntiriladi.



7.7-rasm. Elektron kondensatorli chastota o'lchagich rasmi:

KSh – kuchaytirgich-shakllantirgich; EK – elektron kalit; D_1 , D_2 – yarim o'tkazgichli diodlar; O' – magnitoelektrik sistema o'lchagichi; R , R_1 – doimiy qarshiliklar.



7.8-rasm. Elektron kondensatorli chastota o'lhagich signallarining vaqt diagrammasi:

$u(t)$ – kirish signali; $u_s(t)$ – S kondensatorida kuchlanish;

$u_f(t)$ – kuchaytirgich-shakllantirgich chiqishida kuchlanish; i_p – razryad toki.

Chastotasi $u(t)$ ga o'zgaruvchi, kirish kuchlanishini kuchaytiruvchi va undan to'g'ri burchakli kuchlanishni shakllantiruvchi kuchlanish (7.7, 7.8-rasmlar) kuchaytirgich-shakllantirgich kirishiga (KSh) uzatiladi. Bu kuchlanishni elektron kalit EK rasmi boshqaradi. Manfiy signallarda EK ochiq, musbatlarida esa yopiq bo'ladi, deb hisoblanadi. Kalit ochiq bo'lganida davrning yarmi davomida S kondensator RA orqali Ye qiymatgacha quvvatlanadi.

i_3 quvvat toki D_1 diod orqali oqib o'tadi. EK yopilganida S kondensator yopiq kalit, o'lhagich va diod D_2 orqali quvvatini yo'qotadi.

S kondensatorning iste'mol kuchlanishigacha quvvatlanishi quyidagi shart bajarilganida amalga oshadi.

$$t_3 < 0.5T \quad (7.16)$$

bu yerda t_3 – quvvat vaqti;

T – kirish kuchlanishi davri.

S kondensatorning to'la razryadi quyidagi shart bajarilganida amalga oshadi:

$$t_p < 0.5T \quad (7.17)$$

bu yerda t_p – razryad vaqti.

(7.16) va (7.17) shartlar bajarilganida S kondensator davrning birinchi yarmida q quvvatni to'playdi. Davrning ikkinchi yarmida elektrning bu miqdori o'lhagich orqali o'tadi.

$$q = \varepsilon \cdot C \quad (7.18)$$

bu yerda E – iste'mol manbaining EYuK.

Magnitoelektrik sistema o'lhagichining ko'rsatkichlari u orqali o'tuvchi o'rtacha tokka proporsional.

$$\alpha = K_n \cdot I_{cp} \quad (7.19)$$

$$I_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^t i_p(t) dt \quad (7.20)$$

$$q = \int_0^t i_p(t) dt \quad (7.21)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (7.22)$$

bu yerda α – asbob ko'rsatkichi;

KP – proporsionallik koeffitsiyenti; I_{sr} – razryad tokining o'rta qiymati; i_p – kondensator razryad tokining lahzalik qiymati; t – joriy vaqt; f – kirish kuchlanishining chastotasi.

(7.18)–(7.22) ifodalarlar asosida quyidagilarni yozish mumkie:

$$\alpha = K_n \cdot \frac{1}{T} \cdot q = K_n \cdot f \cdot E \cdot C \quad (7.23)$$

$$K = K_n \cdot E \cdot C \quad (7.24)$$

$$\alpha = K \cdot f \quad (7.25)$$

bu yerda K – chastota bo'yicha proporsionallik koeffitsiyenti.

(7.25) ifoda, ko'rilayotgan asbobning ko'rsatkichlari chiqish signali chastotasiga to'g'ri proporsional ekanligiga guvohlik beradi.

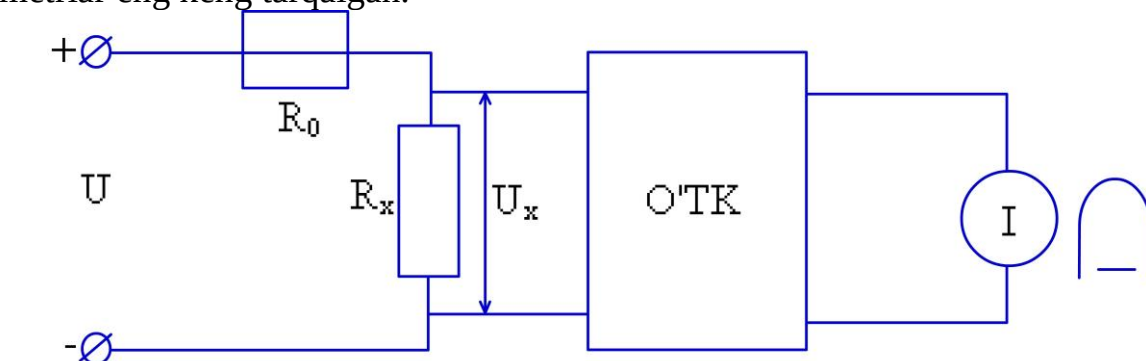
Elektron kondensatorli chastota o'zgartirgichlari bo'yicha qo'shimcha ma'lumotlar adabiyot manbalarida keltirilgan.

7.5. Ommetrlar

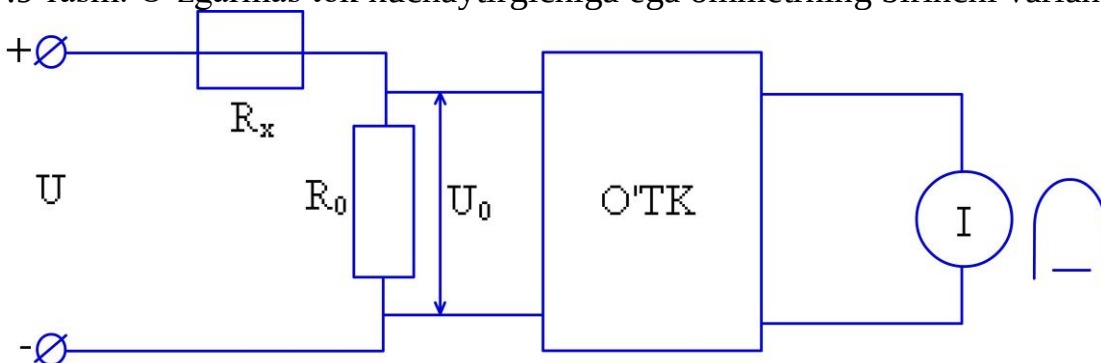
Elektron ommetrlar rezistorlarning faol qarshiligini, kontaktlarni, izolyatsiyalarni, yuza va hajmiy qarshiliklarni o'lchashda va boshqa hollarda keng qo'llaniladi.

Bunday ommetrlarning xatoliklari 1–2 dan 10–15 % gacha bo'ladi. Ayniqsa xatoliklar juda katta qarshiliklarni o'lchashda baland bo'ladi ($R > (10^{10} - 10^{12})$ Om). O'lchash diapazoniga bog'liq ravishda ko'rilayotgan asboblarda milliommetrlar, ommetrlar, megaommetrlar, teraommetrlar deyiladi.

Elektron ommetrlarning ishi, odatda, o'lchanayotgan qarshilikni, shkalali, qarshilik birliklarida graduirlangan magnito-elektrik o'lchagichga uzatiladigan doimiy kuchlanishga aylantirishga asoslangan. 7.9; 7.10; 7.11-rasmlarda keltirilgan ommetrlar eng keng tarqalgan.



7.9-rasm. O'zgarmas tok kuchaytirgichiga ega ommetrning birinchi varianti



7.10-rasm. O'zgarmas tok kuchaytirgichiga ega ommetrning ikkinchi varianti:

U – stabilli iste'mol manbasining kuchlanishi; $O'TK$ – o'zgarmas tok kuchaytirgichi; R_0 – namunaviy ma'lum qarshilik; R_x – o'lchanayotgan qarshilik; O' – magnitoelektrik sistema o'lchagichi. 7.9-rasmda keltirilgan rasm uchun quyidagini yozish mumkin:

$$U_x = U \frac{R_x}{R_x + R_0} \quad (7.26)$$

$R_x \ll R_0$ deb hisoblab, quyidagini hosil qilamiz

$$U_x = U \cdot \frac{R_x}{R_0} \quad (7.27)$$

$$\alpha = k \cdot U_x = k \cdot U \cdot \frac{R_x}{R_0} \quad (7.28)$$

bu yerda α – magnitoelektrik sistema o‘lchagichining ko‘rsatkichi (ommetrning ko‘rsatkichlari bilan mos tushadi);

k – O‘TK va o‘lchagichni o‘zgartirish koeffitsiyenti.

(7.28) ifoda, 7.9-rasm bo‘yicha qurilgan ommetrning ko‘rsatkichi o‘lchanayotgan qarshilikka to‘g‘ri proporsional ekanligiga guvohlik beradi.

$$U_0 = U \cdot \frac{R_0}{R_x + R_0} \quad (7.29)$$

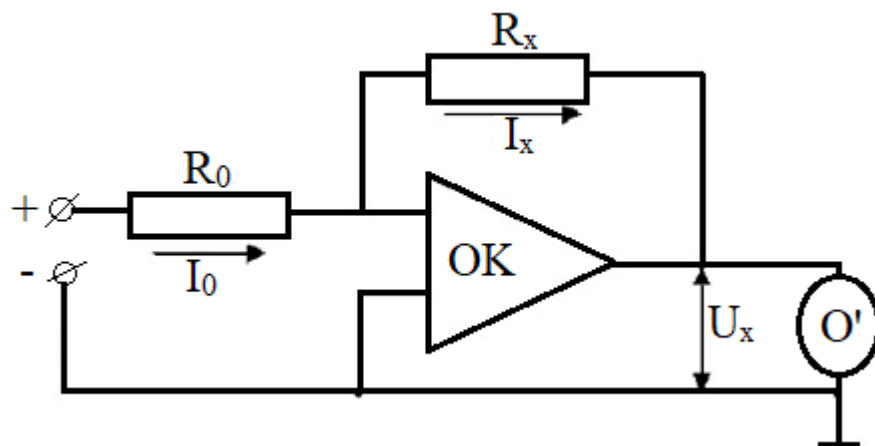
$R_x \gg R_0$ deb hisoblab, quyidagini hosil qilamiz:

$$U_0 = U \cdot \frac{R_0}{R_x} \quad (7.30)$$

$$\alpha = k \cdot U_0 = k \cdot U \cdot \frac{R_0}{R_x} \quad (7.31)$$

(7.31) ifoda 7.10-rasm bo‘yicha qurilgan ommetrning ko‘rsatkichlari o‘lchanayotgan qarshilikka teskari proporsional ekanligiga guvohlik beradi.

Birinchi rasmdagi ommetrlardan (7.9-rasmga qaralsin) kichik qarshiliklarni, ikkinchi rasmda keltirilgan ommetrlardan esa (7.10-rasm) – katta qarshiliklarni o‘lchashda foydalanish maqsadga muvofiq. 7.11-rasm bo‘yicha qurilgan ommetrlarda manfiy teskari aloqa zanjiriga R_x rezistor ulangan operatsion kuchaytirgichdan foydalanilgan.



7.11 - rasm. Operatsion kuchaytirgichli elektron ommetr rasmi:

OK – operatsion kuchaytirgich; R_x – o‘lchanadigan qarshilik; R_0 – namunaviy ma’lum qarshilik; U – turg‘un iste’mol manbasining kuchlanishi; O' – magnitoelektrik sistema o‘lchagichi. Operatsion kuchaytirgich (OK) katta K kuchayish koeffitsiyentiga, katta kirish qarshiligiga va juda ham kichik, e’tiborga olinmasa ham bo‘ladigan, kirish toklariga ega. Bu holda «a» nuqta potentsiali nolga yaqin bo‘ladi va kuchlanishning R_x ga pasayishini o‘lchagich kuchlanishiga teng deb olish mumkin bo‘ladi (7.11-rasm). Demak, I_0 va I_x toklar teng va quyidagi ifodalar o‘rinli:

$$I_0 = I_x = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_x}{R_x} \quad (7.32)$$

$$U_0 = U \quad (7.33)$$

$$U_x = U \cdot \frac{R_x}{R_0} \quad (7.34)$$

$$\alpha = S_U \cdot U \cdot \frac{R_x}{R_0} \quad (7.35)$$

bu yerda α – bir vaqtda ko‘rilayotgan ommetrning ko‘rsatkichi bo‘lgan, magnitoelektrik sistema o‘lchagichining ham ko‘rsatkichidir; S_U – kuchlanish bo‘yicha o‘lchagichning sezuvchanligi.

Shunday qilib, elektron ommetrning ko‘rsatkichi, (7.35) ga muvofiq, 7.11-rasmdagi rasm bo‘yicha qurilgan o‘lchanayotgan qarshilikka to‘g‘ri proporsional.

Ko‘rilayotgan rasmlar seriyalab ishlab chiqariladigan asboblarda o‘z qo‘llanishini topgan. Ye6-12; Ye6-15 turdagi ommetrlar 7.9 va 7.10 – rasmlardagi rasmlarga yaqin tuzilishga ega. Ye6-10; Ye6-13 turdagi ommetrlar 7.11 rasmda keltirilgan rasm bo‘yicha qurilgan.

Qarshiliklarni o‘lchashning ko‘prik metodlari amaliyotda keng qo‘llaniladi, ular mazkur O‘quv-qo‘llanmada ko‘rib o‘tilmaydi. O‘lchashning bu usuli bo‘yicha ma’lumotlar boshqa O‘quv-qo‘llanmalarda keltirilgan.

Nazorat savollari:

1. Analog elektron asboblarda o‘lchov vositalariga nimalar kiradi.
2. O‘lchov diapazoni nima?
3. Induktivlik va sig‘imlarning o‘lchagichlarni tushuntiring.
4. Chastotametrlarning vazifasi nimadan iborat.
5. Kuchaytirish-o‘zgartirgich bloki yarim o‘tkazgichli diodlarning vazifasi.
6. O‘rta qiymatlar voltmetrlarga qaysilar kiradi?
7. Voltmetrlar.
8. Amplituda qiymatli voltmetrlar.
9. Kondensatorli chastota o‘lchagichlar.
10. Qarshiliklarni o‘lchashning ko‘prik metodlarini tushuntiring?

VIII - BOB. RAQAMLI O'LCHASH ASBOBLARI

8.1. Umumiy qoidalar

Ko'plab raqamli o'lchash asboblarning ishi uzluksiz (analog) o'lchanayotgan miqdorni diskret (raqamli) miqdorga o'zgartirishga asoslangan. Faqat, diskret miqdorlarni (yadro bo'lakchalarining schotchiklari, impuls sonlarining schotchiklari va h.k.) o'lchashga mo'ljallangan ba'zi bir asboblardan bundan mustasno. Uzluksiz miqdorni raqamli kodlash jarayoni bu miqdorni darajasi va vaqti bo'yicha kvantlanish (diskretizatsiyalanish) to'plamidir.

Raqamli o'lchov asboblari (RO'A) kiritilayotgan o'lchanadigan miqdorning raqamli kodga o'zgartirilishi avtomatik tarzda sodir bo'ladi. O'lchanayotgan miqdorning raqamli kodga aylantirish avtomatizmi RO'A ni aniqlash belgisidir. Shunga asoslanib, o'lchash natijalari raqamli hisob qurilmasiga chiqarilgan bo'lsa ham, ammo bu natijalar qo'lda bajariladigan operatsiyalar hisobiga hosil qilingani uchun, ular raqamli asboblarga kiritilmaydi. Masalan, o'lchab tenglashtirilish qo'lda bajariladigan o'zgarmas tok kuchlanishining kompensatorlarini va qarshilikning dekada magazinli ko'priklarini raqamli asboblardan deb aytish qabul qilinmagan.

RO'A ikkita majburiy funksional bo'g'inni: analog-raqamli o'zgartirgichni (ARO') va raqamli orqaga hisoblash qurilmalarini (ROHQ) o'z ichiga oladi.

ARO' va ROHQ dan tashqari, raqamli asboblardan raqamli-analog o'zgartirgichlarga (RAO') ega bo'lishi mumkin. ARO' va RAO' lar RO'A ning bo'g'inlari kabigina emas, balki avtonom (mustaqil) qurilmalar sifatida ham ishlatiladi.

O'lchanadigan miqdorni darajasi bo'yicha kvantlash natijasida diskret xatolik paydo bo'ladi, u o'lchanadigan miqdorning cheksiz ko'p qiymatlarining RO'A ning cheklangan miqdordagi ko'rsatkichlarida ifodalanishi bilangina asoslanadi.

Diskret xatolik RO'A ga xos, u analog asboblarda bo'lmaydi. Ammo bu xatolik asboblardan aniqligini oshirish uchun to'siq bo'lmaydi, chunki kvantlash darajasi sonini mos qilib tanlash bilan diskret xatolikni juda ham kichik qilish mumkin. Amaliyot, RO'A, qoidaga ko'ra, xuddi shu fizik miqdorlarni o'lchash uchun mo'ljallangan analog asboblarga qaraganda, ancha kichik xatoliklarga ega bo'lishini ko'rsatadi.

Uzluksiz $x(t)$ miqdorni vaqt bo'yicha diskretlash, uni vaqtda diskret (uzlukli) miqdorga o'zgartirish maqsadida o'tkaziladi, u $x(t)$ ning mos qiymatlari bilan vaqtning faqat ma'lum daqiqalaridagina mos tushadi. Diskretizatsiyaning ikkita qo'shni vaqt daqiqalari o'rtasidagi oraliq - diskretizatsiya qadami, deb aytiladi, u o'zgaruvchan va o'zgarmas bo'lishi mumkin.

Uzluksiz o'lchanadigan miqdorning vaqt bo'yicha diskretizatsiyasi (darajasi bo'yicha kvantlash kabi) RO'A xatoligi manbasidir. Ammo diskretizatsiyaning mos qadamini (kvantlash darajasini tanlash kabi) tanlash bilan, ko'rilyotgan xatolik minimumga olib kinishi mumkin.

Konstruktiv ifoda RO'A ni elektromexanik va elektron turlarga bo'lish mumkin. Elektromexanik turlardan kontakt elementlar (qadamli dvigatellar, rele),

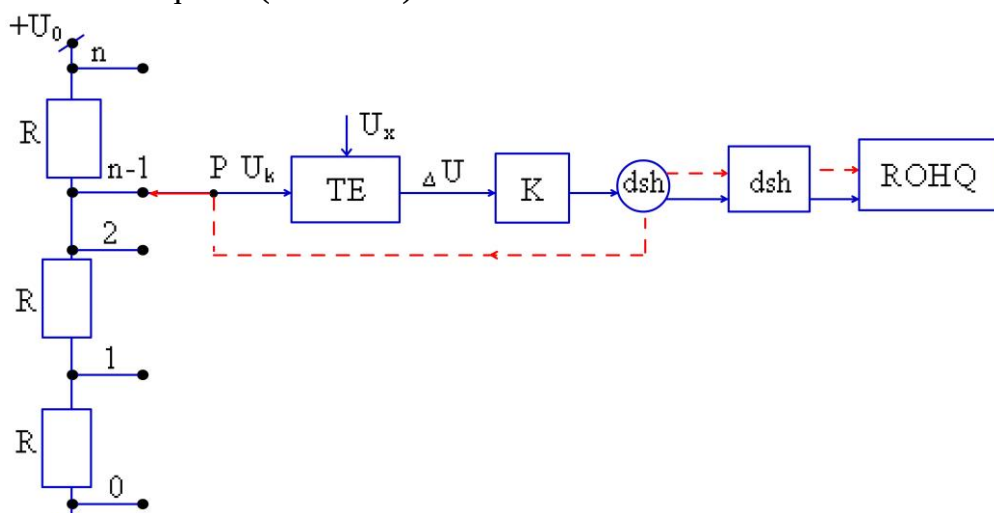
elektron turlarda esa – kontakt elementlar (elektron yoki yarim o'tkazgichli) bo'ladi. RO'A nng rivojlanishi kontakt qurilmalarni kontaktsizlarga almashtirish yo'li bilan borayabdi.

O'lchanadigan miqdorni kodga o'zgartirilishiga bog'liq ravishda ketma-ket o'zgartirish RO'A lari, fazoviy almashtirish RO'A lari, razryad bo'yicha tenglashtirish (kod-impulslari) RO'A lari va boshqa xil RO'A lar farqlanadi. O'lchanadigan miqdorlarning turga ko'ra RO'A lar voltmetrlarga, chastota o'lchagichlarga, ommetrlarga, fazometrlarga va boshqalarga bo'linadi. Ko'pincha RO'A universal bo'ladi, bu bitta asbob bilan turli xil elektr miqdorlarni o'lchashga imkon beradi. Masalan, universal raqamli asbob doimiy va o'zgaruvchan toklarni, elektr qarshiliklarni va h.k.larni o'lchash uchun mo'ljallangan bo'lishi mumkin.

RO'A bo'yicha qo'shimcha ma'lumotlar adabiyot manbalarida keltirilgan.

8.2. Elektromexanik raqamli asboblari

Elektromexanik raqamli asboblari («kontaktli») dvigatellarga, relega, qayta ulash kaliti (pereklyuchatel)lariga va h.k. larga ega. Ular o'lchashning katta vaqtiga va katta bo'lmagan xizmat muddatiga ega bo'lgani uchun, keng qo'llanilmaydi. Ulardagi kichik xatolik bu asboblarning afzal tomonidir. Misol sifatida quyida doimiy kuchlanishni o'lchash uchun mo'ljallangan elektromexanik raqamli voltmetr ko'rib chiqiladi (8.1-rasm).



8.1 - rasm. Elektromexanik raqamli voltmetrning soddalashtirilgan rasmi:

U_x – o'lchanadigan kuchlanish; DV – qadamli dvigatel; U_0 – tayanch kuchlanish; DSh – deshifrator; TE – taqqoslash elementi; ROHQ – raqamli hisob boshlaydigan qurilma; K – kuchaytirgich; P – qayta ulash kaliti (pereklyuchatel)

8.1-rasmda yaxlit chiziq bilan elektr zanjirlari, punktir chiziq bilan esa – mexanik aloqalar ko'rsatilgan. Qadamli dvigatel DV, aniq asbob turining konstruktiv bajarilishiga bog'liq ravishda, DSh va ROHQ bilan elektrik yoki mexanik bog'langan bo'lishi mumkin, bu rasmda ikkita (yaxlit va punktir) chiziq bilan ko'rsatilgan.

O'lchanayotgan U_x kuchlanish bilan taqqoslash uchun TE ga uzatiladigan kompensirlovchi (o'rnini qoplovchi) U_k kuchlanish quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_k = \frac{U_0}{n} \cdot n_i \quad (8.1)$$

bu yerda $n - R$ qarshiliklar soni (kuchlanish bo'luvchisining umumiy pog'onalari soni); n_i – kuchlanish bo'luvchisining ulangan pog'onalari soni.

U_k pog'onalar bilan $\Delta U_k = U_{0/n}$ uzilishlar bilan o'zgarishini ta'kidlaymiz. ΔU_k qiymat asbob diskretligining xatosini aniqlaydi. Nazariy tomonidan diskret xatoligi juda kichik bo'lishi mumkin (cheklanish konstruktiv va texnik tavsifga ega). U , kuchlanish bo'luvchisini hosil qiluvchi qarshiliklar soniga bog'liq. ΔU ning qiymati kuchlanishni taqqoslash elementining chiqishida U_x va U_k kuchlanishlarning farqiga teng:

$$\Delta U = U_x - U_k \quad (8.2)$$

Agar $U_x \neq U_k$ bo'lsa, unda $\Delta U \neq 0$, u kuchaytirgich kirishiga uzatiladi va kuchaygandan keyin DV qadam dvigateliga ta'sir qiladi, u P qayta ulash kaliti (pereklyuchatel)ning suriluvchi kontaktini ko'chira boshlaydi. Bunda bo'luvchidan olinadigan kompensirlanuvchi U_k kuchlanish o'zgaradi. U_k ning o'sishi (agar $U_x > U_k$ bo'lsa) yoki uning kamayishi (agar $U_x < U_k$ bo'lsa), U_k taxminan o'lchanadigan U_x kuchlanishga teng bo'lmaguncha davom etadi. Bunda DV dvigatel to'xtaydi va ROHQ dan ko'rsatkichlarning hisobini boshlash amalga oshiriladi. DSh deshifrator odatda dvigatel va ROHQ bilan bilan bog'liq (ROHQ kabi) – elektron qurilma. Bu holda DV, DSh va ROHQ lar o'rtasida aloqalar elektrik. Ammo ko'rilayotgan qurilmalar elektromexanik bo'lishi mumkin. U paytda ular o'rtasida aloqalar mexanik tarzda bo'ladi.

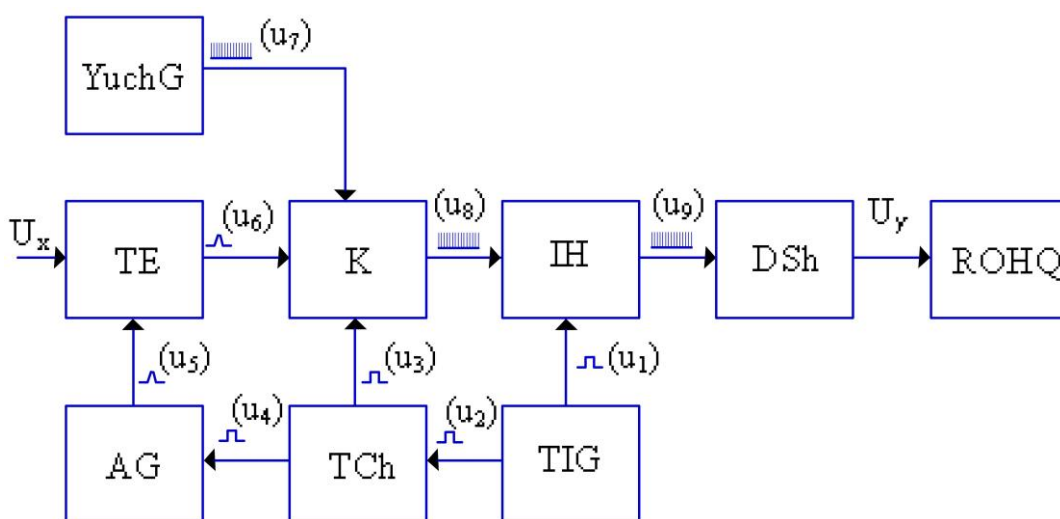
Qadamli dvigatel o'rniga ko'pincha, o'lchov zanjirlarida zaruriy kommutatsiyani amalga oshiruvchi elektromexanik rele ishlatilishini aytib o'tish kerak. Kuchlanish bo'luvchilari, qoida bo'yicha dekadali (masalan, o'lchanadigan miqdorning butun birliklar dekadasi, o'nlik hissalar dekadasi, yuzlik hissalar dekadasi va h.k.) bajariladi.

Elektromexanik RO'A larning tezligi sekundiga 1-2 o'lchashga teng. Aniqlikning tipik klassi – 0,05. Elektromexanik raqamli asboblarda va aniqlikning yana ham yuqori sinfi (dan 0,01 gacha 0,005) ma'lum.

8.3. Elektron raqamli asboblarda

8.3.1. Vaqt impulsli voltmetrlar

Vaqt impulsli voltmetrlar ketma-ket o'zgartirish asboblari kiritiladi. Ular o'lchanadigan kuchlanishni vaqt oraliqiga o'zgartirishga va olingan oraliqni, uni yuqori chastotali impuls bilan to'ldirish yo'li bilan o'lchashga asoslangan (8.2-rasm).



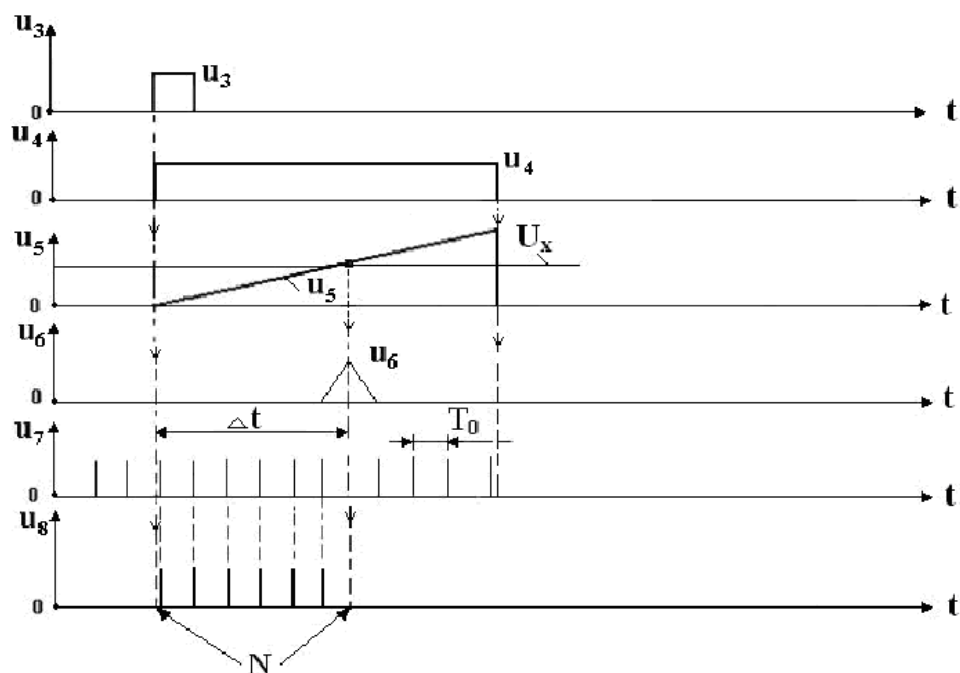
8.2 - rasm. Vaqt-impulsi voltmetrning tuzilmali rasmi:

TIG – taktli impulslar generatori; AG – arrasimon kuchlanish generatori; TCh – to‘xtash chizig‘i; DSh – deshifrator; ROHQ – raqamli orqa hisob qurilmasi; DSh – deshifrator; YuChG – yuqori chastotali impulslar generatori; TE – taqqoslash elementi; U_x – o‘lchanadigan kuchlanish (o‘zgaras yoki sekin o‘zgaruvchi); K – kalit; SCh – impulslar hisobchisi; U_y – boshqaruvchi kuchlanish.

Asbobning ishi quyidagi ketma-ketlikda boradi. Asbobning ishiga takti, berilgan davriylik bilan to‘g‘ri burchakli u_1 va u_2 impulslar ishlab chiqaruvchi takt impulsleri generatori (GTI) beradi.

Impuls u_1 impulslar hisobchisiga (IH) kelib tushadi va uni boshlang‘ich holatga o‘tkazadi (nolga keltiradi). Impuls u_2 ushlab turish chizig‘iga (TZ) kelib tushadi. Bir muncha ushlab turish bilan (IH ni boshlang‘ich holatga o‘tkazish uchun zaruriy) TCh chiqishida u_3 va u_4 impulslar paydo bo‘ladi. u_3 kalit (K)ga kelib tushadi va uni ochadi. u_4 impuls qandaydir bir to‘xtash bilan arrasimon kuchlanish generatoriga (AG) kelib tushadi va uni ishga tushiradi. AG ning chiqishidan u_5 arrasimon kuchlanish taqqoslash elementiga (TE) kelib tushadi. Bir vaqtda TE ga o‘lchanadigan U_x kuchlanish uzatiladi. Ochiq K kalit orqali yuqori chastotali u_7 impulslar IH ga kelib tushadi. SI hisoblagich bilan impulsleri sanash U_x kuchlanish va u_5 bir-biriga teng bo‘lmagunicha va K kalitni yopuvchi TE, u_6 impulsni ishlab chiqarmaguncha davom etadi. IH hisoblagichda to‘plangan impulsleri soni, deshifrator tomonidan (DSh), raqamli hisoblash qurilmasiga (ROHQ) ta’sir etuvchi boshqaruvchi U_y kuchlanishga o‘zgartiriladi, undan o‘lchash natijasini hisoblash amalga oshiriladi.

8.3-rasmda, qarayotgan asbob ishini tushuntiruvchi vaqt diagrammalari keltirilgan. Vaqt-impulsi voltmetrlarning tezligi odatda sekunda 10-15 o‘lchamni tashkil qiladi. Alohida hollarda tezlik sekunda 50-60 o‘lchamga borib yetishi mumkin.



8.3 - rasm. Vaqt diagrammalari

O'lchanadigan kuchlanish Δt vaqt intervaliga o'zgaradi, u $f_0 = 1/T_0$ chastota bilan keluvchi impulslar bilan to'ldirilishini yana bir marta aytib o'tamiz. $N \approx \Delta t/T_0$ impulslarning soni hisobchi bilan hisoblanadi va asbobning raqamli qurilmasida ifodalanadi.

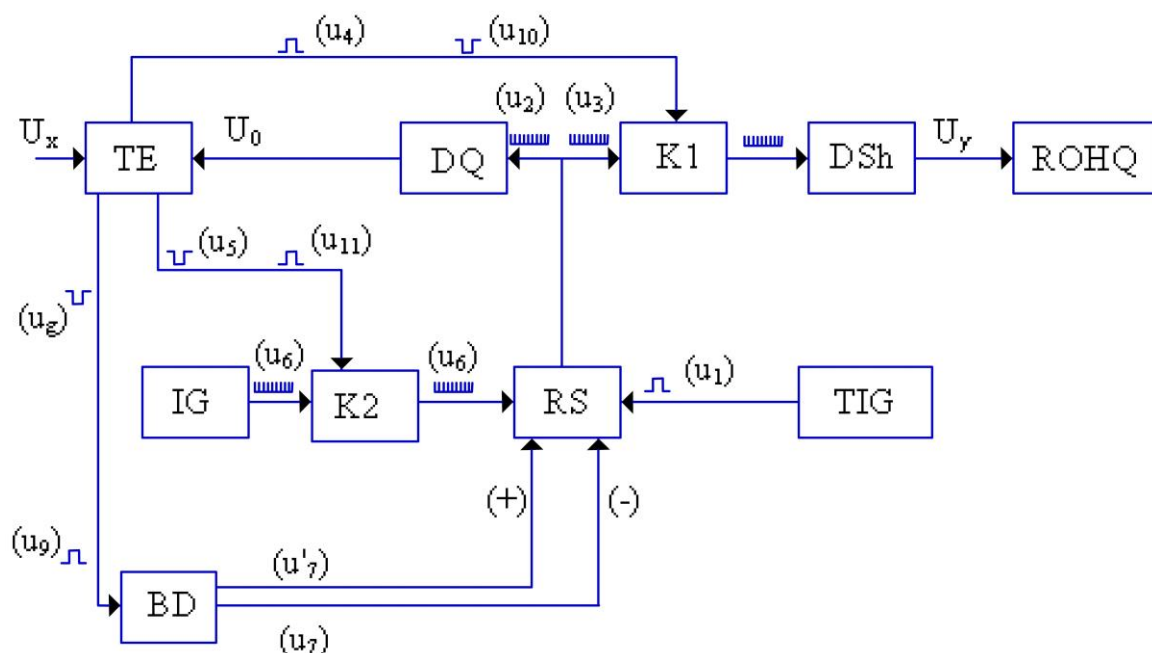
Vaqt-impulslar asboblari nisbatan katta xatoliklarga ega.

Bu, Δt oralig'ining boshlanishi va oxiri bilan paydo bo'ladigan hisoblash impulslarining mos kelmasligi va shundaydek noqiziq o'zgartirish koeffitsiyenti hisobiga paydo bo'layotgan diskret xatoliklarning borligi bilan tushuntiriladi. Xalaqit berishlarni yo'qotish uchun talab qilinuvchi maxsus filtrlarning yo'qligi sababli xalaqit berishlardan past himoyalanganlik bu asboblarning boshqa kamchiligidir.

Sanoat, bayon tilgan tamoyil bo'yicha qurilgan RO'A larni ishlab chiqaradi. Ularning hammasi, boshqa tamoyillarga asosan qurilgan raqamli asboblarga qaraganda ancha katta xatoliklarga ega. Masalan, VK7-10A/1 turidagi universal voltmetrning xatoligi doimiy kuchlanishni o'lchashda 0,1–0,2 % atrofida bo'ladi.

8.3.2. Qiyosiy voltmetrlar

Qiyosiy o'zgartirish voltmetrlarida (boshqacha nomi - taqqoslash voltmetrlari) teskari aloqa ishlatiladi, u rasmda, kodni (yoki impulslar sonini) analog kuchlanishga o'zgartiruvchi raqamli-analog o'zgartirgichning bo'lishini e'tiborga oladi. Teskari aloqaning analog kuchlanishli o'lchanadigan kuchlanishining qiyoslashning (taqqoslashning) bir necha usullari mavjud. Quyida reversiv hisoblagichli taqqoslash voltmetri keltirilgan (8.4 - rasm).



8.4 - rasm. Reversiv hisoblagichli qiyoslash voltmetrning tuzilmali rasmi:

TE – taqqoslash elementi; PC–reversiv hisoblagich; DQ – dekodirlovchi qurilma; TIG – taktli impulslar generatori; K₁, K₂ – kalitlar; BD – belgi diskriminatori; DSh – deshifrator; U_x – o‘lchanayotgan kuchlanish; ROHQ – raqamli orqa hisoblash qurilmasi; U₀ – kompensirlovchi (o‘rnini qoplovchi.) kuchlanish; IG – yuqori chastotali impulslar generatori; U_y – boshqaruvchi kuchlanish.

Voltmetrning ishi quyidagi ketma-ketlikda boradi. Taktli impulslar generatori GTI u₁ taktli impulsni beradi, u reversiv hisoblagichka RS ta’sir qilish bilan butun rasmni ishga tushiradi. PC impulslardan dekodlanuvchi qurilmaga DQ (u₂) va K₁ kalitga (u₃=u₂), oldingi o‘lchashlardan RS da saqlanib qolgan seriyani beradi. DQ impulsi u₂ kuchlanishni analog U₀ (U₀ = f(N)) kuchlanishga aylantiradi. Asbobning keyingi ishi U₀ va U_x kuchlanishlarning yondashuviga bog‘liq bo‘ladi. Bu yerda uchta hol bo‘lishi mumkin: U₀ = U_x; U₀ > U_x; U₀ < U_x.

Birinchi hol (U₀ = U_x). TE taqqoslash elementi u₄ va u₅ impulslarni ishlab chiqaradi. Impuls u₄ K₁ kalitni ochadi, U₃ kuchlanish impulsar seriyasi ko‘rinishida (N – impulsar soni) K₁ orqali DSh deshifratorga kelib tushadi va boshqaruvchi U_y kuchlanishga o‘zgaradi. U_y kuchlanish ROHQ raqamli orqa hisob qurilmasiga ta’sir qiladi, undan o‘lchash natijalarini raqamli shaklda hisoblash amalga oshiriladi (masalan: 127,3 mV; 4,856 V va h.k.)

Ikkinchi hol (U₀ > U_x). Bu holda TE u₈, u₁₀, u₁₁ impuls signallar ishlab chiqaradi. u₁₀ impuls K₁ kalitni yopadi, va impulslarning DSh ga kelib tushishi to‘xtaydi. u₁₁ impuls K₂ kalitni ochadi va yuqori chastotali u₆ impulsar IG impulsar generatoridan K₂ orqali RS ga kelib tusha boshlaydi. u₈ impuls belgilar diskriminatoriga ta’sir qiladi, u, RS ni hisoblash rejimiga o‘tkazuvchi kommutatsion u₇ kuchlanishni ishlab chiqaradi, Hisoblash rejimi tufayli RS ga yangi kelib tushayotgan u₆ impulsar reversiv hisoblagichda jamlanganlardan olinadi. RS da impulsar sonining kamayishi ularning DQ kirish qismida kamayishiga va mos ravishda analog kompensirlovchi u₀ kuchlanishning

kamayishiga olib keladi. U_0 kuchlanishning kamayishi, u o'lanayotgan u_x kuchlanishga teng bo'lguncha davom etadi. $U_0 = U_x$ da asbobning yuqorida bayon etilgan ishi takrorlanadi (birinchi hol).

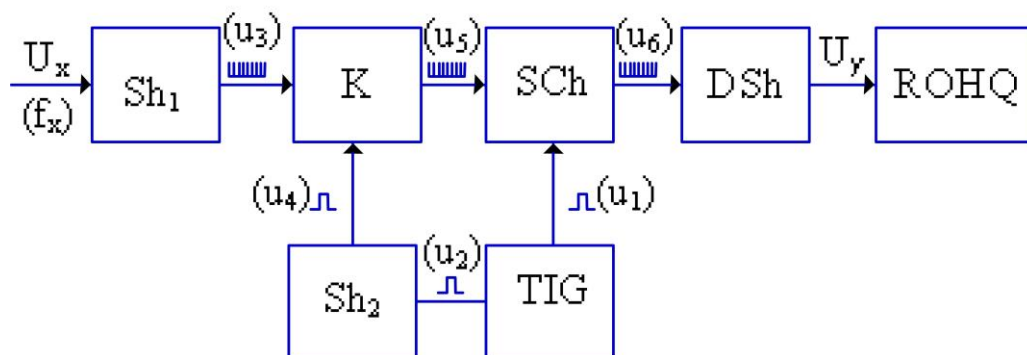
Uchinchi hol ($U_0 < U_x$). Bu holda TE u_9, u_{10}, u_{11} impuls signallarni ishlab chiqaradi. u_{10} impuls K_1 kalitni yopadi va impulslarning DSh ga kelib tushishi to'xtaydi. u_{11} impuls, K_2 kalit va yuqori chastotali u_6 impulslar generatoridan K_2 orqali RS ga kelib tushishni boshlaydi. U_9 belgi RS ni jamlash rejimiga o'tkazuvchi u_7 kommutatsion kuchlanishni ishlab chiqaruvchi BD belgi diskriminatoriga ta'sir qiladi. Jamlash rejimi tufayli RS ga yana qaytib tushuvchi u_6 impulslar reversiv hisoblagichda yig'ilgan impulslar bilan qo'shiladi.

RS da impulslar sonining oshishi ular sonining DQ kirishida oshishiga va mos ravishda kompensirlovchi u_0 kuchlanishning ko'payishiga olib keladi. U_0 ning o'sishi, u o'lanayotgan u_x kuchlanishga teng bo'lib qolmaguncha davom etadi. $U_x = U_0$ da asbobning bayon etilgan ishi takrorlanadi (birinchi hol). Taqqoslash asboblari yuqori metrologik tavsifga ega. Ularning, doimiy kuchlanishni o'lchashda, xatoligi odatda 0,01–0,05 % dan oshmaydi. Bu asboblarning ishlash tezligi sekunda 500-600 o'lchashgacha borib yetishi mumkin.

8.3.3. Elektron-hisob chastota o'lchagichlar

Raqamli chastota o'lchagichlar davriy signal chastotasining o'rta va lahzalik qiymatini, shuningdek chastotaning nominal qiymatdan absolyut va nisbiy farqlanishini o'lchashga mo'ljallangan.

O'quv-qo'llanmaning mazkur punktida ko'rilayotgan elektron-hisob chastota o'lchagichlar T_0 vaqt intervalida f_x chastotali impulslar sonini hisoblashga asoslangan (8.5-rasm).



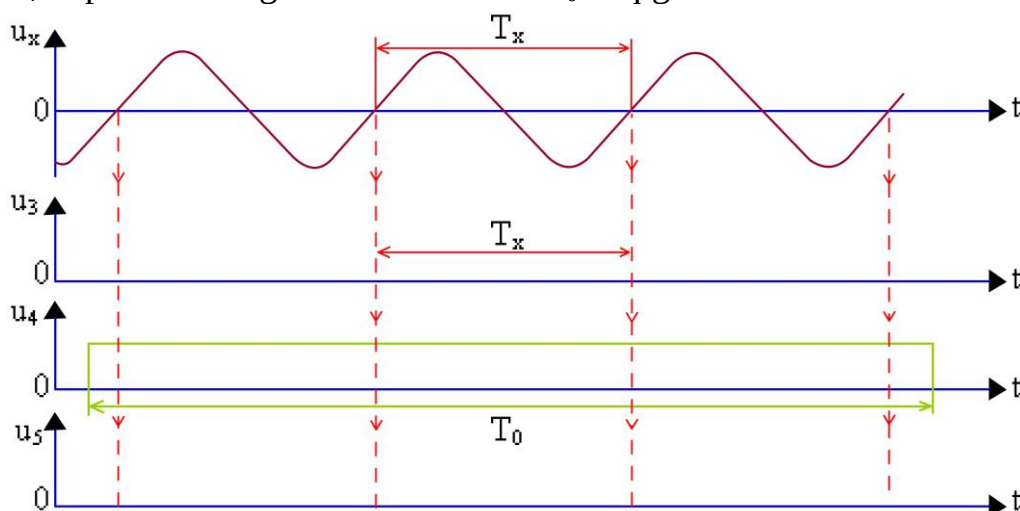
8.5 - rasm. Elektron-hisob chastota o'lchagichning tuzilmali rasmi:

Sh_1, Sh_2 – shakllantirgichlar; TIG – taktli impulslar generatori; K– kalit; ROHQ – raqamli orqa hisob qurilmasi; SCh – impulslar schetchigi; f_x – o'lanadigan chastota; DSh – deshifrator;

Vaqt diagrammalarida rasmning alohida elementlarining (u_3, u_4, u_5) kirishi (U_x) va chiqishida kuchlanishlar ko'rsatilgan. Bu va boshqa kuchlanishlar tuzilmali rasmda ko'rsatilgan (8.5-rasm).

u_1 va u_2 impulsli kuchlanishlarni ishlab chiqaruvchi taktli impulslar generatori TIG asbobini ishga tushiradi. u_1 impuls hisoblagichni boshlang'ich holatga o'tkazadi ("nol" ishlab chiqadi). U_2 impuls Sh_2 shakllantirgichga ta'sir

qiladi, u me'yoriy u_4 impulsni T_0 davomiylik bilan ishlab chiqadi (8.5 va 8.6 - rasm). U_4 impuls K kalitga uzatiladi va uni T_0 vaqtga ochadi.



8.6 - rasm. Elektron-hisob qurilmasi ishining vaqt diagrammasi

Davriy U_x kuchlanish (uning f_x chastotasi o'lchanadi) Sh_1 shakllantirgichga uzatiladi, u K kalitga uzatiladigan u_3 impulsli kuchlanishni shakllantiradi. Sh_1 kiruvchi kuchlanishning har bir davri boshida bitta impuls ishlab chiqishini aytib o'tamiz. U_3 impuls, u_4 impuls harakat qilgunga qadar K kalit orqali "o'tadi". Impulslarning SCh schetchigiga u_5 impuls seriyasi uzatiladi, ularning N soni u_4 impulsning davomiyligiga (T_0) va kiruvchi kuchlanishning davriga (T_x) bog'liq:

$$N = \frac{T_0}{T_x} = T_0 f_x \quad (8.3)$$

Bu yerda $f_x = \frac{1}{T_x}$ kirish kuchlanishining chastotasi

SCh hisoblagan N impuls, ega U_5 kuchlanish DSh deshifratonga uzatiladi. Deshifrator uni, raqamli hisoblash ROHQ qurilmasiga ta'sir qiluvchi U_y boshqaruvchi kuchlanishga aylantiradi. ROHQ raqamli shaklda o'lchash natijasini inditsiirlaydi.

Agar interval uzunligi $T_0 = 1$ s bo'lsa, N son o'lchanadigan chastotaning bevosita qiymatini beradi. Chastota o'lchagichlarining amaliy rasmlarida, shuningdek, $T_0 = 10^m$ c qatordan T_0 ning boshqa qiymatlarini berish imkoniyati ham qaraladi, bu yerda m – butun musbat yoki manfiy son. Bu f_x ning karrali yoki hissali qiymatlarini o'lchash imkoniyatini beradi.

Asbob xatoligi T_0 ni berish va diskret xatoliklaridan tashkil topadi. Kvarsli stabilizatsiyadan foydalanish tufayli T_0 berish xatoligi 10⁻⁷ % dan oshmaydi (odatda bu xatolik e'tiborga olinmaydi). Vaqt intervalini kvantlash jarayonida paydo bo'ladigan diskret xatolik, qoidaga ko'ra, jiddiy va uni hisobga olish zarur.

$$\delta_g = \pm \frac{1}{T_0 \cdot f_x} \cdot 100 \% \quad (8.4)$$

bu yerda δ_g – diskretning nisbiy xatoligi;

T_0, f_x – yuqorida aniqlangan.

T_0 vaqt intervalining va o'lchanadigan f_x chastota qiymatining o'sishi bilan diskret xatolikning kamayishi ko'rinib turibdi. Masalan, $T_0 = 1$ c va $f_x = 500$ Gs da

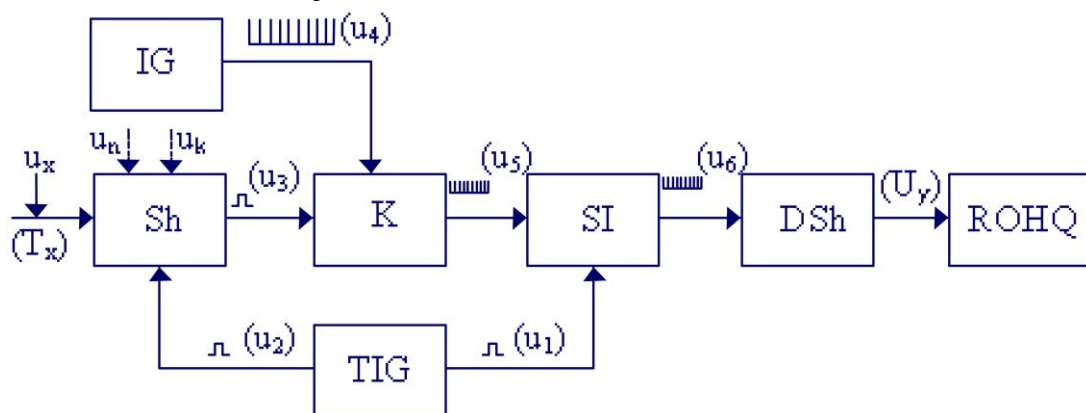
$d_g = \pm 0,2 \%$; $T_0 = 1$ c va $f_x = 5000$ Gs da $d_g = \pm 0,02 \%$; $T_0 = 10$ s va $f_x = 5000$ Gsda $d_g = \pm 0,002 \%$.

Past chastotalarni o'lchashda diskret xatolik aniqlanuvchi bo'ladi va o'lchash aniqligini cheklaydi. d_g ni kamaytirish uchun katta T_0 larni berish mumkin, ammo bu o'lchash vaqtini sezilarli oshiradi. Masalan, sanoat tarmog'i chastotasini o'lchashda ($f_x = 50$ Gs) d_g ni 0,02% gacha pasaytirish uchun $T_0 = 100$ ni berish zarur. Past chastotali signallar uchun tekshirilayotgan kuchlanish davrini o'lchash ancha samarli ekan.

8.3.4. Vaqt intervali o'lchagichlari

Vaqt intervali o'lchagichlarida (xronometrlarda) vaqt intervali (shu jumladan, o'rganilayotgan kuchlanish davri ham), o'lchanadigan T_x vaqt davrida o'tgan turg'un chastota impulsleri $f_0 \left(f_0 = \frac{1}{T_0} \right)$ sonini hisoblash yo'li bilan o'lchanishi mumkin. Misol sifatida quyida davrlar o'lchagichi ko'rib chiqilgan (8.7-rasm).

Vaqt intervalini o'lchashda u_x davriy kuchlanish o'rniga Sh shakllantirgichga u_n (startimpuls) va u_k (stopimpuls) impulsli kuchlanishlar uzatiladi. Start-impuls shakllantirgichni ishga tushiradi, stopimpuls esa uni to'xtatadi. Buning natijasida T_x impuls ishlab chiqariladi, uning davomiyligi o'lchanadigan vaqt intervalining davomiyligiga teng bo'ladi. u_n va u_k 8.7 - rasmda punktir chiziq bilan ko'rsatilganligini aytib o'tamiz, u_x kuchlanish davrini o'lchashda ular ishlatilmaydi.



8.7 - rasm. Davrlar o'lchagichining tuzilmali rasmi:

IG – yuqori chastotali impulsurning turg'un generatori; DSh – deshifrador; F – shakllantirgich; ROHQ – raqamli hisoblash qurilmasi; K – kalit; TIG – taktli impulslar generatori; SCh – impulslar schetchigi; u_x – T_x davrli kuchlanish.

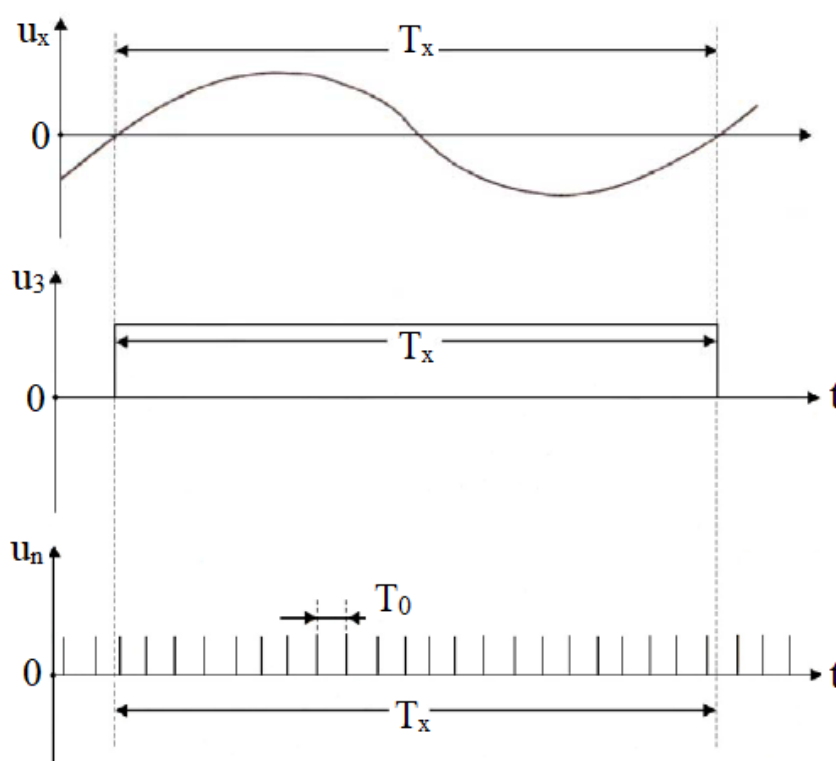
Davrlar o'lchagichi ishini batafsilroq ko'rib chiqamiz. Asbobni, u_1 va u_2 impulsli kuchlanishlarni ishlab chiquvchi TIG ishga tushiradi. u_1 impuls SCh ni nolgacha "olib tashlaydi", u_2 impuls esa, u_3 impulsni ishlab chiqaruvchi Sh shakllantirgichga ta'sir etadi. u_3 davomiyligi T_x ga teng va o'rganilayotgan kuchlanish davriga mos keladi (8.8-rasm). Impuls u_3 K kalitga uzatiladi va uni T_x vaqtga ochadi. Bir vaqtda K ga turg'un $f_0 = \frac{1}{T_0}$ chastotaga ega yuqori chastotali u_4 impulsli kuchlanish uzatiladi. Kalitning

chiqishida u_5 kuchlanish tarkibidagi N impulslar soni va hisoblangan Sch

$$T_x \text{ va } T_0 = \frac{1}{f_0} \text{ ga bog'liq}$$

$$N = \frac{T_x}{T_0} = T_x \cdot f_0 \quad (8.5)$$

Impulsar schetchigidan u_6 kuchlanish DSh ga uzatiladi va, raqamli ROHQ orqa hisob qurilmasiga ta'sir qiluvchi U_y boshqaruvchi kuchlanishga o'zgaradi. ROHQ o'lchash natijasini raqamli shaklda inditsirlaydi.



8.8 - rasm. Davrlar o'lchagichi ishining vaqt diagrammalari

f_0 chastota qiymatini $f_0 = 10^m$ Gs tenglik bilan aniqlanadigan mumkin bo'lgan qiymatlari ichidan tanlash maqsadga muvofiq, bu yerda m – musbat butun son. Bu paytda, sekundlar va sekundning hissa birliklarida ifodalangan N impuls soni T_x qiymat bilan mos tushadi.

Raqamli davr o'lchagichning xatoliklari IG generator f_0 chastotasining turg'unmasligi va T_x ning kvantlash diskretligi bilan aniqlanadi. f_0 ning turg'unmasligi hisobiga xatolik kichik bo'ladi (odatda 10^{-7} % dan katta emas), va u, odatda e'tiborga olinmaydi. d_g diskretligining xatoligi esa ko'pincha ahamiyatli va uni hisobga olish zarur.

$$\delta_g = \pm \frac{1}{T_x \cdot f_0} \cdot 100 \% = \pm \frac{T_0}{T_k} \cdot 100 \% \quad (8.6)$$

bu yerda δ_g – diskretning nisbiy xatoligi;

T_0, T_x, f_0 – yuqorida aniqlangan.

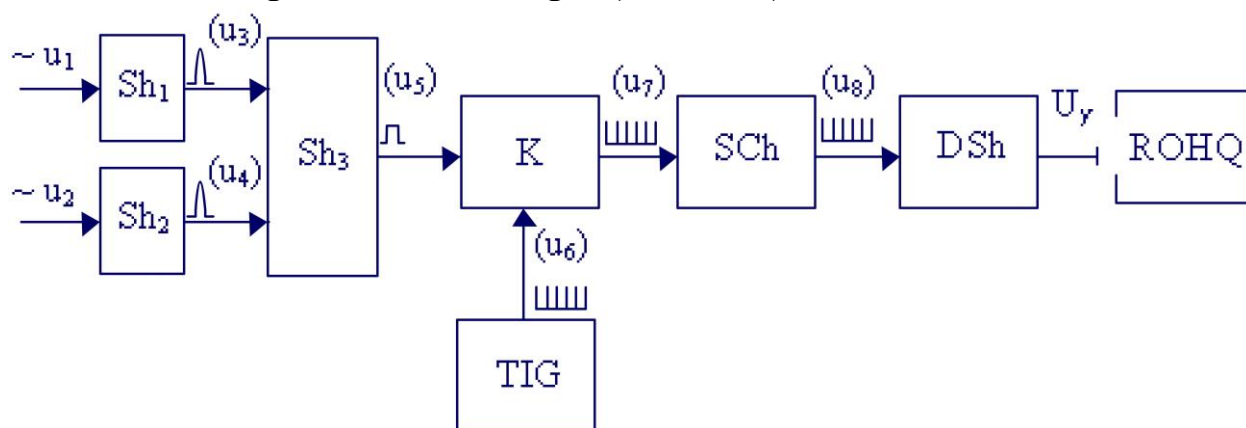
Ko‘rinib turibdiki $T_0 = \frac{1}{f_0}$ ning kamayishi va T_x ning o‘sishi bilan diskret xatolik kamayadi. Masalan, $f_0 = 10$ kGs va $T_x = 0,1$ s da $\delta_g = \pm 0,1$ %; $f_0 = 100$ kGs va $T_x = 0,1$ c da $D_g = \pm 0,01$ %; $f_0 = 100$ kGs va $T_x = 1$ c da $\delta_g = \pm 0,001$ %.

Davr o‘lchagichlari odatda past chastotalarni o‘lchash uchun ishlatiladi. Davr o‘lchagich ko‘rsatkichlarini qayta chastotaga hisoblashning zarurligi ($f_x = \frac{1}{T_x}$ formula bilan) bunday o‘lchashning kamchiligidir.

Raqamli chastota o‘lchagichlarda va davr o‘lchagichlarda bir xil funksional tugunlar ishlatiladi, bu, chastota, davr, vaqt intervali, ikkita chastota nisbati va impulsar sonini o‘lchashga mo‘ljallangan universal asboblarda ishlab chiqarishga imkon beradi.

8.3.5. Fazalar farqi o‘lchagichlari

Fazalar farqi o‘lchagichlarida (raqamli fazometrlarda) fazali siljishni vaqtning mos intervaliga o‘zgartirish, shuningdek bu intervalni raqamli metod bilan o‘lchash ishlatiladi. Raqamli fazometrlar fazalar siljishining lahzalik qiymatlarini va fazalar siljishining o‘rta qiymatini o‘lchash uchun ishlatiladi. Quyida lahzalik qiymatlarning raqamli fazometri (8.9-rasm) va bu fazometrning kuchlanishlar diagrammalari keltirilgan (8.10-rasm).



8.9 - rasm. Fazalar farqining raqamli o‘lchagichining soddalashtirilgan tuzilmali rasmi:

Sh_1 , Sh_2 , Sh_3 – shakllantirgichlar; u_1 va u_2 – u davriy kirish kuchlanishlari, ular o‘rtasida faza bo‘yicha siljish o‘lchanadi; K – kalit; ROHQ – raqamli hisoblash qurilmasi; TIG – turg‘un yuqori chastotali impulsar generatori; DSh – deshifrat; SCh – impulsar schetchigi;

u_1 va u_2 kuchlanishlar Sh_1 va Sh_2 shakllantirgichlarga kelib tushadi, ular nol orqali u_3 va u_4 , kirish signallarining mos o‘tish daqiqalariga impulsar ishlab chiqaradi (u_3 va u_4 impulsar u_1 va u_2 kuchlanish davri bo‘yicha bir marta ishlab chiqiladi, 8.9 – va 8.10 - rasm). u_3 va u_4 impulsar Sh_3 shakllantirgichga ta’sir qiladi (birinchisi start - impuls, ikkinchisi esa stop - impuls), uning chiqishida davomiyligi T_x ga teng bo‘lgan, o‘lchanayotgan α li siljishga mos keladigan u_5 impuls hosil bo‘ladi. u_5 impuls K kalitni T_x vaqt intervaliga ochadi va shu vaqt davomida K orqali SI impulsar schetchigiga TIG generatoridan impulsar kelib

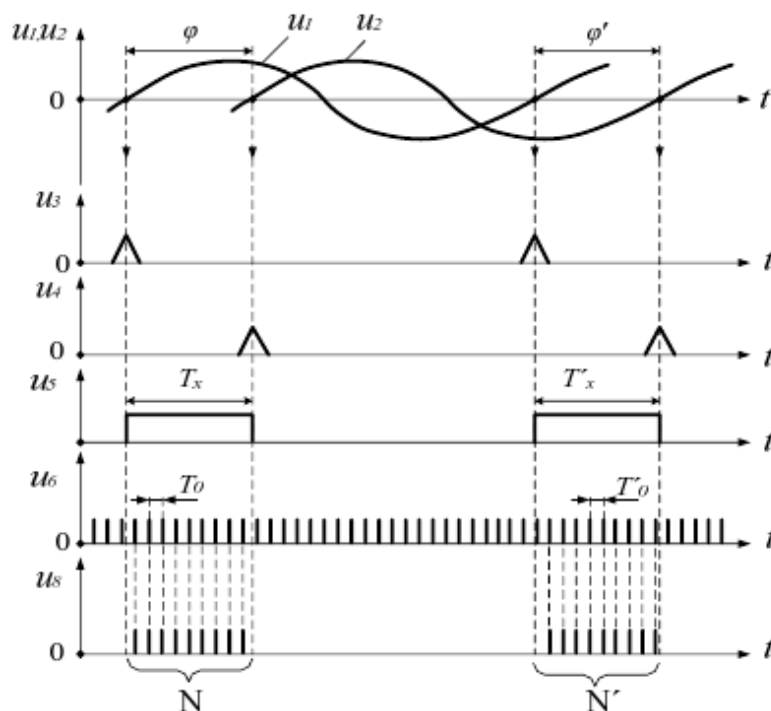
tushadi. Kelib tushayotgan impulslar chastotasi $f_0 = \frac{1}{T_0}$ SCh hisoblagan impulslarning N soni quyidagi ifoda bilan aniqlanadi (8.10 – rasm):

$$N = \frac{T_x}{T_0} \quad (8.7)$$

O'lchanadigan φ fazali siljish φ

$$\varphi = K \cdot N \quad (8.8)$$

bu yerda K – proporsionallik koeffitsiyenti.



8.10 - rasm. Fazalar farqi o'lchagichining vaqt diagrammalari

N impulslarga ega bo'lgan u_8 kuchlanish SCh hisoblagichning chiqishidan DSh deshifratorga uzatiladi, boshqaruvchi U_y kuchlanishga o'zgaradi va ROHQ da raqamli shaklda inditsirlanadi.

Asbob xatoliklarini tashkil qiluvchilar: T_x intervalni $f_0 = \frac{1}{T_0}$ chastotali impulslar bilan kvantlash xatoligi, $f_0 = \frac{1}{T_0}$ chastotani berish xatoligi, shakllantirishning noaniqligidan va u_3, u_4 kuchlanishlarni va T_x vaqt intervalini uzatishdan kelib chiqadigan xatoliklar. Raqamli fazometrlarning jami xatoligi odatda keng chastotali diapazonda $\pm 0,3^0$ dan oshmaydi.

8.4. Multimetrlar

«Multimetr» iborasi odatda universal raqamli o'lchash asboblari (RO'A) nomlash uchun ishlatiladi. Asboblari odatda o'zining tarkibida o'rnatilgan mikroprotsessorlarga ega bo'ladi. Shunga qaramay, hali RO'A sohasi bo'yicha terminologiya o'rnatilganicha yo'q va shunga o'xshash ba'zi bir mikroprotsessorli

yoki ularsiz asboblarning universal voltmetrlar deb ham ataladi (masalan, o'z tarkibida mikroprotsessorga ega bo'lgan V7-34 asbobi, rasmiy ravishda "Universal raqamli voltmetr" deyiladi). Shunga mos import asboblarning hamma vaqt multimetrlar deyiladi, bu ibora adabiyotlarda va amaliy faoliyatda asta-sekinlik bilan tan olinmoqda. U mazkur O'quv-qo'llanmada ham ishlatilmoqda.

Raqamli multimetrlar o'zgarish va o'zgaruvchan toklarni, o'zgarish va o'zgaruvchan kuchlanishlarni, rezistolarning qarshiliklarini, elektr tebranishlarining chastotalarini va h.k. larni o'lchash uchun qo'llaniladi.

RO'A da mikroprotsessorga quyidagi vazifalar yuklanadi:

1) analog-raqamli va raqamli-analog o'zgarishlarni o'zgartirish jarayonlarini boshqarish;

2) turli xil fizik miqdorlarni elektr miqdorlarga o'zgartirish ishini boshqarish (ularni keyinchalik o'lchash uchun);

3) o'lchash chegarasini avtomatik tanlash;

4) asbob interfeysini boshqarish;

5) raqamli hisoblash qurilmasini boshqarish;

6) o'lchash natijalarini statistik qayta ishlash;

7) tizimli xatoliklarni avtomatik tahrirlash va avtokalibrovka;

8) buzilishlar diagnostikasi (tashxisi).

Multimetrlar tarkibida mikroprotsessorlarning borligi RO'A ning ishonchliligini oshiradi, ularning metrologik va ekspluatatsiya qilish tavsiflarini ancha yaxshilaydi. Shu bilan birga raqamli o'lchash texnikasining rivojlanishida o'rin olayotgan an'ana raqamli o'lchash asboblarning qiymatlari keskin oshirishga olib keladi (raqamli asboblarning qiymati, odatda kompyuter qiymatidan 2-3 marta baland bo'ladi). Yuqori baho RO'A ni keng qo'llashni qiyinlashtiradi, bunga analog o'lchash asboblardan (elektromexanik va elektron) foydalanishni kengaytirish, shuningdek o'lchash-kompyuter tizimlarini qo'llash alternativa bo'lishi mumkin.

8.5. O'lchash-kompyuter tizimlari.

Hozirgi kunda o'lchash texnikasida yangi yo'nalish – o'lchash-kompyuter tizimlari (O'KT) shakllandi.

O'KT, tarkibiga maxsus o'lchov platasi kiritilgan mos dasturiy ta'minotga ega shaxsiy kompyuterni ifodalaydi. O'KT standart o'lchov asboblarni (voltmetrlar, ossilograflar, generatorlar va h.k.) o'lchashning virtual vositalari (yoki virtual asboblarning) tizimi bilan almashtiradi. Bunda bitta kompyuterda bir vaqtda yoki navbat bilan bir qator standart o'lchov asboblari ishlatilishi mumkin.

O'lchov-kompyuter tizimlarining afzalliklariga quyidagilar kiradi:

1) standart dasturlarning borligi, bu keng doiradagi amaliy masalalarni yechishga (ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlash, olingan natijalarni o'rganish, boshqaruvchi signallarni ishlab chiqish va h.k.) imkon beradi.

2) kompyuterning ichki va tashqi xotirasining borligi, bu xotira katta hajmdagi o'lchov axborotlarini yig'ishga va saqlashga imkon beradi;

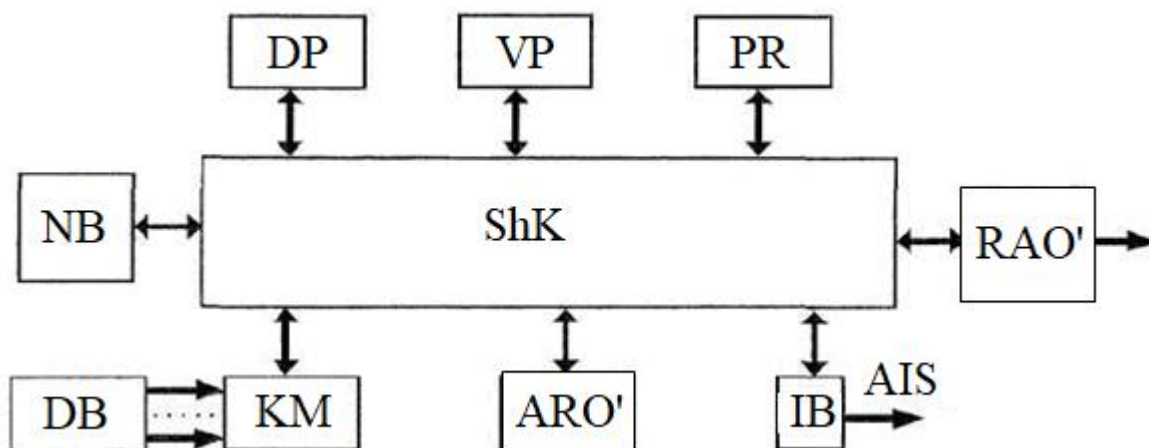
3) o'lchov va tadqiqot natijalarini tezkorlik bilan uzatishga imkon beruvchi kompyuter tarmoqlarining (lokal va global) borligi;

4) aniq o'lchov masalalarini yechish uchun kompyuter dasturlarini tuzish imkoniyatining borligi;

5) kompyuterlar tarkibida, o'lchov natijalarini tezkorlik bilan hujjatlashtirishga imkon beradigan analogli (graf quruvchilar) va raqamli (printerlar) ro'yxatdan o'tkazish qurilmalarining borligi;

6) o'lchashning kichik qiymati (alohida raqamli o'lchov asboblari yordamida o'lchash qiymati bilan taqqoslanganda).

9.1 – rasmda O'KT ning soddalashtirilgan tuzilmali rasmsi keltirilgan.



8.11-rasm O'lchov-kompyuter tizimining soddalashtirilgan tuzilmali rasmsi:

ShK – shaxsiy kompyuter; KM – kommutator; DP – displey; ARO' – analog-raqamli o'zgartirgich; IX – ichki xotira; IB – interfeys bloki; PR – printer; AIS – asboblari interfeys signali; NB – namunali o'lchamlar bloki; RAO' – raqamli-analog o'zgartirgich; DB – datchiklar bloki; BS – boshqaruvchi signal.

O'KT ning asosini shaxsiy kompyuter tashkil qiladi, u orqali bir-biri bilan tizimning hamma elementlari: displey, tashqi xotira, printer, kommutator, ARO', namunaviy dasturiy-boshqarish o'lchamlari bloki (kuchlanish, qarshilik, chastota va h.k. o'lchovlari) o'zaro ish ko'radi. RAO' analog boshqaruvchi signalni ishlab chiqishga (agar quyilgan masalani yechish uchun talab qilinsa) imkon beradi. Interfeys bloki (IB) asbob interfeysining magistralga ulanishni amalga oshiradi. Kommutator (KM) datchiklar blokidan (DB) analog signallarning ulanishini ta'minlaydi. DB yordamida o'lchanayotgan miqdorlarning o'zgarishi (agar zarur bo'lsa) va O'KT ga uzatilishi amalga oshiriladi. O'KT lar ixtisoslashtirilgan va universal bo'lishi mumkin. Ixtisoslashtirilgan O'KT lar qandaydir bir bitta fizik miqdorni (masalan, faqat doimiy kuchlanishni yoki faqat haroratni), universal O'KT lar esa – bir nechta fizik miqdorni (masalan, doimiy va o'zgaruvchan kuchlanishni, doimiy va o'zgaruvchan tokni, chastotani, haroratni, bosimni va h.k.) o'lchash uchun mo'ljallangan.

O'KT elementlaridan biri namunaviy o'lchamlar blokidir (NB). Namunaviy o'lchamlar (NO') sifatida ko'pincha kuchlanish va chastotaning namunaviy o'lchamlari ishlatiladi. Odatda termostatlilgan stabilizatorlar kuchlanishning namunaviy o'lchamlari bo'ladi, chastotaning namunaviy o'lchami sifatida esa kvartslar generatorlar qo'llaniladi. Oxirgi vaqtlarda O'KT da harorat beqarorligini

NO' dasturiy metodlari bilan uning o'rnini qoplash imkoniyati ishlatila boshlandi. Shuningdek, haroratning O'KT ning, turli elementlari parametrlariga, masalan, o'zgarish tok kuchaytirgichlariga, qayta ulash kaliti (pereklyuchatel)larga va h.k. kabilarga, ta'sirining o'rnini qoplash imkoniyati ham e'tiborga olinayabdi. Alohida elementlarni va O'KT bloklarini uzluksiz nazorat etish (maxsus harorat datchiklari va dasturiy vositalar yordamida) o'lchashning paydo bo'ladigan xatolarini avtomatik tarzda tahrirlashga imkon beradi.

O'lchash-kompyuterli tizimlar o'ziga xos virtual asboblardir. Bunday virtual asbobning dasturiy qismi kompyuter displeyi ekranida odatdagi (real) o'lchash asbobining virtual boshqarish panelini yaratadi. Virtual knopkalarga, dastgoh (ruchka)larga, qayta ulash kaliti (pereklyuchatel)larga ega bunday panel virtual asbobni boshqarish paneliga aylanadi. Klaviatura, sichqoncha yoki maxsus amaliy dastur yordamida operator, o'lchanadigon miqdorni, virtual asbobning ish rejimini tanlay turib, shuningdek o'lchash uchun boshqa zaruriy amallarni bajara turib, boshqarish paneliga ta'sir qiladi. O'lchash natijasi kompyuter displeyiga, va agar talab qilinsa, printeriga yoki grafquruvchiga chiqariladi. Foydalanilayotgan o'lchov platasi va dasturiy ta'minotga bog'liq ravishda, foydalanuvchi u yoki bu masalani yechishga mos virtual asbobni oladi. Bunda virtual ossillograf, virtual voltmetr, virtual termometr va h.k.larning ishlari amalga oshirilishi mumkin. Kompyuter displeyiga mos tarzda o'rganilayotgan signallarning ossilogrammasi (agar ossilograf ishga tushirilgan bo'lsa), kuchlanish qiymati (agar voltmetr ishga tushirilgan bo'lsa), yoki harorat qiymati (agar termometr ishga tushirilgan bo'lsa) raqamli shaklda chiqariladi.

Yana bir marta virtual asboblarning mikroprotsessorli raqamli asboblardan ustunligini ta'kidlab o'tamiz. Virtual asboblar foydalanuvchiga amaliy dasturlarning, katta sig'imdagi tashqi xotiraning va o'lchash natijalarini hujjatlashtirishning turli qurilmalarining keng ko'lamidan foydalanish imkonini beradi. Virtual asboblar yuqori iqtisodiy samaradorlikka ega: amalda har qanday o'lchash platasi va axborotni qayta ishlash bo'yicha kompyuter dasturi o'rnatilgan mikroprotsessorga ega standart raqamli o'lchash asbobidan ancha arzon. O'lchash platasining, maxsus dasturning va shaxsiy kompyuterning birgalikda kelishi foydalanuvchiga, avtonom o'lchash asboblari bera olmaydigan, yangi imkoniyatlarni beradi.

Nazorat savollari:

1. Raqamli o'lchash asboblariga qaysilar kiradi?
2. Vaqti bo'yicha kvantlanishni tushuntiring?
3. O'lchanayotgan miqdorning raqamli kodga aylantirish jarayoni.
4. Elektromexanik raqamli asboblar.
5. Diskret xatolig nima.
6. Elektromexanik rele ishlatilish.
7. Vaqt impulsli voltmetrlar.
8. Vaqt-impulsli voltmetrlarning tezligi odatda necha sekundiga o'lchamni tashkil qiladi.
9. Qiyosiy voltmetrlar.

IX - BOB. ELEKTR TOKLARINI O'LGASH

9.1. Umumiy qoidalar

Elektr tokining kuchini o'lchash elektr o'lchashlari sohasida keng tarqalgan amallardan biridir. Toklarni o'lchash turli sistemadagi analog elektromexanik asboblari, analog elektron asboblari, raqamli o'lchash asboblari (RO'A) yordamida olib borilishi mumkin. Bundan tashqari, tokni o'lchash uchun oxirgi vaqtlarda paydo bo'lgan va kompyuter yordamida amalga oshiriladigan virtual asboblari (VA) ishlatilishi.

O'lchash vositasini tanlash (tokni o'lchash uchun) o'lchanadigan miqdorning qiymati, tokning tug'ilishi, talab qilinadigan aniqlik, o'lchash sharoitlari va h.k. faktorlar to'plami bilan aniqlanadi. Tokni o'lchovchi asboblari ampermetrlar deyiladi. Agar o'lchanadigan tokning qiymatini ko'rsatish kerak bo'lsa, unda bu, asbob nomida o'z ifodasini topadi. Masalan, katta toklarni o'lchash uchun asboblari kiloampermetrlar deb, kichik toklarni o'lchaydiganlari – milliampermetrlar yoki mikroampermetrlar va h.k. deyiladi.

Tokni o'lchash to'g'ri, bilvosita yoki kompensatsiya usullari bilan amalga oshirilishi mumkin. O'lchashning sanab o'tilgan usullarning har biri ma'lum metodik xatolikka ega bo'ladi.

O'lchanadigan toklar diapazoni juda keng. Masalan, biologik tadqiqotlarda o'lchanadigan toklar nanoampurning hissalarini tashkil qilishi, metallurgik korxonalarda esa o'lchanadigan toklar bir necha ming amperlar bilan o'lchanishi mumkin. Asboblarning o'lchash chegarasini kengaytirish uchun shuntlar, o'lchov transformatorlari qo'llaniladi, ular qo'llanilgan keyingi paragraflarida ko'riladi. Shuntlar va o'lchov transformatorlaridan foydalanish ko'p chegarali asboblarni qurishga imkon beradi, bu asboblari toklarni keng diapazonda o'lchashga imkon beradi.

O'rganilayotgan zanjirda tokni o'lchash uchun foydalanilayotgan ampermetrning ko'proq yoki kamroq yaroqliligining bilvosita ko'rsatkichi, bu ampermetr iste'mol etayotgan quvvat qiymati bo'ladi:

$$P_A = I_A^2 R_A \quad (9.1)$$

bu yerda P_A – o'lchanayotgan zanjirdan ampermetr iste'mol etadigan quvvat;

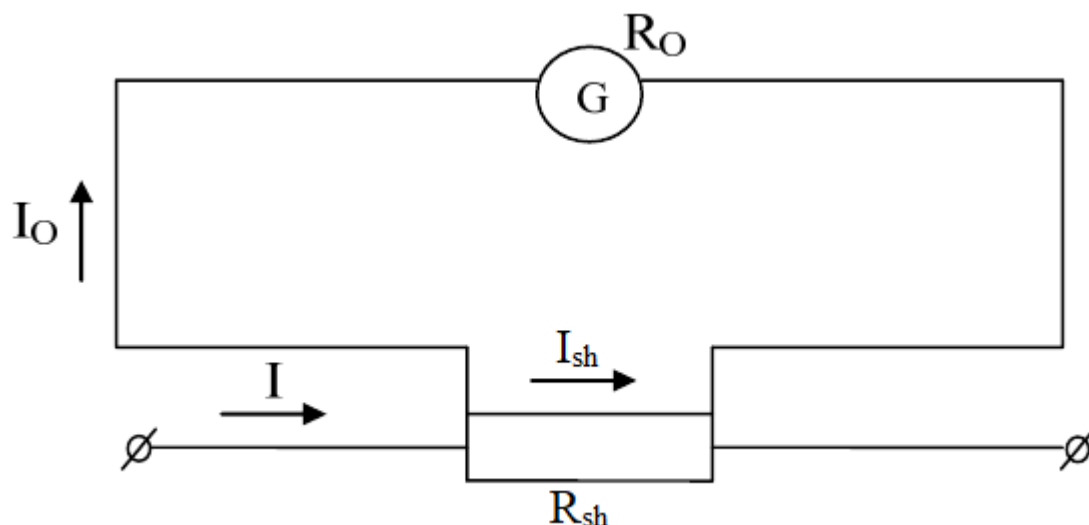
I_A – o'lchanadigan tok; R_A – ampermetr qarshiligi.

(9.1) ifoda bilan aniqlanadigan R_A quvvat qancha kichik bo'lsa, o'rganilayotgan zanjirda ish rejimining buzilishidan bo'ladigan xatolik shuncha kam bo'ladi (9.1).

9.2. O'zgarmas tokni o'lchash

O'zgarmas tokni o'lchash uchun analog elektromexanik asboblari (magnitoelektrik, elektromagnitli, elektrodinamik), analog elektron va raqamli o'lchash asboblari ishlatiladi. Elektromexanik asboblardan o'zgarmas toklarni o'lchashda magnitoelektrik sistemaning asboblari eng ko'p ishlatiladi. Bu asboblarning bevosita ulanishida, ularni 40–50 mA gacha bo'lgan toklar bilangina yuklash mumkin. Katta toklarda magnitoelektrik o'lchagich ramkasining o'ramasida tok o'tkazgichlari zararlanadi yoki ramka o'ramasining o'zi, agar o'rama, odatda, ingichka sim bilan bajarilgan bo'lsa, ishdan chiqadi.

40–50 mA dan katta bo‘lgan toklarni o‘lchash uchun, magnitoelektrik o‘lchash mexanizmlari shuntlar bilan birgalikda ishlatiladi, bu shuntlar o‘lchash mexanizmiga parallel ulanadi (9.1-rasm). Boshqa sistemalarning elektromexanik asboblari shuntlar bilan ishlatilmaydi.

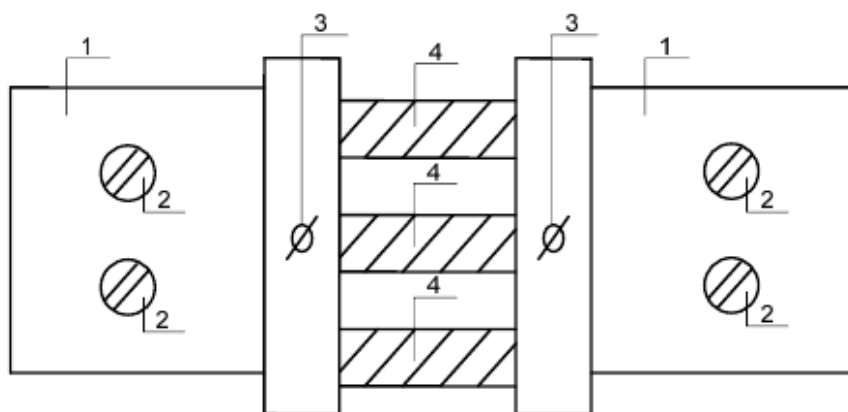


9.1 - rasm. Shuntning ulanish rasmi:

R_{sh} – shunt qarshiligi; G – magnitoelektrik o‘lchash mexanizmi; R_0 – o‘lchash mexanizmining qarshiligi G ; I – o‘lchanadigan tok; I_{sh} – shunt orqali o‘tadigan tok; I_0 – G o‘lchash mexanizmi orqali o‘tadigan tok.

Shuntning R_{sh} qarshiligi, o‘lchanadigan I tokning katta qismi shunt orqali oqib o‘tadigan qilib, tokning qolgan qismi esa o‘lchagich uchun yo‘l qo‘yiladigan qiymatdan oshmaydigan qilib tanlanadi.

I / I_0 toklarning nisbati n deb belgilanadi va shuntlash koeffitsiyenti deb aytiladi. O‘lchanadigan tok qiymati $I = n \cdot I_0$, bu yerda n – butun son ($n = 2; 5; 10$ va h.k.). Shuntlar odatda manganidan – qarshilikning kichik haroratli koeffitsiyenti eritmasidan tayyorlanadi. Shuntning tipik tuzilishi 9.2 – rasmda keltirilgan



9.2-rasm. Shuntning tipik tuzilishi:

1 – massiv mis plastinalar; 2 – tokli qisgichlar; 3 – potensial qisgichlar; 4 – manganinli plastinalar.

2 – qisgich yordamida shunt o‘rganilayotgan zanjirga ulanadi, 3 – zajimlarga esa magnitoelektrik o‘lchov mexanizmi ulanadi. Shunt qarshiligi quyidagi tengliklardan aniqlanadi (9.1-rasmga qaralsin):

$$I_{sh} R_{sh} = I_0 R_0 \quad (9.2)$$

$$I = n I_0 \quad (9.3)$$

$$I_{sh} = I - I_0 = n I_0 - I_0 \quad (9.4)$$

bu yerda n – shuntlash ko‘ffitsiyenti.

(9.2) ga (9.4) ifodadan aniqlanadigan I_{sh} tokning qiymatini qo‘yib, quyidagini xosil qilamiz:

$$I_0 (n - 1) R_{sh} = I_0 R_0 \quad (9.5)$$

Undan shunt qarshiligini topish formulasi kelib chiqadi:

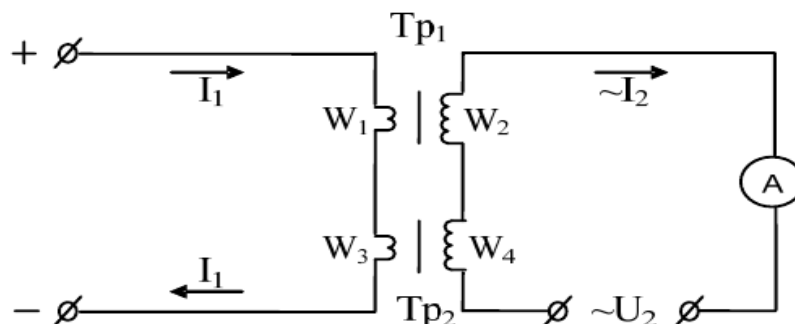
$$R_{sh} = \frac{R_0}{n - 1}, \quad (9.6)$$

bu yerda R_0 , n – yuqorida aniqlangan edi.

Nisbatan katta bo‘lmagan toklarni (30 A gacha) o‘lchash uchun shuntlar asbob korpusiga kavsharlanadi va ular ichki shuntlar deyiladi. 30 dan 7500 A gacha bo‘lgan toklar tashqi shuntlar yordamida o‘lchanadi.

Shuntlar bir chegarali va ko‘p chegarali bo‘lishi mumkin. Shuntlar shaxsiy, qo‘shib graduirlangan o‘lchov mexanizmi uchungina yaroqli bo‘lgan va kalibrli, ya‘ni ma‘lum nominal toklarga va kuchlanishning ma‘lum nominal pasayishiga mo‘ljallangan turlarga bo‘linadi. Kalibrli shuntlar odatda nominal 75 va 100 mV kuchlanishlarga mo‘ljallab tayyorlanadi, ammo ular boshqa nominal kuchlanishlarga (masalan, 30, 45, 60, 150 yoki 300 mV ga) mo‘ljallab tayyorlangan bo‘lishi ham mumkin. Shunt qarshiligini Om qonuni bo‘yicha nominal kuchlanishni nominal tokka bo‘lish bilan aniqlash mumkin. Tayyorlash aniqligiga bog‘liq ravishda shuntlar 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 sinflarga bo‘linadi. Shunt ulanganida tokni o‘lchashning harorat xatoligi o‘sadi. Uni kamaytirish uchun haroratning o‘rnini qoplashning turli xil usullari ishlatiladi. Masalan, zanjirga qarshilikning manfiy harorat ko‘ffitsiyentiga ega termorezistor o‘lchagichini kiritish usuli bilan haroratni kamaytirish mumkin.

Shuntlar 7,5 kA gacha bo‘lgan toklarni o‘lchashda ishlatiladi. 7,5 dan 150 kA gacha bo‘lgan toklarni o‘lchash uchun o‘zgarmas tok transformatorlari ishlatiladi (9.3-rasm.).



9.3-rasm. O‘zgarmas tok transformatorini qo‘shishning soddalashtirilgan rasmsi:

I_1 – o‘lchanadigan tok; T_{p1} , T_{p2} – transformatorlar; $W_1 = W_3$ – transformatorlarning birlamchi o‘ramlari; $W_2 = W_4$ – transformatorlarning ikkilamchi o‘ramlari; U_2 – yordamchi o‘zgaruvchan kuchlanish; I_2 – ikkilamchi konturdagi o‘zgaruvchan tok.

T_{p1} , T_{p2} transformatorlar magnitli yumshoq materialdan tayyorlangan katta magnitli o‘tkazuvchanlikka ega o‘xshash ferromagnitli yurakcha (serdechnik)larga ega. Transformatorlarning birlamchi o‘ramlari, ularda I_2 tokning transformatorning ikkilamchi o‘ramlari bo‘yicha oqib ketishida hosil bo‘ladigan EYuK ini qoplash uchun bir-biri bilan uchrashadigan qilib ulangan (ikkilamchi o‘ramlar o‘zaro bir-biriga kelishtirib ulangan).

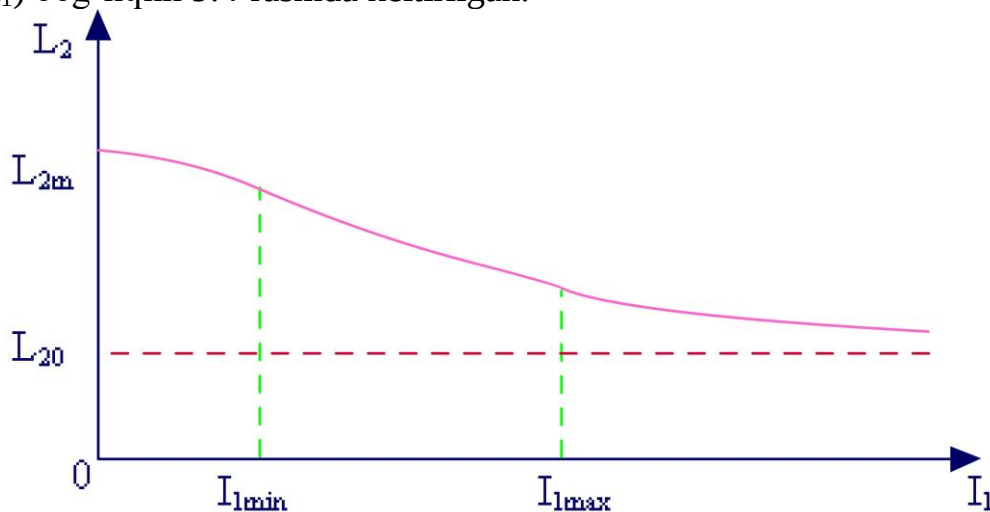
Tokning ikkinchi konturdagi qiymati:

$$I_2 = \frac{U_2}{\sqrt{R_2 + (\omega L_2)^2}} \quad (9.7)$$

bu yerda R_2 – ikkilamchi zanjirning faol tashkil etuvchisi; $\omega = 2\pi f$ – burchak chastota; f – siklik chastota; L_2 – transformatorlar o‘ramlarining jami induktivligi.

L_2 induktivlik T_{p1} va T_{p2} transformatorlar μ_a serdechniklarining magnit o‘tkazuvchanligiga bog‘liq (boshqa hamma parametrlar o‘zgarmas bo‘lganida). O‘z navbatida μ_a qiymat transformator serdechniklarining, o‘lchanadigan W_1 va W_2 transformatorlarining birlamchi o‘ramlaridan oqib o‘tadigan I_1 o‘zgarmas tok bilan yaratiladigan, magnit oqimlari bilan to‘yinish darajasiga bog‘liq.

Shunday qilib, L_2 induktivlik I_1 tokka bog‘liq degan xulosani qilish mumkin. $L_2 = f(I_1)$ bog‘liqlik 9.4-rasmda keltirilgan.



9.4-rasm. Transformatorlar o‘ramlari induktivligining o‘lchanadigan tokka bog‘liqligi

L_2 o‘zgarganda hamda U_2 , R_2 va w ((9.7) ifodalarga qaralsin) o‘zgarmas bo‘lganida ikkinchi konturda I_2 tok o‘zgaradi. Bunda I_1 ning o‘sishi L_2 ning kamayishiga, L_2 ning kamayishi esa – I_2 tokning o‘sishiga olib keladi. I_1 ning qandaydir minimal I_{1min} qiymatdan qandaydir maksimal I_{1max} qiymatgacha o‘zgarishida quyidagi tenglik o‘rinli bo‘ladi:

$$I_2 = kI_1 \quad (9.8)$$

bu yerda k – transformatsiya koeffitsiyenti ($k \gg 1$).

k transformatsiya koeffitsiyenti me'yorlanadi va u o'lchash diapazonida taxminan o'zgarmas.

k koeffitsiyentning o'zgarmasligi tufayli (me'yorlanadigan xatolik chegarasida), A ampermetr, I_2 ikkilamchi konturning o'lchash toki izlanayotgan I_1 tokning qiymatlarida bevosita graduirlangan bo'lishi mumkin, bu esa o'zgarmas tokning transformatorlariga ega standart asboblarda ishlatiladi.

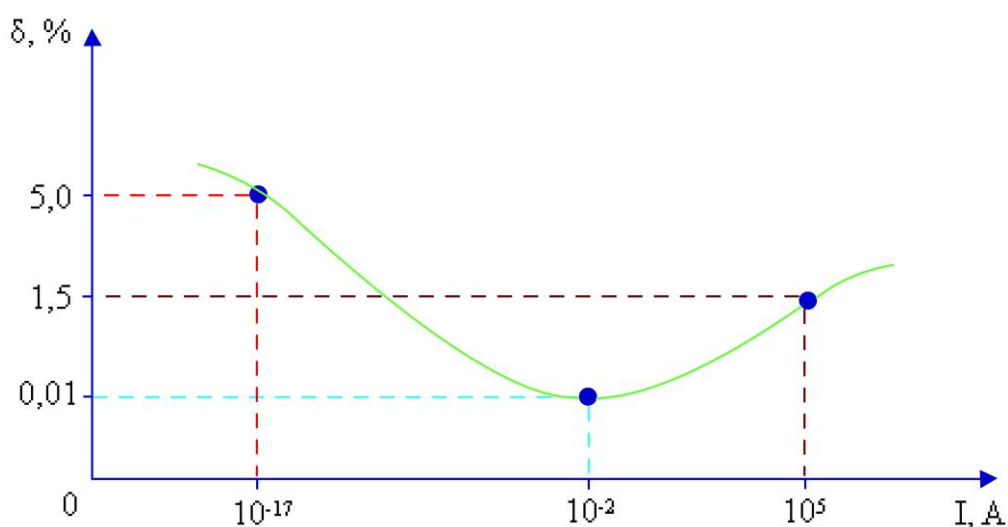
O'zgarmas toklarni har xil turdagi asboblardan bilan o'lchash chegaralari 9.1-jadvalda keltirilgan.

9.1 - jadval

O'zgarmas toklarni o'lchash chegaralari

Asboblarning turlari	O'lchash chegaralari, A				
	Eng kichik qiymat	Eng katta qiymat			
		to'g'ridan-to'g'ri ulanish	ichki shunt bilan	tashqi shunt bilan	o'zgarmas tok transformatori bilan
Raqamli	10^{-17}	-	10	$7,5 \cdot 10^3$	-
Elektron-analogli	$5 \cdot 10^{-17}$	-	1	10	-
Magnito-elektrli	$3 \cdot 10^{-17}$	00.5	30	$7,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^5$
Elektromagnitli	$5 \cdot 10^{-3}$	200	-	-	-
Elektrodinamikli	$5 \cdot 10^{-3}$	10	-	-	-

O'zgarmas tokning o'lchash xatoligi ko'proq uning qiymatiga bog'liq (9.5-rasm).



9.5-rasm. O'zgarmas tokning o'lchash xatoligining uning qiymatiga bog'liqligi:

δ – o'lchashning nisbiy xatoligi; I – o'lchanadigan tok qiymati

Ko'rgazmalilik uchun 9.5-rasmida koordinataning ikkala o'qlari bo'yicha o'zgaruvchan masshtabdan foydalanilgan. Keltirilgan rasm 1 dan 100 mA (taxminan 10 mA) gacha bo'lgan toklarni o'lchashda eng kichik xatolikka yo'l qo'yilishiga guvohlik beradi.

Xatolik tokning o'sishi bilan ($I > 100 \text{ mA}$ da) o'sadi va ayniqsa kichik toklarni ($I < 1 \text{ mA}$ da) o'lchashda sezilarli o'sadi. Ko'rilayotgan $\delta = f(I)$ bog'liqlik o'lchash asboblari uchun o'rinli.

9.3. O'zgaruvchan tokni o'lchash

O'zgaruvchan tokni o'lchash uchun analog elektromexanik asboblari (elektromagnitli, elektrodinamikli, kamdan-kam hollarda – induksion), analog elektron va raqamli o'lchash asboblari ishlatiladi. Elektromagnitli, elektrodinamikli, analog-elektron va raqamli asboblari eng ko'p tarqalgan. Shuningdek, o'lchash uchun o'zgaruvchan tok kompensatorlari, elektron ossillograflar, ro'yxatga oluvchi qurilmalar, universal, kombinir va virtual asboblari ishlatilishi mumkin.

O'zgaruvchan tokni o'lchash asboblari o'zgaruvchan tokni o'lchash asboblari o'xshash, ular (o'lchanayotgan miqdor qiymatiga bog'liq ravishda) ampermetrlar, mikroampermetrlar, milliampermetrlar yoki kiloampermetrlar deb ataladi. Sinusoidal tok uchun quyidagini yozish mumkin:

$$I(t) = I_m \sin \omega t \quad (9.9)$$

bu yerda $i(t)$ – tokning lahzalik qiymati; I_m – tokning amplitudali qiymati; $\omega = 2\pi f$ – burchak chastotasi; f – siklik chastota; t – vaqt.

(9.9) dan ko'rinib turibdiki, o'zgaruvchan tok ixtiyoriy vaqt lahzasida daqiqali qiymatlar bilan to'la ifodalanishi mumkin. Bu o'lchashni elektron ossillograf yoki registrator yordamida amalga oshirish mumkin. O'zgaruvchan toklar o'zlarining alohida parametrlari (masalan, amplitudali qiymat bilan) yoki integral parametrlar bilan tavsiflanishi mumkin, bu parametrlar sifatida tokning amaldagi qiymatlari ((9.10) ga qaral.) va o'rta qiymatlari ((9.11) qaral.) ishlatilishi mumkin.

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i(t)]^2 dt} \quad (9.10)$$

$$I_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \quad (9.11)$$

bu yerda I – o'lchanayotgan o'zgaruvchan tokning amaldagi qiymati;

I_{cp} – o'lchanayotgan o'zgaruvchan tokning o'rta qiymati;

T – o'lchanayotgan tok davri $\left(T = \frac{1}{f} \right)$

Amalda ko'pincha sinusoidal o'zgaruvchan toklarni o'lchashga to'g'ri keladi, ular odatda amaldagi qiymat va (kam hollarda) o'rta qiymat yoki amplitudali qiymat bilan tavsiflanadi. Shuning uchun asboblarning ko'pchiligi amaldagi sinusoidal o'zgaruvchan tok qiymatlari bilan graduirlanadi. Tokning o'rta yoki amplitudali qiymatlarida graduirlangan asboblari nisbatan kam ishlatiladi. Shu mulohazadan kelib chiqib, O'quv-qo'llanmada keltirilgan toklarning sonli qiymatlari odatda amaldagi qiymatlarda berilgan. O'zgaruvchan tokning amaldagi qiymatlarini o'lchash, aytib o'tilganidek, o'lchashning turli vositalari bilan amalga oshiriladi, ulardan eng keng tarqalganlari 9.2-jadvalda keltirilgan.

Tok o'zgaruvchilarini o'lchash chegaralarini kengaytirish uchun shuntlar (to'g'irlovchi asboblari tarkibida, elektron-analog asboblari tarkibida, termoelektrik

asboblarda tarkibida yoki raqamli o'lchash asboblari tarkibida) va tokli o'lchash transformatorlari ishlatilishi mumkin. 9.2-jadvalda asboblarning to'rt turi uchun o'lchash chegaralari bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

9.2-jadval.

O'zgaruvchan toklarning amaldagi qiymatlari o'lchagichlarining tavsiflari

Asbob turlari	Oʻlchashning yuqori chegarasi, A			Chastotali diapazon, Gs
	Eng kichik	Eng katta		
		shunt bilan	oʻlchash transforma-torlari bilan	
Raqamli	10 ⁻¹⁷	10	-	20–2•10 ⁴
Elektron-analogli	10 ⁻⁵	5	-	10–10 ⁷
Termoelektrik	5•10 ⁻³	50	10 ²	1–10 ⁸
Toʻgʻirlagichli	2,5•10 ⁻⁵	2•10 ²	10 ⁴	30–2•10 ⁴

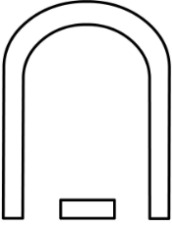
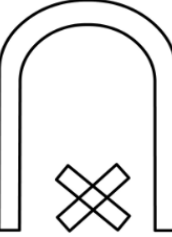
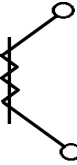
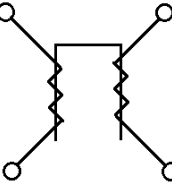
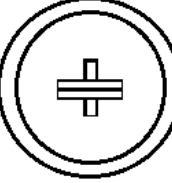
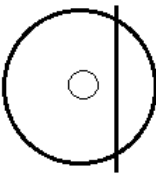
Elektr toklarini o'lchash metodlari bilan O'quv-qo'llanmaning oxirida keltirilgan bibliografik ro'yxat bo'yicha adabiyot manbalaridan foydalanib, batafsilroq tanishish mumkin.

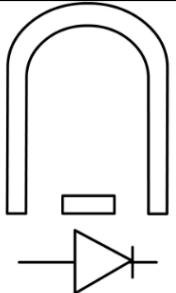
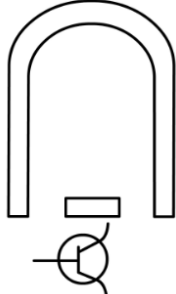
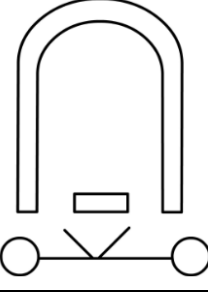
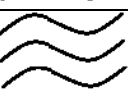
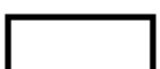
Nazorat savollari:

1. Elektr tokining kuchini qaysi asbob bilan o'lchanadi?
2. Toklarni o'lchash turli sistemalariga misollar keltiring?
3. O'lchash vositasini tanlash qanday amalga oshiriladi?
4. O'lchash uchun asboblarda kiloampermetrlar deb nimaga aytiladi?
5. Nanoamperlarni tushuntiring.
6. Asboblarning o'lchash chegarasi deganda nimani tushunasiz?
7. Shuntlar va o'lchov transformatorlarning vazifasi.
8. O'zgaruvchan tokni o'lchash asbobi.
9. Elektromagnitli va elektrodinamik asboblarning vazifasi.
10. Shunt ulanganida tokni o'lchashning harorat xatoligi qanday holatda o'sadi?
11. O'zgaruvchan tokni o'lchash asboblari.

ILOVA 1

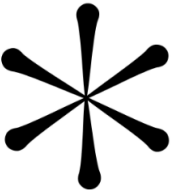
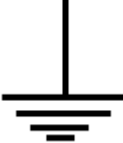
Tarozi va asbob qutilaridagi belgilar

Tizim turi	Shartli belgilash
Harakatlanuvchi ramkali magnitoelektrik qurilma	
Magnitoelektrik logometr	
Elektromagnit qurilma	
Elektromagnit logometr	
Elektrodinamik qurilma	
Ferrodinamik qurilma	
Ferrodinamik logometr	
Induksion qurilma	
Elektrostatik qurilma	

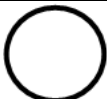
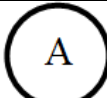
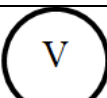
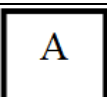
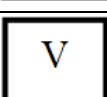
Rektifikatorli magnitoelektrik qurilma (to'g'rilash moslamasi)	
O'lchash pallasida elektron o'tkazgichli magnitoelektrik qurilma (elektron qurilma)	
Izolyatsiya qilinmagan termojuftli magnitoelektrik qurilma (termoelektrik qurilma)	
Doimiy oqim	
Ozgaruvchi tok (bir fazali)	
Doimiy va o'zgaruvchan tok	
Uch fazali o'zgaruvchan tok (umumiy belgi)	
Tarozining vertikal joylashuvi bo'lgan qurilmadan foydalaning	
Tarozining gorizontal joylashuvi bo'lgan qurilmadan foydalaning	
Asboblari aniqligi sinfi	1,5 1,5 (1,5) 
Sinov kuchlanishi, masalan, 2 kV	

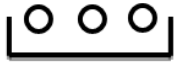
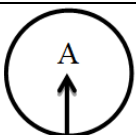
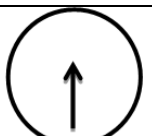
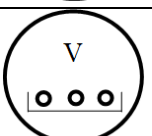
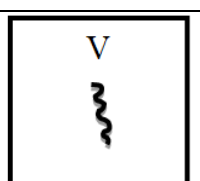
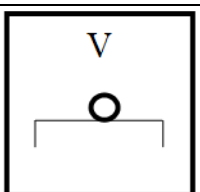
Ilova 2
Elektr o'lchash asboblari korpuslari haqidagi belgilar

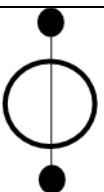
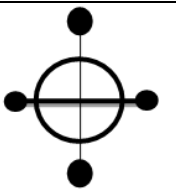
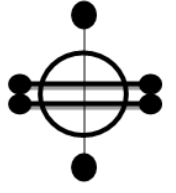
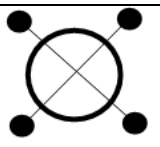
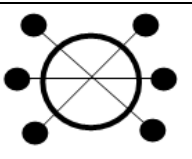
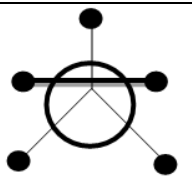
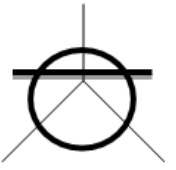
Tizim turi	Shartli belgilash

Qisqich (manfiy)	
Qisqich (musbat)	
Umumiy terminal (ko'p diapazonli qurilmalari va kombinatsiyalangan qurilmalar uchun)	
Kombinatsiyalangan qurilmalarda	
Tanaga ulangan qisqich	
Yerga ulangan qisqich (vintli)	
Tuzatuvchi	

Ilova 3
Diagrammalardagi belgilar

1. Ko'rsatuvchi qurilma	
Masalan:	
a) ampermetrni ko'rsatish	
b) voltmetrni ko'rsatish	
2. Yozib oluvchi qurilma	
Masalan:	
a) ro'yxatga olish ampermetr	
b) ro'yxatga olish voltmetrlari	
3. Agar o'qish moslamasining xususiyatlarini ko'rsatish zarur bo'lsa qurilma, keyin quyidagi shartlar malakaviy belgilar:	
3.1. Harakatlanadigan qismini burish mumkin bo'lgan qurilma nol belgisidan bitta yo'l:	
• o'ngga	

• Chapga	
3.2. Harakatlanadigan qismini burish mumkin bo'lgan qurilma nol belgisining har ikki tomonida	
3.3. Belgidan foydalanishga ruxsat beriladi	
3.4. Raqamli o'qish qurilmasi	
3.5. Uzluksiz yozish qurilmasi (yozib olish)	
3.6. Nuqtalarni ro'yxatga olish qurilmasi (yozib olish)	
3.7. Raqamli ro'yxatga olish qurilmasi	
3.8. Ampermetr, uning harakatlanuvchi qismi burilib ketadi nol belgisining har ikki tomoni	
3.9. Galvanometr	
3.10. Raqamli o'qish bilan voltmeter	
3.11. Uzluksiz yozib olinadigan voltmeter	
3.12. Raqamli ro'yxatga olish bilan voltmeter	
4. Ularni aks ettiruvchi o'lchash asboblari davralaridagi o'rashlar tasvirlaydigan o'lchash mexanizmidagi nisbiy pozitsiya, ular quyidagicha ishlatiladi:	
4.1. Hozirgi o'rash	

4.2. Voltaj o‘rash	
4.3. Qo‘shish yoki olib tashlash uchun joriy o‘rash	
4.4. Qo‘shish yoki olib tashlash uchun kuchlanish cho‘g‘ami Masalan, o‘lchash mexanizmi:	
a) bitta o‘rashli ampermetr	
b) bitta o‘rashli voltmetr	
v) bir fazali vattmetr	
g) ikki fazali uch fazali bitta elementli vattmetr	
d) magnitoelektrik nisbat o‘lchagich (masalan, ommetr)	
y) elektrodinamik nisbat o‘lchagich (masalan, faza o‘lchagich) bir fazali)	
j) to‘rt o‘rashli logometr (masalan, faza o‘lchagichi) uch fazali bitta oqimli o‘rash bilan)	
5. Cho‘lg`amlarning chiqish kontaktlarini tasvirlashga yo‘l qo‘yilmaydi, agar bu tushunmovchilikka olib kelmasa va kontaktlarning zanglashiga olib kelishini murakkablashtirmasa (masalan, bitta oqimli o‘rash bilan uch fazali hisoblagichning belgilanishi ruxsat berilgan)	

Ilova 4

O'lchov birliklari, ularning ko'paytmalari va kichik ko'paytmalarining belgilanishi

Nomlanishi	Belgilash	Nomlanishi	Belgilash
Kiloamper	kA	Kilovolt	kV
Amper	A	Volt	V
Milliamper	mA	Millivolt	mV
Mikroamper	μ A	Mikrovolt	μ V
Nanoamper	nA	Nanovolt	nV
Megavatt	MW	Megaom	M Ω
Kilovatt	kW	Kiloom	k Ω
Vatt	W	Om	Ω
Megavar	Mvar	Milliom	m Ω
Kilovar	kvar	Mikroom	$\mu\Omega$
Megagers	MHz	Milliveber	mWb
Kilogers	kHz	Mikrofarada	μ F
Gers	Hz	Pikofarada	pF
Faza burchagi darajalari	φ	Genri	H
Quvvat faktori	$\cos\varphi$	Milligenri	mH
Reaktiv quvvat omili	$\sin\varphi$	Mikrogenri	μ H
Teraom	T Ω	Nanogenri	nH
Gigaom	G Ω	Harorat darajasi shkalasi	$^{\circ}$ C

Ilova 5

Elektron elektr o'lchash asboblarning tasnifi va ularni belgilash tizimi

Kichik guruh	Ko'rinish	Nomlanishi	Belgilash namunasi

V - kuchlanishni o'lchash asboblari	V1	Kalibrlash asboblari yoki qurilmalari	V1-18
	V2	Doimiy kuchlanish voltmetrlari	V2-32A/3
	V3	o'zgaruvchan kuchlanish voltmetrlari	V3-55B
	V4	Puls voltmetrlari	V4-8A/1
	V6	Selektiv voltmetrlar	V6-9
	V7	Universal voltmetrlar	V7-34/1
	V8	Aloqa o'lchagichlari	V8-6
	V9	Voltaj konvertorlari	V9-13/2
	Ch1	Chastotani va vaqt standartlari	Ch1-1
Ch - chastota va vaqtni o'lchash asboblari	Ch3	Elektron hisoblash chastotasi o'lchagichlari	Ch3-32A
	Ch4	Chastotani o'lchagichlar geterodin, sig'imli, ko'prik	Ch4-12B
	Ch9	Chastotani o'zgartirgichlar	Ch9-5/1
F - fazalar farqini va guruhini o'lchash asboblari kechikish vaqti	F1	Faza farqi o'lchagichlarini tekshirish uchun o'rnatish va guruhning kechikish vaqti	F1-4
	F2	Faza farqi o'lchagichlari (fazali hisoblagichlar)	F2-13
	F3	Faza o'tkazgichlarini o'lchash	F3-6A
	F4	Guruh vaqtining kechikish o'lchagichlari	F4-18
S - kuzatish, o'lchash va	S1	Universal osiloskoplar	S1-144/1

tekshirish asboblari to'liqin shakli va spektr	S2	Amplitudali modulyatsiya indeksleri o'lchagichlari	S2-15
	S3	Chastotani burilish o'lchagichlari	S3-12
	S4	Spektr analizatorlari	S4-77
	S6	Chiziqli bo'lmagan buzilish o'lchagichlari	S6-11
	S7	Yuqori tezlikli osiloskoplar, stroboskopik	S7-19
	S8	Saqlash osiloskoplari	S8-20
	S9	Maxsus osiloskoplar	S9-23
G - o'lchash generatorlari	G2	Shovqin generatorlari	G2-59
	G3	Past chastotali generatorlar	G3-33
	G4	Yuqori chastotali generatorlar	G4-158
	G6	Universal generatorlar	G6-36
E-Elektro komponentlarining elektron o'lchagichlari	E3	Induktivlik o'lchagichlari	E3-7
	E6	Qarshilik o'lchagichlari	E6-18
	E7	Universal hisoblagichlar	E7-11
	E8	Sig'im o'lchagichlari	E8-4
U - o'lchash kuchaytirgichlari	U2	Selektiv kuchaytirgichlar	U2-8
	U3	Yuqori chastotali kuchaytirgichlar	U3-28
	U4	Past chastotali kuchaytirgichlar	U4-6
	U5	To'g'ridan -to'g'ri oqim kuchaytirgichlari	U5-9

	U7	Universal kuchaytirgichlar	U7-2
B - quvvat manbalari	B2	o'zgaruvchan tok manbalari	B2-3
	B4	Kalibrlangan manbalar	B4-16
	B5	To'g'ridan -to'g'ri oqim manbalari	B5-71/4
	B6	Manbalar sozlanishi	B6-24
	B7	Universal manbalar	B7-12

Suyuq termometrlarning texnik xususiyatlari

Termometr	Turi	o'lchov chegarasi, °C	Bo'linish qiymati, °C	Asosiy ruxsat etilgan xatoliklar chegarasi, °C	Termometr o'lchami, mm			Eslatma
					Umumiy uzunligi	Suyuqlikka botish uzunligi	Diametr	
Sanoatda kema dvigatellari uchun	TP 14-1	0-150	2	± 2 (0-100)	235	115	7±1	Tayoqcha (Tur A)
	TP 14-2			± 4 (101-150)	270	150		
	TP 17-1	100-650	5	±5 (100-300)	410	200	6±1	Tayoq, simob (Tur A)
	TP 17-2			±7 (301-500) ±10 (501-650)	485	275		
Sanoat tebranishiga chidamli	TP 21-1	0-100	1	±1	275; 295;	60; 80;	-	o'rnatilgan shkalasi bor simob (Tur B)
	TP 21-2	0-150	2	±2	315; 335;	120; 160;		
	TP 21-3	0-200			465; 614	400		
Kimyoviy laboratoriya	Tl 4-1	-3 dan +20 gacha	0,1	± 0,3	530 -30	-	11±1	B turi laboratoriya sharoitida haroratni o'lchash uchun (B turi)
	Tl 4-2	0-55		± 0,2				
	Tl 4-8	190-26600	0,2	±0,4(101-200)				

	Tl 4-9	2400-310		$\pm 0,8(201-300)$ $\pm 1 (301-360)$				
Kimyoviy laboratoriya	Tl 2-1	-30 dan +70 gacha	1	$\pm 1 (-30+100)$ $\pm 2 (101-200)$	250 ₋₂₀	-	8 $\pm$ 1	(B turi) Laboratoriya o'lchovlari uchun
	Tl 2-2	0-100						
	Tl 2-3	0-150			280 ₋₂₀	-		
Namunali	TO -1	Asosiy shkalasi 0-5	0,01	$\pm 0,015$	560 $\pm$ 10	-	16-1	Yuqori aniqlikdagi o'lchovlar (5 ° C dan yuqori bo'lmagan)
		-20 dan +150 gacha bo'lgan ikkinchi darajali o'lchov	5	-	-	-	-	

Turli konsentratsiyadagi kislota, ishqor va 15 ° C dagi kalsiy xloridning zichligi (g/sm³ hisobida)

1-jadval

Konsentratsiya, foiz hisobida	<i>H₂SO₄</i>	<i>HNO₃</i>	<i>HCl</i>	<i>NaOH</i>	<i>KOH</i>	<i>CaCl₂</i>
1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	-	-	-	1,007
2	1,013	1,011	1,009	1,016	1,023	1,015
4	1,027	1,022	1,019	1,033	1,046	1,032
6	1,040	1,033	1,029	1,048	1,069	1,049
8	1,055	1,044	1,039	1,065	1,092	1,066
10	1,069	1,056	1,049	1,082	1,115	1,083
12	1,083	1,068	1,059	1,100	1,137	1,101
14	1,098	1,080	1,069	1,118	1,159	1,120
16	1,112	1,093	1,079	1,137	1,181	1,139
18	1,127	1,106	1,083	1,156	1,213	1,158
20	1,143	1,119	1,100	1,176	1,225	1,177
22	1,143	1,119	1,110	1,196	1,247	

24	1,158	1,132	1,121	1,217	1,268	
26	1,174	1,145	1,132	1,240	1,289	
28	1,190	1,158	1,142	1,263	1,310	
30	1,205	1,171	1,152	1,286	1,332	
32	1,224	1,184	1,163	1,310	1,352	
34	1,238	1,198	1,173	1,324	1,374	
36	1,255	1,211	1,183	1,38	1,395	
38	1,273	1,225	1,194	1,384	1,416	
40	1,290	1,238	-	1,411	1,437	
42	1,307	1,251		1,437	1,458	
44	1,324	1,264		1,460	1,478	
46	1,342	1,277		1,485	1,499	
48	1,361	1,290		1,511	1,519	
50	1,380	1,303		1,538	1,540	
52	1,399	1,328		1,564	1,560	
54	1,419	1,340		1,590	1,580	
56	1,439	1,351		1,616	1,601	
58	1,460	1,362		-	-	
60	1,482	1,373				
62	1,503	1,384				
64	1,525	1,394				
66	1,547	1,403				
68	1,571	1,412				
70	1,594	1,421				
1	2	3	4	5	6	7
72	1,640	1,429				
74	1,664	1,437				
76	1,687	1,445				
78	1,710	1,453				
80	1,732	1,460				
84	1,776	1,474				
88	1,808	1,486				
92	1,830	1,496				
96	1,840	1,504				
100	1,838	1,552				

Turli xaroratda tuzlarning eruvchanligi (100 g suvda g hisobida)

2 - jadval

Harorat, t, °C	NaCl	NaNO ₃	Na ₂ SO ₄	KNO ₃	K ₂ Cr ₂ O ₇	(NH ₄) ₂ SO ₄	Ca(CH ₃ CO O) ₂	CuSO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄

0	35,7	73,0	4,7	13,1	4,6	70,6	-	14,8	11,5
10	35,8	80,2	8,9	21,5	8,1	73,0	36,0	16,2	15,1
20	36,0	88,0	19,2	31,8	12,5	75,4	34,7	-	19,4
30	36,0	96,1	40,4	46,0	18,2	77,9	33,8	25,0	24,4
40	36,6	104,9	48,2	64,4	25,9	81,2	33,2	29,0	30,5
50	37,0	113,1	46,8	85,9	35,0	84,5	32,8	39,1	46,3
60	37,3	124,7	-	110,0	45,3	88,0	32,7	39,1	46,3
70	37,8	135,8	44,4	138,0	56,7	91,9	33,0	45,8	56,8
80	38,4	148,1	-	168,0	69,8	93,4	33,5	53,6	69,7
90	39,0	161,1	42,9	203,6	82,5	99,2	31,1	62,6	86,0
100	39,8	181,7	42,6	246,0	102,0	103,0	29,7	73,6	107,1

Natriy xlorid eritmasining 20 ° C dagi foizlari va zichligi

3-jadval

Foiz	zichligi, ρ, g/sm³	Foiz	zichligi, ρ, g/sm³
1.	1,0053	14.	1,1008
2.	1,0125	15.	1,1065
3.	1,0196	16.	1,1162
4.	1,0268	17.	1,1241
5.	1,0340	18.	1,1319
6.	1,04113	19.	1,1398
7.	1,0486	20.	1,1478
8.	1,0559	21.	1,1558
9.	1,0633	22.	1,1639
10.	1,0707	23.	1,1722
11.	1,0782	24.	1,1809
12.	1,0857	25.	1,1888
13.	1,0933	26.	1,1972

Qiyin eriydigan moddalarning eruvchanlik ko'paytmasi

4 - jadval

Modda	EK	Modda	EK
<i>AgCl</i>	$1,8 \cdot 10^{-10}$	<i>CaCO₃</i>	$5 \cdot 10^{-9}$
<i>AgBr</i>	$4,4 \cdot 10^{-13}$	<i>CaF₂</i>	$3,4 \cdot 10^{-11}$
<i>AgI</i>	$1,5 \cdot 10^{-16}$	<i>Cd(OH)₂</i>	$6,0 \cdot 10^{-15}$
<i>Ag₂CO₃</i>	$6,15 \cdot 10^{-12}$	<i>CdS</i>	$7,9 \cdot 10^{-27}$
<i>Ag₂CrO₄</i>	$1,6 \cdot 10^{-12}$	<i>CdCO₃</i>	$5,2 \cdot 10^{-12}$
<i>Ag₃[Fe(Cr)₆]</i>	$9,8 \cdot 10^{-26}$	<i>Co(OH)₂</i>	$1,6 \cdot 10^{-18}$
<i>Ag₄[Fe(Cr)₆]</i>	$1,5 \cdot 10^{-41}$	<i>CoS</i>	$3,1 \cdot 10^{-28}$
<i>AgCN</i>	$7 \cdot 10^{-15}$	<i>CuI</i>	$5,06 \cdot 10^{-12}$
<i>AgSCN</i>	$1,16 \cdot 10^{-12}$	<i>CuCl</i>	$1,02 \cdot 10^{-6}$
<i>Ag₃AsO₃</i>	$4,5 \cdot 10^{-19}$	<i>CuC₂O₄</i>	$2,5 \cdot 10^{-22}$
<i>Ag₃AsO₄</i>	$1,1 \cdot 10^{-21}$	<i>Cu₂S</i>	$1,0 \cdot 10^{-48}$

$Ag_2Cr_2O_7$	$2 \cdot 10^{-7}$	CuS	$6,0 \cdot 10^{-36}$
$AgIO_3$	$3,49 \cdot 10^{-8}$	$Cr(OH)_3$	$6,7 \cdot 10^{-31}$
$Ag_2O (Ag^+, OH^-)$	$1,93 \cdot 10^{-8}$	$FeCO_3$	$2,5 \cdot 10^{-11}$
Ag_3PO_4	$1,46 \cdot 10^{-21}$	$Fe(OH)_2$	$1,0 \cdot 10^{-15}$
Ag_2S	$5,7 \cdot 10^{-51}$	$Fe(OH)_3$	$3,8 \cdot 10^{-38}$
Ag_2SO_4	$7,7 \cdot 10^{-5}$	FeS	$5,0 \cdot 10^{-18}$
Ag_2SeO_3	$9,8 \cdot 10^{-16}$	Hg_2Cl_2	$1,32 \cdot 10^{-18}$
$Al(OH)_3$	$1 \cdot 10^{-32}$	HgS	$1,6 \cdot 10^{-52}$
Ag_2SeO_4	$5,6 \cdot 10^{-8}$	Hg_2I_2	$1,2 \cdot 10^{-28}$
$BaCO_3$	$5,1 \cdot 10^{-9}$	$KClO_4$	$1,0 \cdot 10^{-2}$
$BaC_2O_4 \cdot 2H_2O$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$KHC_4H_4O_6$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
$Ba_3(PO_4)_2$	$6,0 \cdot 10^{-39}$	Li_2CO_3	$1,7 \cdot 10^{-3}$
$BaSO_4$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	MgS	$2,0 \cdot 10^{-15}$
$BaCrO_4$	$2,4 \cdot 10^{-10}$	MgF_2	$7,1 \cdot 10^{-9}$
BaF_2	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$MgCO_3$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
$BaSO_3$	$8 \cdot 10^{-7}$	$Mg(OH)_2$	$4,0 \cdot 10^{-14}$
$Be(OH)_2$	$2,7 \cdot 10^{-10}$	$Mn(OH)_2$	$2,0 \cdot 10^{-13}$
$BiOCl$	$7,0 \cdot 10^{-10}$	MnS	$2,5 \cdot 10^{-10}$
Bi_2S_3	$7,1 \cdot 10^{-61}$	$Ni(OH)_2$	$1,6 \cdot 10^{-14}$
$Ca_3(PO_4)_2$	$1,0 \cdot 10^{-25}$	$PbCl_2$	$2 \cdot 10^{-5}$
$CaC_2O_4 \cdot H_2O$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	$PbCrO_4$	$1,8 \cdot 10^{-14}$
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	PbI_2	$8,0 \cdot 10^{-9}$

Turli haroratlarda suv bug'ining bosimi

5 - jadval

Harorat, °C	Suv bug'i bosimi, Pa	Harorat, °C	Suv bug'i bosimi, Pa	Harorat, °C	Suv bug'i bosimi, Pa
1	656	11	1312	21	2486
2	705	12	1402	22	2643
3	757	13	1450	23	2809
4	813	14	1598	24	2983
5	872	15	1705	25	3167
6	934	16	1817	26	3360
7	1001	17	1937	27	3564
8	1073	18	2063	28	3779
9	1148	19	2197	29	4004
10	1228	20	2338	30	4241

Kam eruvchi tuzlarning eruvchanlik ko'paytmalari

6 - jadval

Birikma	t, °C	EK	Birikma	t, °C	EK
Gidroksidlar			Karbonatlar		

Al(OH) ₃	25	$1,0 \cdot 10^{-32}$	Ag ₂ CO ₃	25	$8,2 \cdot 10^{-12}$
Co(OH) ₂	18	$2,0 \cdot 10^{-15}$	VaCO ₃	25	$5,0 \cdot 10^{-9}$
Cr(OH) ₃	17	$5,4 \cdot 10^{-31}$	CaCO ₃	25	$5,0 \cdot 10^{-9}$
Fe(OH) ₃	18	$3,8 \cdot 10^{-38}$	SrCO ₃	25	$1,1 \cdot 10^{-10}$
Fe(OH) ₂	18	$1,0 \cdot 10^{-15}$	MgCO ₃	25	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Mg(OH) ₂	25	$2,0 \cdot 10^{-11}$	Sulfatlar		
Mn(OH) ₂	18	$2,0 \cdot 10^{-13}$	Ag ₂ SO ₄	25	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Ni(OH) ₂	25	$10^{-15} - 10^{-18}$	VaSO ₄	25	$1,1 \cdot 10^{-10}$
Sb(OH) ₃	-	$4,0 \cdot 10^{-42}$	SaSO ₄	25	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Zn(OH) ₂	20	$1,0 \cdot 10^{-17}$	PbSO ₄	25	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Sulfidlar			SrSO ₄	25	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Ag ₂ S	25	$6,0 \cdot 10^{-50}$	Galogenlar		
As ₂ S ₃	18	$4,0 \cdot 10^{-29}$	AgCl	25	$1,8 \cdot 10^{-10}$
CdS	18	$3,6 \cdot 10^{-29}$	AgBr	18	$6,0 \cdot 10^{-13}$
CoS(β)	18	$2,0 \cdot 10^{-27}$	AgI	18	$1,1 \cdot 10^{-16}$
CuS	25	$6,0 \cdot 10^{-36}$	PbCl ₂	25	$2,0 \cdot 10^{-5}$
FeS	25	$5,0 \cdot 10^{-18}$	PbI ₂	25	$8,0 \cdot 10^{-9}$
HgS	18	$4,0 \cdot 10^{-53}$	Fosfatlar		
MnS	19	$2,5 \cdot 10^{-10}$	Ag ₃ PO ₄	20	$1,0 \cdot 10^{-20}$
NiS(γ)	18	$1,0 \cdot 10^{-26}$	Ca ₃ (PO ₄) ₂	18	$1,0 \cdot 10^{-29}$
PbS	18	$1,0 \cdot 10^{-27}$	CaHPO ₄	25	$6,0 \cdot 10^{-6}$
SnS	-	$1,0 \cdot 10^{-26}$	Va ₃ (PO ₄) ₂	25	$6,0 \cdot 10^{-39}$
Sb ₂ S ₃	-	$4,0 \cdot 10^{-29}$	MgNH ₄ PO ₄	25	$2,5 \cdot 10^{-13}$
ZnS	25	$1,2 \cdot 10^{-23}$	Pb ₃ (PO ₄) ₂	25	$1,0 \cdot 10^{-54}$

Asosiy fizik doimiylar

7-jadval

Fizik kattaliklar	Son qiymati
Gravitatsion doimiy, γ	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
1 moldagi molekular soni, Avagadro soni, N	$6,02 \cdot 10^{22} \text{ mol}^{-1}$
Normal sharoitlarda 1 kmol ideal gazning molyar hajmi, V	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$
Universal gaz doimiysi, R	$8,31 \cdot 10 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
Bolsman doimiysi, K	$1,38 \cdot 10^{-29} \text{ J/K}$
Faradey soni, F	$9,65 \cdot 10^4 \text{ Kl/mol}$
Stefan-Bolsman doimiysi, τ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})^4$
Plank doimiysi, h	$6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J/s}$
Elektronning zaryadi, e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ kl}$
Elektronning tinch holatdagi massasi, m	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.}$

Protonning tinch holatdagi massasi, m_p	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00759 \text{ m.a.b.}$
Neytronning tinch holatdagi massasi, m_n	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00899 \text{ m.a.b.}$
Yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi, c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Moddalarning zichligi va Yung moduli

8-jadval

Modda	$\rho, \text{ kg/m}^3$	Yung moduli E, GPa	Modda	$\rho, \text{ kg/m}^3$	Yung moduli E, GPa
Alyuminiy	2600	69	Benzol	880	-
Temir	7900	200	Suv	1000	-
Jez	8400	90	Glitserin	1200	-
Muz	900	-	Kanakunjit moyi	900	-
Mis	8600	98	Kerosin	800	-
Qalay	7200	50	Simob	13600	-
Platina	21400	170	Spirt	790	-
Po'kak	200	-	Efir	720	-
Qo'rg'oshin	11300	16	Tola	400+600	-
Kumush	10500	74	Pryaja	150+200	-
Po'lat	7700	210	Ruh	7000	115

Suyuqliklarning va qattiq jismlarning xossalari

9-jadval

Moddalar	Solishtirma issiqlik sig'imi $\frac{j}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$	Erish solishtirma issiqligi j/kg	Erish harorat °C	Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti mPa/s
Suv	4190	-	-	1,000
Glitserin	3430	-	-	1480
Simob	138	-	-	1,580
Kerosin	3800	-	-	200
Alyuminiy	896	$3,22 \cdot 10^5$	659	-
Temir	500	$2,72 \cdot 10^5$	1530	-
Muz	2100	$3,35 \cdot 10^5$	0	-
Mis	305	$1,76 \cdot 10^5$	1100	-
Qo'rg'oshin	126	$2,26 \cdot 10^5$	327	-
Qalay	230	$5,86 \cdot 10^5$	232	-
Viskoza	2000	-	-	-
Lavsan	2000	-	-	-
Ipak	3000	-	-	-

Jun	6000	-	-	-
Yelim	-	$5,00 \cdot 10^5$	-	-

Normal sharoitda gazlarning doimiysi

10-jadval

Gaz	Issiqlik o'tkazuvchanlik, MVt/m·K	Qovushqoqlik koeffitsiyenti, mk·N·s	Molekulalarning diametri, nm
Geliy	141,5	18,9	0,20
Argon	16,2	22,1	0,35
Vodorod	168,4	8,4	0,27
Azot	24,3	16,7	0,37
Kislorod	24,4	19,2	0,35
Havo	24,1	17,2	0,35

Neon spektridagi chiziqlarning to'liq uzunliklari

11-jadval

Chiziqlarning rangi va vaziyati	To'liq uzunlig, Å
Ravshan qizil	6400
Qirmiziqizil, bir-biriga yaqin ikki chiziq	6140
Sariq	5250
Ravshan yashil	5760
Yashil	5400
Yashil bir xil uzoqlikdagi bitta chiziqning o'ngdagisi	5080
Ko'k yashil	4340

Fizikaviy kattaliklar va ularning o'lchov birliklari

12-jadval

Kattalik	1. o'lchov birligi		
	Nomlanishi	Qisqartirilgan belgisi	SI birliklar tizimidagi qiymati
Uzunlik	Mikron Angstrom.	mkm Å	1mm = 10^{-6} m 1Å = 10^{-10} m
Massa	Tonna Sentner Kvadrat	T st --	1t = 10^3 kg 1s = 10^2 kg 1kv = $2 \cdot 10^{-4}$ kg
Vaqt	Soat Minut	s min	1 soat = 3600 s 1min = 60 s

Yassi burchak	Gradus Minut Sekund	° ' "	$1^{\circ} = (\pi/180) \text{ rad}$ $1' = (\pi/180) \cdot 10^{-2} \text{ rad}$ $1'' = (\pi/180) \cdot 10^{-3} \text{ rad}$
Yuza	Ar Gektar	A Ga	$1 \text{ a} = 10^2 \text{ m}^2$ $1 \text{ ga} = 10^4 \text{ m}^2$
Hajm	litr	L	$1 \text{ l} = 1,000028 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Burchak tezlik	-	ayl/min ayl/s	$1 \text{ ayl/min} = (\pi/30) \text{ rad/s}$ $1 \text{ ayl/s} = 2\pi \text{ rad/s}$
Kuch	Tonna-kuch	Tk	$1 \text{ T} = 9,80665 \cdot 10^3 \text{ N}$
Ish	Vatt-soat	kVt*soat	$1 \text{ kVt*soat} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
Quvvat	Ot kuchi	o.k.	$1 \text{ o.k.} = 735,499 \text{ vt} (75 \text{ kg*m/sek})$
Bosim	Bar	Bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$
	Millimetr simob ustuni	mm.sim.ust.	$1 \text{ mm. sim. ust.} = 133,322 \text{ N/m}^2$
	Millimetr suv ustuni	mm.suv.ust.	$1 \text{ mm.suv.ust.} = 9,80665 \text{ N/m}^2$
	Texnik atmosfera	at yoki kg/sm^2	$1 \text{ at} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$
	Fizik atmosfera	atm	$1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 (760 \text{ mm.sim.ust.})$

Molekulyar fizikadagi hosilaviy o'lchov birliklar orasidagi bog'lanishlar

13-jadval

Kattalik	Tizimdagi o'lchov birlik.		Hosilaviy birliklar	Tizimlardagi birliklarni o'zaro bog'liqligi
	SI	SGS		
Diffuziya ko'effitsiyenti	m^2/sek	sm^2/sek	-	$1 \text{ sm}^2/\text{sek} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sek}$
Ichki ishqalanish ko'effitsiyenti	$\text{kg/m} \cdot \text{sek}$	$\text{g/sm} \cdot \text{sek}$ (puaz)	-	$1 \text{ pz} = 10^{-1} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$
Sirt taranglik ko'effitsiyenti	kg/sek^2 (N/m ; J/m^2)	g/sek^2 (din/sm ; erg/sm^2)	-	$1 \text{ g/sek}^2 = 10^{-3} \text{ kg/sek}^2$
Solishtirma hajm	m^3/kg	sm^3/g	-	$1 \text{ sm}^3/\text{g} = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$
Molyar massa	kg/mol	g/mol	-	$1 \text{ g/mol} = \text{kg/kmol}$
Issiqlik miqdori, ichki energiya,	J	erg	Xalqaro kaloriya	$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$ $1 \text{ kal} = 4,1868 \text{ J}$

entalpiya, izoxorik, izotermik, izobarik va kimyoviy potensial			(kal)Termoki myoviy kaloriya (kal _{TX})	J1kal _{TX} = 4,1840 J
Issiqlik sig'imi, entropiya	J/grad	E rg/grad	kal/grad	
Solishtirma issiqlik sig'imi, solishtirma entropiya	J/kg·grad	erg/g·rad	kal/g · gradkkal/ g·grad	1erg/g·grad = =10 ⁻⁴ J/kg X X grad
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti	Vt/m·grad	erg/sm· s· grad	kal/smsek gradkkal/m ² · s·grad	1erg/sm·sek ·grad=10 ⁻⁵ vt/m ·grad
Fazaviy o'tishning solishtirma issiqligi	J/kg	erg/g	kal/gkkal/kg	1 erg/g = =10 ⁻⁴ J/kg 1 kal/g = 1 kkal/kg = 4,1868· 10 ³ J/kg

**O'nga karrali va ulushli birliklarni hosil qilishning ko'paytuvchilari va old
qo'shimchalari hamda ularning nomlari**

14-jadval

Nomlanishi	Ko'paytuvchi	Old qo'shimcha belgisi	
		o'zbekcha	Xalqaro
Atto.....	10 ⁻¹⁸	a	a
Femto.....	10 ⁻¹⁵	f	f
Piko.....	10 ⁻¹²	p	p
Nano.....	10 ⁻⁹	n	n
Mikro.....	10 ⁻⁶	mk	μ
Milli.....	10 ⁻³	m	m
Santi.....	10 ⁻²	s	s
Detsi.....	10 ⁻¹	d	d
Deka.....	10	da	da
Gekto.....	10 ²	g	h
Kilo.....	10 ³	k	k
Mega.....	10 ⁶	M	M

Giga.....	10^9	G	G
Tera.....	10^{12}	T	T
Peta.....	10^{15}	P	P
Eksa.....	10^{18}	E	E

Moddalarning zichligi va yung moduli

15-jadval

Modda	ρ , kg/m ³	Yung moduli E, GPa	Modda	ρ , kg/m ³	Yung moduli E, GPa
Alyuminiy	2600	69	Benzol	880	-
Temir	7900	200	Suv	1000	-
Jez	8400	90	Glitserin	1200	-
Muz	900	-	Kanakunjit moyi	900	-
Mis	8600	98	Kerosin	800	-
Qalay	7200	50	Simob	13600	-
Platina	21400	170	Spirt	790	-
Po'kak	200	-	Efir	720	-
Qo'rg'oshin	11300	16	Tola	400+600	-
Kumush	10500	74	Pryaja	150+200	-
Po'lat	7700	210	Ruh	7000	115

Suyuqliklarning va qattiq jismlarning xossalari

16-jadval

Moddalar	Solishtirma issiqlik sig'imi $\frac{j}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$	Erish solishtirma issiqligi j/kg	Erish harorat $^{\circ}\text{C}$	Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti mPa/s
Suv	4190	-	-	1,000

Glitserin	3430	-	-	1480
Simob	138	-	-	1,580
Kerosin	3800	-	-	200
Alyuminiy	896	$3,22 \cdot 10^5$	659	-
Temir	500	$2,72 \cdot 10^5$	1530	-
Muz	2100	$3,35 \cdot 10^5$	0	-
Mis	305	$1,76 \cdot 10^5$	1100	-
Qo'rg'oshin	126	$2,26 \cdot 10^5$	327	-
Qalay	230	$5,86 \cdot 10^5$	232	-
Viskoza	2000	-	-	-
Lavsan	2000	-	-	-
Ipak	3000	-	-	-
Jun	6000	-	-	-
Yelim	-	$5,00 \cdot 10^5$	-	-

Normal sharoitda gazlarning doimiysi

17-jadval

Gaz	Issiqlik o'tkazuvchanlik, MVt/m·K	Qovushqoqlik koeffitsiyenti, mk·N·s	Molekulalarning diametri, nm
Geliy	141,5	18,9	0,20
Argon	16,2	22,1	0,35
Vodorod	168,4	8,4	0,27
Azot	24,3	16,7	0,37
Kislород	24,4	19,2	0,35
Havo	24,1	17,2	0,35

Neon spektridagi chiziqlarning to‘lqin uzunliklari

16-jadval

Chiziqlarning rangi va vaziyati	To‘lqin uzunlig, Å
Ravshan qizil	6400
Qirmiziqizil, bir-biriga yaqin ikki chiziq	6140
Sariq	5250
Ravshan yashil	5760
Yashil	5400
Yashil bir xil uzoqlikdagi bitta chiziqning o‘ngdagisi	5080
Ko‘k yashil	4340

Old qo‘shimchalar yordamida hosil qilish mumkin bo‘lgan turli tuman karrali va ulushli birliklar orasidan kattaliklarning amalda qo‘llaniladigan son qiymatlariga olib keluvchi birliklarga tanlanadi. Asosan karrali va ulushli birliklarni kattaliklarning son qiymatlari 0,1 dan 1000 gacha oraliqda bo‘ladigan qilib tanlanadi.

GLOSSARIY

O'zbek tilida	На русском языке	In the English language
Dempfirlash - ikkinchi yoki undan yuqori tartibli datchiklarda tebranishlarni sezilarli darajada pasaytirish yoki bostirishdir.	Демпфирование - это значительное уменьшение или подавление вибраций в датчиках вторичного или более высокого порядка.	Dumpfiring - is a significant reduction or suppression of vibrations in the second or higher order sensors.
Gisterezis - bitta kirish signal uchun uning ortishi va kamayishida olingan chiqish signallar farqidir. Gisterezisga "to'yinish" hodisasi xosdir, shuningdek, chekka holatlar orasidagi trayektoriyalar turliligi bilan ham tavsiflanadi.	Гистерезис - это разница между выходными сигналами, полученными при ее увеличении и уменьшении для одного входного сигнала. Гистерезис характеризуется явлением «насыщения», а также разнообразием траекторий между крайними состояниями.	Hysteresis - is the difference in the output signals received at its increase and decrease for a single input signal. To hysteresis, the phenomenon of "saturation" is characteristic, it is also characterized by the variety of trays between extreme cases.
Impedans - datchik elektron sxema bilan qanchalik oson muvofiqlasha olishini anglatadi.	Импеданс - это то, насколько легко датчик может адаптироваться к электронной схеме.	Impedance - means how easily the sensor can coordinate with the electronic scheme.
Approksimatsiy a - lotinchadan olingan bo'lib, "o'tish" yoki "yaqinlashish" ma'nosini bildiradi. Approksimatsiya - bu ilmiy usul hisoblanib, bir obyektlarni boshqasi, boshlang'ichlariga yaqin bo'lgan oddiyrog'i bilan almashtirishdir. Bu usulda obyektning xususiyatlari va tavsiflarini tatqiq qilish mumkin.	Аппроксимация - производное от латинского, означающее "переход" или "сближение". Аппроксимация-это научный метод, заключающийся в замене одних объектов другими, более простыми, близкими к исходным. Таким образом, можно проверить свойства и характеристики объекта.	Approcimation - derived from Latin, means "passing" or "approaching". Approximation is considered a scientific method and is the replacement of one object by another, a simpler one that is close to its beginnings. In this method, it is possible to determine the characteristics and descriptions of the obyekt.
Legirlash - lotinchadan olingan	Слово "леги́рование"	Legirlash - derived from Latin, meaning

bo'lib, "bog'lash" ma'nosini bildiradi. Legirlashda metallar tarkibiga boshqa metallarni, qotishmalarni qo'shish bilan metallga alohida xususiyatlar beriladi.	происходит от латинского и означает "склеивание". Легирование придает металлу особые свойства за счет добавления других металлов и сплавов.	"tie". When legalizing, the composition of metals is given special properties to metals with the addition of other metals, alloys.
Epoksid smola - sanoatda keng ishlatiladigan vosita. Epoksidlar yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan yelimli bog'lanishga ega bo'lib, namlikka chidamli va eng yaxshi fizik-mexanik parametrlarga ega vositadir.	Эпоксидная смола - широко используемый в промышленности инструмент. Эпоксидные смолы обладают высокопрочным адгезионным соединением, устойчивы к влаге и обладают наилучшими физико-механическими параметрами.	Epoxy resin - is a widely used tool in industry. Epoxy has an adhesive bond with high strength, is a tool that is resistant to moisture and has the best physico-mechanical parameters.
Fluktuatsiya - biror bir kattalikning tasodifiy og'ishini anglatadi.	Колебание - это случайное отклонение величины.	Flocculation - refers to a random deviation of one dimension from another.
Izolyatsiyalash - biror narsadan ajratish ma'nosini bildiradi.	Изоляция - означает отделение от чего-либо.	Insulation - means to separate something from something.
Generatsiyalash - lotincha "generatio" - yig'ish ma'nosini bildiradi. Masalan, antennada to'liqlanami uzatishda hosil bo'ladigan va xalaqitlar paydo qiladigan elektromagnit tebranishlar.	Генерация - от латинского "generatio" - означает сбор. Например, электромагнитные колебания, возникающие при передаче волн в антенне и порождающие галактоиды.	Generalization - Latin "generatio" - means collection. For example, electromagnetic vibrations that form and interfere with the transmission of waves in the antenna.
Interfeys sxema - asinxron uzluksiz axborotlar oqimini qabul qilish va uni parallel kanallariga o'zgartirish (yoki qayta o'zgartirish) imkoniyatini beradigan	Интерфейсная схема - позволяющая принимать асинхронный непрерывный информационный поток и преобразовывать (или преобразовывать) его в	The interface scheme - is a scheme that allows asynchronous continuous flow of information to be received and modified (or re-modified) into

schema. Odatda, uzoqlashtirilgan terminallarni ma'lumotlarni uzatish chizig'iga ulash uchun ishlatiladi.	параллельные каналы. Обычно он используется для подключения удаленных клемм к линии передачи данных.	parallel channels. Usually, remote terminals are used to connect the data to the transmission line.
Imitatsiyalash - aniq yoki tashqi o'zgarishlarni boshqasi bilan qaytarish, takrorlash, imkon qadar aniqlikdagi xususiyat yoki obyektни yaratish.	Имитация - воспроизведение, воспроизведение одного явного или внешнего изменения с другим, создание свойства или объекта с максимальной возможной точностью.	Imitation - the ability to return, repeat, as accurately as possible, or external changes with another, to create a feature or object with as much accuracy as possible.
Analiz - tadqiqot usuli hisoblanib, biror narsaning xususiyatlari, tarkibiy qismlari, alohida tomonlarini ko'rib chiqishni bildiradi.	Анализ - это метод исследования, который подразумевает рассмотрение свойств, компонентов, отдельных аспектов чего-либо.	Analysis - is a method of research, which denotes the consideration of the properties, components, individual sides of something.
Sintez - tadqiqot usuli hisoblanib, analiz yordamida olingan ma'lumotlarni qismlar orasidagi o'zaro aloqa orqali yagona butunlikda umumlashtirish va birlashtirishni anglatadi.	Синтез - рассматривается как метод исследования, подразумевающий обобщение и объединение полученных с помощью анализа данных в единое целое посредством взаимодействия между частями.	It is considered a synthesis - research method, which means summarizing and combining the data obtained with the help of analysis into a single whole through the interaction between parts.
O'lchov — ma'lum miqdorli fizikaviy kattalikni qayta tiklash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasidir. Texnikada ko'pincha o'lchovlar to'plamlari qo'llanadi, masalan, tarozi toshlar to'plami, yassi-parallel uch uzunlik o'lchovlari to'plami, kondensatorlar to'plami va hokazo.	Датчик - это измерительное устройство, предназначенное для восстановления определенного физического размера. В этом методе часто используется набор измерений, например набор шкал, набор плоскопараллельных измерений по трем длинам, набор	Sensor - this is a measurable device, prednaznachennoe for the recovery of a certain physical size. In this method chasto ispolzuetsya nabor izmereniy, naprimer nabor shkal, nabor ploskoparallelnyx izmereniy po trem dlinam, nabor kondensatorov i t. D.

	конденсаторов и т. Д.	
Namunali o'lchash vositasi — namuna sifatida tasdiqlangan va boshqa o'lchash vositalarini qiyoslash uchun mo'ljallangan o'lchov, o'lchash asbobi yoki o'zgartkichidir.	Образец измерительного прибора - это измерительный, измерительный инструмент или преобразователь, утвержденный в качестве образца и предназначенный для сравнения с другими измерительными приборами.	A sample measuring device is a measuring, measuring instrument or transducer that has been approved as a sample and is intended for comparison with other measuring devices.
Ishchi o'lchash vositasi — birlik o'lchamini uzatish bilan bog'liq bo'lmagan, o'lchash uchun qo'llaniladigan o'lchash vositasidir.	Рабочий измерительный прибор - это измерительный прибор, используемый для измерения, не связанного с передачей единичного размера.	A working gauge is a gauge used for measurement not related to the transmission of a unit size.
O'lchash vositalarining barqarorligi — metrologik xossalarning vaqtga nisbatan o'zgarmasligini ifodalovchi o'lchash vositasining sifatidir. Kontaktli asboblarning muhim tavsifi — o'lchash uchligi bilan o'ichanayotgan buyum yuzasi kontakt qilgan joyida hosil bolgan va o'lchash chizig'i bo'yicha yo'nalgan o'lchash kuchidir.	Стабильность средств измерений - это качество средства измерений, то есть его метрологические свойства не меняются со временем. Важной характеристикой контактных приборов является измерительная сила, которая формируется в точке контакта объекта с измерительным наконечником и направляется вдоль измерительной линии.	The stability of measuring instruments is the quality of the measuring instrument, that is, its metrological properties do not change over time. An important characteristic of contact devices is the measuring force, which is generated at the point of contact of the object with the measuring tip and is directed along the measuring line.
O'lchash xatoligi. O'lchash xatoligi deb o'ichanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan o'lchash natijasining farqlanishi	Погрешность измерения. Погрешность измерения - это разница между результатом измерения и фактическим значением измеряемой величины.	Measurement error. Measurement error is the difference between the measurement result and the actual value of the measured value.

tushuniladi.		
O'lchash aniqligi — olingan natijalar o'lchanayotgan kattalik chinakam qiymatiga yaqinligini ko'rsatadigan o'lchash sifatidir.	Точность измерения - это качество измерения, которое указывает на то, что полученные результаты близки к истинному значению измеряемой величины.	Measurement accuracy is the quality of a measurement that indicates that the results obtained are close to the true value of the measured quantity.
O'lchashning mutlaq xatoligi — o'lchanayotgan kattalikning birligi orqali ifodalangan o'lchash xatoligi hisoblanadi.	Абсолютная погрешность измерения - это погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.	The absolute measurement error is the measurement error expressed in the unit of the measured quantity.
O'lchashning nisbiy xatoligi — mutlaq o'lchash xatoligining o'lchanayotgan kattalikning chinakam qiymatiga bo'lgan nisbatidir.	Относительная ошибка измерения - это отношение абсолютной ошибки измерения к истинному значению измеряемой величины.	The relative measurement error is the ratio of the absolute measurement error to the true value of the measured quantity.
O'lchashning muntazam xatoligi — biror kattalikning qayta-qayta o'lchash natijasida doimiy qoladigan yoki qonuniy ravishda o'zgaradigan o'lchash xatoligining tashkil etuvchisi hisoblanadi.	Систематическая ошибка измерения - это составляющая ошибки измерения, которая остается постоянной или юридически изменяется в результате повторных измерений.	Measurement bias is the component of measurement error that remains constant or legally changes as a result of repeated measurements.
O'lchashning tasodifoy xatoligi — biror kattalikning qayta-qayta o'lchash natijasida tasodifoy ravishda o'zgaradigan o'lchash xatoligining tashkil etuvchisi.	Случайная погрешность измерения - это составляющая ошибки измерения, которая изменяется случайным образом в результате повторных измерений величины.	Random measurement error is a component of measurement error that changes randomly as a result of repeated measurements of a quantity.
O'lchashning qo'pol xatoligi — m'alum bir sharoitda ko'zda tutilgan xatolikdan sezilarli	Грубая ошибка измерения - это ошибка измерения, которая значительно превышает ожидаемую ошибку при	Measurement gross error is a measurement error that is much larger than the expected error under

darajada ortiq bo'lgan o'lchash xatoligi.	определенных условиях.	certain conditions.
O'lchashning ashobiy xatoligi — qo'lanilayotgan o'lchash vositalarining xatoliklariga oid bo'lgan o'lchash xatoligini tashkil etuvchisi (vositalarni ishlab chiqarish sifati);	Погрешность измерения - составляющая погрешности измерения, связанная с погрешностями используемых средств измерений (качество изготовления средств измерений);	Measurement error - a component of the measurement error associated with the errors of the used measuring instruments (manufacturing quality of measuring instruments);
Qiyoslash xatoligi — o'lchash vositalarini qiyoslaganda qilinadigan xatolik;	Ошибка сравнения - ошибка, допущенная при сравнении средств измерений;	Comparison error - an error made when comparing measuring instruments;
Sanash xatoligi — o'lchash vositasi ko'rsatuvining yetarli darajada aniq sanalmasligidan hosil bo'ladigan xatolik (masalan, parallaks xatoligi).	Ошибка счета - это ошибка, которая возникает из-за неточно рассчитанного показания измерительного прибора (например, ошибка параллакса).	A counting error is an error that occurs due to an inaccurately calculated reading on a meter (for example, a parallax error).

MUNDARIJA

SO‘Z BOSHI

KIRISH

I-BOB. KONSTRUKSIYALASH ASOSLARI

1.1.	“O‘lchash asboblari konstruksiyalash” faniga kirish.....	8
1.2.	O‘lchash asboblari turlari va metrologik tavsiflari.....	10
1.3.	Asboblarni konstruksiyalash tamoyillari.	20
1.4.	Konstruksiyalashning umumiy qoidalar.	25
1.5.	Konstruksiyalash jarayoni.	28
1.6.	Konstruksiyalash bosqichlari.	32
1.7.	Konstruksiyalash yechimini qidirish.....	35
1.8.	Optimallashtirish masalalari.....	40
1.9.	Patentga loyiq konstruksiyalarni aniqlash.....	46

II -BOB. ASOSIY KOMPONENTLAR FIZIKASI

2.1.	Datchiklar. Asosiy ma’lumotlar.....	56
2.2.	Datchiklarning asosiy xarakteristikalar.....	65

III -BOB. DATCHIKLARNING FIZIKAVIY TAMOIYILLARI

3.1	Datchiklarning fizikaviy tamoyillari.....	73
3.2	Datchik materiallari va tayyorlash texnologiyasi.....	108

IV -BOB. DATCHIK TURLARI VA ULARNING XUSUSIYATLARI

4.1.	Obyekt xolati, harakati va ko‘chishi detektorlari.....	127
4.2.	Temperatura va bosim datchiklari.....	146
4.3.	Namlik va kimyoviy datchiklar.....	163

V -BOB. O‘LCHASH VOSITALARINI KONSTRUKSIYALASH ASOSLARI

5.1.	Asbob konstruksiyasini dinamik mexanik ta’sirlardan himoya qilish....	184
5.2.	Ergonomika va texnik estetika talablariga asosan konstruksiyalash.....	189
5.3.	Texnik qurilmalarining ekspluatatsion tavsiflarini baholash.....	201

VI -BOB. AVTOMATLASHTIRILGAN LOYIHALASH TIZIMLARI

6.1	Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari qurish asoslari.....	209
6.2	Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari.....	212
6.3	Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarini matematik va axborot ta’minoti	214
6.4	Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarini dasturli va texnik ta’minoti.....	224

VII - BOB. ANALOG ELEKTRON ASBOBLAR

7.1	Umumiy qoidalar	242
7.2	O‘rta qiymatlar voltmetrlari	242
7.3	Amplituda qiymatli voltmetrlar	245
7.4	Kondensatorli chastota o‘lchagichlar	248
7.5	Ommetrlar	250

VIII - BOB. RAQAMLI O‘LCHASH ASBOBLARI

8.1	Umumiy qoidalar	253

8.2	Elektromexanik raqamli asboblar	254
8.3	Elektron raqamli asboblar	255
	8.3.1. Vaqt impulsli voltmترلar	
	8.3.2. Qiyosiy voltmترلar	257
	8.3.3. Elektron-hisob chastota o'lhagichlar	259
	8.3.4. Vaqt intervali o'lhagichlari	261
	8.3.5. Fazalar farqi o'lhagichlari	263
8.4	Multimetrlar.....	264
8.5	O'lchash-kompyuter tizimlari	265
	IX - BOB. ELEKTR TOKLARINI O'LChASH	
9.1	Umumiy qoidalar	268
9.2	O'zgarmas tokni o'lchash	268
9.3	O'zgaruvchan tokni o'lchash	273

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

ВВЕДЕНИЕ

I- ГЛАВА. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

1.1.	Введение в тему «Конструирование средств измерений»	8
1.2.	Типы и метрологические характеристики средств измерений	10
1.3.	Принципы конструирования инструмента.....	20
1.4.	Общие правила строительства.....	25
1.5.	Процесс строительства.	28
1.6.	Этапы строительства.	32
1.7.	Искать дизайнерское решение	35
1.8.	Проблемы с оптимизацией	40
1.9.	Идентификация патентоспособных конструкций	46

II - ГЛАВА. ФИЗИКА ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

2.1.	Датчики. Основная информация	56
2.2.	Основные характеристики датчиков	65

III - ГЛАВА. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДАТЧИКОВ

3.1	Физические принципы датчиков	73
3.2	Сенсорные материалы и технология изготовления	108

IV - ГЛАВА. ТИПЫ ДАТЧИКОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1.	Детекторы состояния, движения и смещения объекта	127
4.2.	Датчики температуры и давления	146
4.3.	Датчики влажности и химические датчики	163

V - ГЛАВА. ОСНОВЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

5.1.	Защита конструкции инструмента от динамических механических воздействий	184
5.2.	Дизайн с учетом требований эргономики и технической эстетики....	189
5.3.	Оценка эксплуатационных характеристик технического оборудования.....	201

VI - ГЛАВА. АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

6.1	Основы построения систем автоматизированного проектирования ..	209
6.2	Проблемы автоматизации проектирования	212
6.3	Математическое и информационное обеспечение систем автоматизированного проектирования.....	214
6.4	Программное и аппаратное обеспечение для систем автоматизированного проектирования	224

VII - ГЛАВА. АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

7.1	Общие положения	242
7.2	Вольтметры средних значений.....	242
7.3	Вольтметры амплитудных значений.....	245
7.4	Конденсаторные частотомеры.....	248
7.5	Омметры.....	250

VIII - ГЛАВА. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

8.1	Общие положения.....	253
8.2	Электромеханические цифровые приборы.....	254
8.3	Электронные цифровые приборы.....	255
	8.3.1. Времяимпульсные вольтметры.....	
	8.3.2. Уравновешивающие вольтметры.....	257
	8.3.3. Электронно-счетные частотомеры.....	259
	8.3.4. Измерители временных интервалов.....	261
	8.3.5. Измерители разности фаз.....	263
8.4	Мультиметры.....	264
8.5	Измерительно-компьютерные системы.....	265
	IX - ГЛАВА. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ	
9.1	Общие положения.....	268
9.2	Измерение постоянного тока.....	268
9.3	Измерение переменного тока.....	273

CONTENTS

PREFACE

INTRODUCTION

Chapter- I. FUNDAMENTALS OF CONSTRUCTION

1.1.	Introduction to the subject "Design of measuring instruments"	8
1.2.	Types and metrological characteristics of measuring instruments	10
1.3.	Principles of tool design.	20
1.4.	General rules of construction.	25
1.5.	The construction process.	28
1.6.	Stages of construction.	32
1.7.	Search for a design solution	35
1.8.	Optimization issues	40
1.9.	Identification of patentable constructions	46

Chapter- II. PHYSICS OF MAIN COMPONENTS

2.1.	Sensors. Basic information	56
2.2.	Basic characteristics of sensors	65

Chapter- III. PHYSICAL PRINCIPLES OF SENSORS

3.1	Physical principles of sensors	73
3.2	Sensor materials and manufacturing technology	108

Chapter- IV. SENSOR TYPES AND THEIR CHARACTERISTICS

4.1.	Object status, motion and displacement detectors	127
4.2.	Temperature and pressure sensors	146
4.3.	Humidity and chemical sensors	163

Chapter- V. FUNDAMENTALS OF MEASURING INSTRUMENTS

5.1.	Protect tool design from dynamic mechanical impacts	184
5.2.	Design according to the requirements of ergonomics and technical aesthetics	189
5.3.	Evaluation of operational characteristics of technical equipment	201

Chapter- VI. AUTOMATED DESIGN SYSTEMS

6.1	Fundamentals of building automated design systems	209
6.2	Issues of design automation	212
6.3	Mathematical and information support for automated design systems ..	214
6.4	Software and hardware for automated design systems	224

Chapter- VII. ANALOGICAL ELECTRONIC PRIBORY

7.1	Obshchie polozheniya	242
7.2	Voltmeters srednix znacheniy	242
7.3	Voltmeters of amplitude values	245
7.4	Condenser frequency meters	248
7.5	Ommetry	250

Chapter- VIII. TSIFROVYE IZMERITELNYYE PRIBORY

8.1	Obshchie polozheniya	253
8.2	Elektromekhanicheskie tsifrovye pribory	254
8.3	Electronic digital devices	255

8.3.1.	Vremyaimpulsnye voltmety	
8.3.2.	Uravnoveshivayushchie voltmeters	257
8.3.3.	Electron-schetnye frequency	259
8.3.4.	Measured time intervals	261
8.3.5.	Measured phase differences	263
8.4	Multimetry	264
8.5	Measuring-computer systems	265
	Chapter- IX. IZMERENIE ELEKTRICHESKIX TOKOV	
9.1	Obshchie polozheniya	268
9.2	Izmerenie postoyannogo toka	268
9.3	Measurement of peremennogo buckle	273

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mirziyoyev Sh.M. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birligida barpo etamiz. – T.: O'zbekiston, 2016.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi" to'g'risidagi Farmoni ("Xalq so'zi", gazetasi, 2017 yil, 8 fevral)
3. O'lchash asboblari konstruksiyalash [Matn]: O'quv-qo'llanma / B.A. Nazarbayeva. – Toshkent: Tashakkur nashriyoti, 2020. – 384 b.
4. G.K.Vijayaraghavan., R.Rajappan., Engineering Metrology and Measurements., For 5th Semester Mechanical and Automobile Engineering (As per the Latest Anna University Syllabus - Reg., 2008.
5. Dj. Frayden. Handbook of modern sensors. /Springer-Verlag New York, Inc., 2015.
6. Bozorov G'R., Alimov A.A., Xo'jjiyev M.Ya. Neft va gazkondensatni qayta ishlash texnologiyasidan laboratoriya praktikumi. O'quv-qo'llanma. Buxoro 2021. "Durdona" nashriyoti 142 b.
7. Ron S. Kenett, Emanuel Baker., Software Process Quality: Management and Control (Computer Aided Engineeringyu, Taylor &Frances., 2005.
8. G. M. S. de Silva., Basic Metrology for ISO 9000 Certification (1st Editio)., Ships from and sold by Amazon.com. Gift-wrap available., 2002.
9. ДЖ. Фрайдеи. Современные датчики. Справочник. /Пер. с англ. - М.: Техносфера, 2006
10. Fayziyev R.R. Metrologiya, o'zaro almashinuvchanlik, standartlashtirish: Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. — T.: «Mehnat», 2004. — 320b.
11. П.Р. Исматуллаев, П.М. Матякубова, ША Тураев Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаштириш. Дарслик. -Тошкент: Узбекистан нашриёти, 2015.
12. А.А. Абдувалиев, О.Ш. Хакимов, В.Б. Латипов. Основы обеспечения единства измерений. -Ташкент: «Узстандарт», 2005.
13. А.А.Абдувалиев, О.Ш.Хакимов, ААлимов. Основы стандартизации, метрологии и управление качеством. -Ташкент: «Узстандарт», 2005.
14. Х. Дитрих. Проектирование и конструирование. Системный подход/ Пер. с нем. - М.: Прогресс, 2006
15. Ю.А. Капралов. Сборник задач по курсу "Основы конструирования приборов, установок и САПР". М.: МИФИ., 2003.
16. Конструирование приборов. В 2-х томах /Под ред. В. Краузе. Пер. С нем. -Л.: Машиностроение, 1987.
17. Ю.В. Милосердии, Ю.А. Кречко. Основы конструирования измерительных приборов. - С. Пб.: Машиностроение, 2000.
18. А.Н. Оберган. Конструирование и технология средств измерений. Учебное пособие. -Томск: изд. ТПИ, 2007. -96с.
19. П.П. Орлов. Основы конструирования. - М.: Прогресс, 2008 Основы метрологии и электрические измерения: учебник для вузов / под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.

20. Измерения электрических и неэлектрических величин: учеб. пособие / под ред. Н.Н. Евтихаева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
21. Туричин, А.М. Электрические измерения неэлектрических величин: учеб. пособие для вузов / А.М. Туричин. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 690 с.
22. Методы электрических измерений: учеб. пособие для вузов / под ред. Э.И. Цветкова. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
23. Куликовский, К.Л. Методы и средства измерений: учеб. пособие для вузов / К.Л. Куликовский, В.Я. Купер. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
24. Метрология и радиоизмерения: учебник для вузов / под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высшая школа, 2003. – 526 с.
25. Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений: учебник для вузов / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – 5-е изд., стер. – М.: Издат. центр «Академия», 2008. – 336 с.
26. Миронов, Э.Г. Метрология и технические измерения: учеб. пособие / Э.Г. Миронов, Н.П. Бессонов. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 299 с.
27. Дворяшин, Б.В. Метрология и радиоизмерения: учеб. пособие / Б.В. Дворяшин. – М.: Издат. центр «Академия», 2005. – 304 с.
28. Кузнецов, В.А. Основы метрологии: учеб. пособие / В.А. Кузнецов, Г.А. Ялунина. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 336 с.
29. Кузнецов, В.А. Метрология / В.А. Кузнецов, Л.К. Исаев, И.А. Шайко. – М.: Стандартиформ, 2005. – 300 с.
30. Шишкин, И.Ф. Теоретическая метрология: учебник для вузов / И.Ф. Шишкин. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 492 с.
31. Маликов, М.Ф. Основы метрологии / М.Ф. Маликов. – М.: Комитет по делам мер и измерительных приборов, 1949. – 290 с.
32. Марков, Н.С. Основы теории обработки результатов измерений / Н.С. Марков. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 176 с.
33. Миронов, Э.Г. Основы метрологии: учеб. пособие для вузов / Э.Г. Миронов. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2000. – 113 с.
34. Сергеев, А.Г. Метрология: учеб. пособие для вузов / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин. – М.: Логос, 2000. – 408 с.
35. Лифиц, И.М. Основы стандартизации, метрологии и сертификации: учебник для вузов / И.М. Лифиц. – М.: Юрайт, 2001. – 286 с.
36. Тартаковский, Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: учебник для вузов / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высшая школа, 2001. – 205 с.
37. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М.: Высшая шко-ла, 2004. – 767 с.

38. Земельман, М.А. Метрологические основы технических измерений / М.А. Земельман. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 288 с.
39. Рабинович, С.Г. Погрешности измерений / С.Г. Рабинович. – Л.: Энергия, 1978. – 262 с.
40. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
41. Багаев, Е. Всякое дело мера красит / Е. Багаев // Наука и жизнь. 1998. № 2. С. 102–107.
42. Власов, А.Д. Единицы физических величин в науке и технике: справочник / А.Д. Власов, Б.П. Мурин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
43. Деньгуб, В.М. Единицы величин: словарь-справочник / В.М. Деньгуб, В.Г. Смирнов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 240 с.
44. Основные термины в области метрологии: словарь-справочник / под ред. Ю.В. Тарбеева. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 113 с.
45. Кузнецов, В.П. Сопоставительный анализ погрешности и неопределенности измерений / В.П. Кузнецов // Измерительная техника. 2003. № 8. С. 21–27.
46. Руководство по выражению неопределенности измерения: пер. с англ / под ред. В.А. Слаева. – СПб.: ВНИИМ, 1999. – 20 с.
47. РМГ 43–2001. ГСОЕИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений». Рекомендации межгосударственные. Введ. с 01.01.2003 впервые. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 38 с.
48. Тарбеев, Ю.В. Проблемы применения в России межгосударственного руководства по выражению неопределенности измерений / Ю.В. Тарбеев, А.В. Слаев, А.Г. Чуновкина // Измерительная техника. – 1997. №2. С. 69–72.
49. ГОСТ 8.009–84. ГСИ. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 34 с.
50. ГОСТ 8.401–80. ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
51. ГОСТ 8.207–76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.
52. ГОСТ 8.508–84. ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 52 с.

- 53.МИ 2083–90. ГСИ. Измерения косвенные. Определения результатов измерений и оценивание их погрешностей. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
- 54.ГОСТ 8.417–2002. ГСОЕИ. Единицы величин. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 28 с.
- 55.ГОСТ Р 8.585–2001. ГСОЕИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 36 с.

Internet saytlari

1. www.lex.uz
2. www.ziyonet.uz
3. www.ung.uz
4. www.andburservis.uz
5. www.ima.uz.
6. www.chimmash.com.ua
7. www.gubkin.ru
8. www.abb.com/oilandgas
9. www.twirpx.com
10. www.oilgas.ru.