

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

B.A. NAZARBAYEVA

O‘LCHASH ASBOBLARINI KONSTRUKSIYALASH

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan
“5310900 –Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti” ta’lim
yo‘nalishi talabalariga o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan

Toshkent - 2019

UDK 681.5

Nazarbayeva B.A. O'lchash asboblari konstruksiyalash. O'quv qo'llanma.-
-Toshkent: 2019. -417 b.

Mazkur o'quv qo'llanma 5310900-"Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti" bakalavriat ta'lim yo'nalishidagi talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, unga o'lchash asboblari konstruksiyalashga tegishli asosiy tushunchalar, asboblari va o'lchash o'zgartkichlarini konstruksiyalariga bo'lgan talablarni tuzish, texnik qurilmalarning yangi konstruksiyalarini ishlab chiqish usullari, texnik qurilmalarning ekspluatatsion xarakteristikalarini baholash, o'zgartkich va datchiklar konstruksiyalarini loyihalash, avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari va ularni ta'minotlari, shuningdek o'lchash asboblari konstruksiyalashda ergonomik talablarni va mexanik ta'sirlardan himoyalashni ishlab chiqishga oid mavzular kiritilgan.

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy
kengashi qaroriga muvofiq chop etildi*

Taqrizchilar: Gazyev G'.A. – Standartlashtirish, sertifikatlashtirish va texnik jihatdan tartibga solish ilmiy tadqiqot instituti direktori;

Azimov R.K. – ToshDTU "Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish" kafedrasini, t.f.d ., professor.

ANNOTATSIYA

Mazkur o'quv qo'llanmada o'lchash asboblari konstruksiyalash nazariyasi, loyihalash asoslari, o'lchash asboblari yaratishda modellashtirish, konstruksiyalash qoidalari va tamoyillari, axborot texnologiyalarini loyihalash jarayonida qo'llash, patentga loyiq konstruksiyalarni aniqlash, texnik yechimni qidirish usullari, o'lchash asbobi elementi bo'lgan datchik va o'zgartkichlarni konstruksiyalash, hamda mahsulot ishlab chiqarish va xizmatlar ko'rsatish sifatini va raqobatbardoshligini oshirishda o'lchash asboblarining roli yoritilgan.

АННОТАЦИЯ

В данном учебном пособии раскрыты теория конструирования измерительных приборов, основы проектирования, моделирование при создании конструкции, правила и принципы конструирования, применение информационных технологий в процессе проектирования, выявление патентоспособных конструкций, методы поиска технических решений, конструирование датчиков и преобразователей как основные элементы измерительного прибора, а также роль измерительных приборов в повышении качества и конкурентоспособности в производстве продукции и оказания услуг.

SUMMARY

In this manual the theory of designing of measuring devices, design bases, modeling during creation of a design, the rule and the principles of designing, use of information technologies in a designing process, identification of patentable designs, methods of search of technical solutions, designing of sensors and converters as basic elements of the measuring device and also a role of measuring devices in improvement of quality and competitiveness in production and rendering services are opened.

Soʻz boshi

Zamonaviy oʻlchash texnikasi xalq xoʻjaligining hamma sohasi bilan yagona bogʻlamda rivojlanib bormoqda. Ilmiy-texnik taraqqiyotni taʼminlashda uning roli juda kattadir. Shu sababdan olimlar va muxandis-asbobsozlar oldida turgan muhim vazifalardan biri ilmiy texnik taraqqiyot yoʻlida ortda qolmaslik, bu taraqqiyot yoʻlidagi toʻsiq boʻlmasdan, aksincha, uni olgʻa siljituvchi qudratli omil boʻlishdir.

Bizning oldimizda juda koʻp, oʻta murakkab, hal qilinishi lozim boʻlgan muammolar turibdi. Bulardan quyidagilarni aytib oʻtishimiz mumkin:

- yangi, progressiv yutuqlarni tez va keng koʻlamda ishlab chiqishga tadbqiq etish va xalq xoʻjaligida qoʻllash. Bu muammoni yechish uchun asbobsozlikdagi rejalash va boshqarish tamoyillarini tubdan qayta qurish kerak;

- oʻlchash asboblarining sifatini keskin oshirish. Bu masalani yechish uchun faqat asbobsozlarning harakatlarini oʻzi kamlik qiladi. Statik asbob uskunalarning aniqligi va ishonchliligini oshirish, yuqori sifatli materiallar ishlab chiqarishni kengaytirish, elektron texnikasi mahsulotlarining tavsiflarini yaxshilash va ishonchliligini oshirish lozim.

Koʻrinib turibdiki, bu masalalarni yechish uchun oʻz navbatida oʻlchash-nazorat texnikasini mukammallashtirish zarurdir. Bu jarayonning dialektik birligi ilmiy-texnik taraqqiyot muammolariga hamma talablarni chuqur tahlil qilish asosida atroflicha yondashish lozimligini taʼkidlaydi. Shubha yoʻqki, bu muammolar yechilib, ular ortidan yangilari, yanada murakkabliroqlari paydo boʻladi.

Ilmiy-texnik tafakkurning oldingi qatorlarida doimo olgʻa qarab harakat qilish - oʻlchashlar texnikasi va fanining asosiy shioridir.

Ilmiy-texnik taraqqiyotning bosh yoʻnalishlaridan biri keng koʻlamli axborot tarmoqlarni rivojlantirish boʻlib, bunda yetakchi rollardan biri oʻlchash texnikasiga tegishlidir. Bunday tarmoqlarning ilgʻor 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 mumkinligini 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 dastavval xom-ashyo, materiallar, tayyor mahsulotlar, energetik va boshqa resurslarni hisoblovchi har xil vositalarni aytib o'tish kerak. Bu obyektiv va muqobil rejalash imkonini berib, yuqoridagi mahsulotlar uchun korxonalar, tashkilotlar va alohida kishilar orasidagi hisoblash ishlarini osonlashtiradi va avtomatlash-tirish imkonini beradi. Keng ko'lamli 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 tasvirlovchi, yetarli darajada arzon va oddiy, hamda ishonchli o'lchash asboblarni ommaviy ishlab chiqarishdir. Ushbu shartni ta'minlash uchun metrolog-olimlar, muhandislar, loyihachilar, Davlat metrologiya va standartlashtirish organlari, ishlab chiqaruvchilar hali ko'p faoliyat ko'rsatishlariga to'g'ri keladi.

1-Bob. O'lchash asboblari haqida umumiy ma'lumotlar

1.1. "O'lchash asboblari konstruksiyalash" fanining maqsad va vazifalari

Zamonaviy sanoat va qishloq xo'jalik maxsulotlarini ishlab chiqishda shu vaqtgacha ishlab chiqilgan mashina, apparat, texnologik qurilma, o'lchash asboblari yuqori texnik tavsiflari va ekspluatatsiya vaqtidagi samaradorligi bilan farqlanadigan yangi konstruksiyalarni ishlab chiqishni talab qiladi. Mashina va asboblarning konstruksiyasi murakkablashgani va ularning texnik, energetik, ergonomik, ekologik va boshqa tavsiflariga talab kuchaygani uchun, ularni konstruksiyalash va loyihalashga ketadigan vaqt va moddiy xarajat oshadi. Loyihalashni yuqori sifatini va shu bilan birga uni tezlanishini faqat konstruksiyalash va loyixalashni zamonaviy usullarini tadbqiq etish yo'li bilan avtomatlashtirilgan loyixalashtirish tizimini tashkil qiladigan zamonaviy xisoblash mashinalari yordamida ta'minlash mumkin.

Zamonaviy o'lchash texnikasini rivojlanish tendensiyasi aniqlikka, sezgirlikka, o'lchash diapazoniga, narxi va tayyorlash texnologiyasiga qo'yilgan talabni oshirish bilan xarakterlanadi. Zamonaviy o'lchash texnikasi zamonaviy element bazasining asosiy tavsiflarini tahlili uchun murakkabroq matematik modellarni, struktura va parametr bo'yicha optimal konstruksiyalarni tanlashni yanada takomillashgan usullarini talab qiladi.

Xozirgi vaqtga sanoat ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish jarayonining asosini ALT (avtomatlashtirilgan loyixalashtirish tizimi) tashkil qiladi. ALT keng ko'lamda 50-60 yil oldin EHM ni seriali ishlab chiqarish yo'lga qo'yilganda taraqqiy eta boshlagan. O'lchash texnikasida ALT ni tadbqiq etish ba'zi konstruktorlik ishlaridan boshlangan: konstruksiyadagi element va o'zgargichlarni moslashtirish, bosma plata va integral mikrosxemalar qo'llash orqali o'lchash o'zgartgichlarini tayyorlash. Bunday ALT lar o'lchash o'zgartkichlari, o'lchash

qurilmalari va asboblardagi elektr, magnit, issiqlik va boshqa jarayonlarni xisobga olgan sxemalarda mashina usulini qo'llash imkon beradi.

Fanning maqsadi: qurilma va asboblarni konstruksiyalash jarayonini, qurilma va asboblarga qo'yilgan talabni tizimlashtirishni, yangi texnik echimlarni qidirish usullarini, qurilma va asboblarning tuzilishining fizik prinsiplarini qidirishni, fizik-texnik effektlar pasportini tuzishni, o'lchash qurilmalarining matematik modelini ishlab chiqishni, o'lchash qurilmasining parametri va strukturasini tanlashni: ALT ni matematik, texnik, dastur va axborot ta'minotlari xaqida tasavvurga ega bo'lishni o'rganishdir.

“O'lchash asboblarni konstruksiyalash” kursini o'rganish jarayonida talabalar ishlab chiqiladigan asbob konstruksiyasiga qo'yiladigan talablarni tuzish va tizimlashtirishni mashq qiladilar; berilgan topshiriq bilan talabalar konstruksiyalanadigan qurilma uchun fizik-texnik effektning tuzadilar; o'lchash qurilmalarining optimal strukturasini va parametrlarini tanlashni, matematik modellarni qurish usullarini, o'zgartirish, datchiklarni loyixalashni o'rganadilar.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, asboblarni muvaffaqiyatli ishlab chiqish uchun oldin o'tilgan fanlardan quyidagi savollarni bilish zarur: fizik kattaliklar birligini, birlamchi o'zgartirish va asboblarning metrologik tavsiflarini, asboblarning xatoligi va xatolik manbalari, ularni kamaytirish usullarini, elektr va noelektr vositalarini o'lchash usullarini, analog va raqamli signallarni qayta ishlash usullarini va yana boshqa savollarni.

Bundan tashqari yana boshqa bir qator fanlarni ham bilish zarur. Bular: materialshunoslik, mexanika, issiqlik texnikasi, gidravlika, muxandislik grafikasi, axborot texnologiyalari va yana boshqa soxalar. Shunday qilib, muxandis-metrolog bo'lish uchun turli bilimlarga ega bo'lish, mehnatsevar, keng dunyoqarashli, tirishqoq va qiyinchiliklarni yengib oladigan bo'lish kerak.

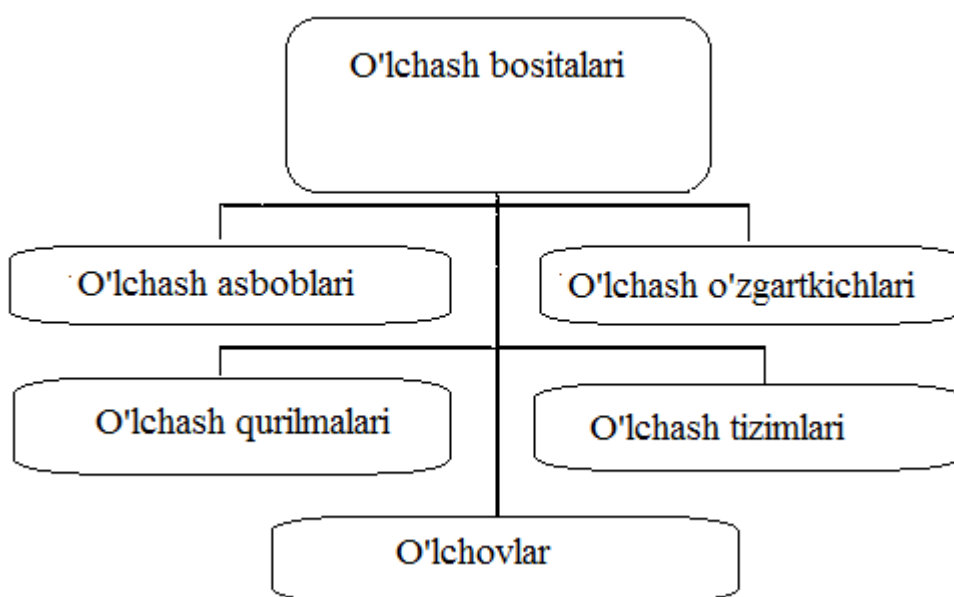
1.2. O'lchash vositalarining turlari va rivojlanish tendensiyasi

Ma'lumki, o'lchashni biror bir vositasiz bajarib bo'lmaydi.

O'lchash vositasi deb o'lchashlar uchun qo'llaniladigan va me'yorlangan metrologik tavsiflarga ega bo'lgan texnikaviy vositaga aytiladi.

O'lchash vositalarining turlari xilma-xil. Ular sodda yoki murakkab, aniqligi katta yoki kichik bo'lishi mumkin. O'lchash vositalari me'yorlangan metrologik tavsiflarga 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'lchash vositalarining namoyondalari 1.1-rasmda keltirilgan.

O'lchovlar - keng tarqalgan o'lchash vositalaridan hisoblanadi.



1.1-rasm. O'lchash vositalarining turlari

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'lchovlarning ham turlari va xillari ko'p. Standart namunalar va namunaviy moddalar ham o'lchovlar turkumiga kiritilgan.

Standart namuna - modda va materiallarning xossalarini va xususiyatlarini tavsiflovchi kattaliklarni hosil qilish uchun xizmat qiladigan o'lchov sanaladi. Masalan, g'adir-budurlikning namunalari, namlikning standart namunalari.

Namunaviy modda esa, muayyan tayyorlash sharoitida hosil bo'ladigan va aniq xossalarga ega bo'lgan modda sanaladi. Masalan, "toza suv", "toza metall" va hokazolar. "Toza rux" 420°S haroratni hosil qilishda ishlatiladi.

O'lchovlar ko'p qiymatli (o'zgaruvchan qarshiliklar, millimetrlarga bo'lingan chizg'ich) va bir qiymatli (tarozi toshi, o'lchash kolbasi, normal element) turlarga bo'linadi. Ba'zan o'lchovlar to'plamidan ham foydalaniladi.

Kattalikning o'lchamini hosil qilish va foydalanishda quyidagi qatorni yodda tutishimiz lozim bo'ladi: ishchi o'lchash vositalari, namunaviy o'lchash vositalari, ishchi etalon, solishtirish etaloni, nusxa etalon, ikkilamchi etalon, maxsus etalon, birlamchi etalon va davlat etaloni.

Fan va texnikaning eng yuqori saviyasida aniqlik bilan ishlangan namunaviy o'lchovlar **etalonlar** deb ataladi. Etalonlar ishlatiladigan va davlat etalonlariga bo'linadi. Davlat etalonlari namunaviy o'lchov va asboblarni tekshirishda qo'llaniladi va Davlat standartlashtirish idoralarida saqlanadi.

Aksariyat o'lchashlarda biror signalni boshqa turga o'zgartirish lozim bo'ladi. Ushbu vazifani odatda o'lchash o'zgartkichlari bajaradi.

O'lchash o'zgartkichi deb o'lchash ma'lumoti signalini ishlab chiqish, uzatish, keyinchalik o'zgartirish, ishlov berish va yoki saqlashga mo'ljallangan, lekin kuzatuvchining ko'rishi uchun moslanmagan o'lchash vositasiga aytiladi.

O'lchash o'zgartkichlarining turlari juda ko'p. Odatda o'lchash zanjirida birinchi bo'lgan, ya'ni o'lchanayotgan kattalik signalini qabul qiladigan o'lchash o'zgartkichiga **birlamchi o'lchash o'zgartkichi** deyiladi. Undan keyingi joylashgan o'lchash o'zgartkichlariga esa **oralik o'zgartkichlar** nomi berilgan.

O'lchash o'zgartkichlarining keng tarqalgan turlariga masshtabli va parametrik o'lchash o'zgartkichlari kiradi.

Masshtabli o'lchash o'zgartkichlari o'lchash signalini shu turdagi, faqat boshqa qiymatdagi signalga masshtabli (aniq) tarzda aylantirib beradi. Masalan, elektr tokining masshtabli o'lchash o'zgartkichlariga shuntlar, kuchlanishnikiga esa bo'luvchilar nomi berilgan.

Parametrik o'lchash o'zgartkichlarida kirishdagi signal turlicha (mexanik siljish yoki ko'chish, bosim, og'irlik kabilar) bo'lib, chiqishdagisi esa faqat elektr signali (elektr qarshiligi, elektr sig'imi kabi) bo'ladi.

O'lchash asbobi deb kuzatish (kuzatuvchi) uchun qulay ko'rinishli shaklda o'lchash ma'lumoti signalini ishlab chiqishga mo'ljallangan o'lchash vositasiga aytiladi.

Ma'lumotni tavsif etishiga qarab o'lchash vositalari quyidagilarga bo'linadi: shkalali o'lchash vositalari; raqamli o'lchash vositalari; o'ziyozar o'lchash vositalari.

Bevosita ko'rsatuvchi elektr o'lchash asboblari, (xususan elektromexanik asboblari) ikki asosiy qismdan, ya'ni o'lchash zanjiri va o'lchash mexanizmidan iborat deb qarash mumkin.

O'lchash zanjiri o'lchanadigan elektr kattalikni (kuchlanish, quvvat, chastota va xokazoni) unga proporsional bo'lgan va o'lchash mexanizmiga ta'sir qiluvchi kattalikka o'zgartirib beradi.

O'lchash mexanizmi unga beriladigan elektr energiyasini qo'zg'aluvchan qicm va u bilan bog'liq bo'lgan ko'rsatkich harakatining mexanik energiyasiga aylantirib beradi. Elektromexanik o'lchash mexanizmlari magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, induksion va elektrostatik mexanizmlardan iborat bo'ladi.

O'lchash texnikasining rivoji uchun yangi o'lchash usullari asos bo'lib xizmat qiladi. Keyingi paytlarda yangi o'lchash usullarining paydo bo'lishi nafaqat atrof muhitni tekshirish uchun foydalanish mumkin bo'lgan yangi fizikaviy hodisalarning ochilishi, balki yangi xususiyatlarga ega bo'lgan birlamchi o'lchash o'zgartkichlari ishlab chiqarish texnologiyasining tez rivojlanishiga ham bog'liqdir. Bunday yangi o'lchash usullari ichida yarim o'tkazgichli o'zgartkichlardan, yorug'lik o'zgartkichlaridan, yupka plyonkali o'zgartkichlardan, O'YuCh-o'zgartkichlardan foydalanishga mo'ljallangan usullarni aytib o'tish mumkin.

Mikroprotsessorli axborotlarni qayta ishlash vositalarining yangi, zamonaviy turlarini yaratilishi o'lchashlar nazariyasi va amaliyotining rivojiga salmoqli turtki bo'ldi.

Mikroprotsessor - sonlarning ikkili kodidan iborat muayyan arifmetik va mantiqiy amallarni bajarishga mo'ljallangan qurilmadan iborat. Mikroprotsessorlarning aniq turiga bog'liq ravishda bu operatsiya (buyruq) lar yig'indisi sifat hamda mazmun jihatdan ham keskin farq qilishligi mumkin. Lekin har qanday holda ham buyruqlar yig'indisi uchun ular kombinatsiyasi orqali har qanday talab qilingan sonlar o'zgartirishini ta'minlaydigan buyruqlar yig'indisining to'lalilik sharti bajarilishi kerak. Odatda, mikroprotsessor bir yoki bir nechta integral mikrosxemalar ko'rinishida yasaladi. Mikroprotsessorlarning kichik o'lchamlari va nisbatan arzonligi ularni o'lchash asboblari va tizimlari tarkibida muhim o'zgartkichlardan biri sifatida ishlatish imkonini beradi.

Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari (ALT) nazariyasining muvaffaqiyati o'lchash vositalarini ishlab chiqarish amaliyotining ehtiyoji tufayli yuzaga keldi. ALT loyihalash muddatlarini bir necha marta qisqartirish bilan birgalikda loyihalash sifatining oshirishini ta'minlaydi. ALT ning maqsadi loyihalashdagi o'ta qiyin va mayda ishlarni EHM yordamida bajarishdan iboratdir. Bunday operatsiyalarga quyidagilar mansubdir:

- mavjud texnikaviy echimlar haqidagi axborotlarni qidirish;
- mumkin bo'lgan echim variantlarini ajratib olish;
- tavsiflarni hisoblash va parametrlarni maqbullashtirish (optimallashtirish);
- loyiha hujjatlarini tayyorlash.

O'lchash vositalarini ishlab chiqishni tezlashtirish va sifatini sezilarli darajada oshirish bir xil metrologik asosdagi kompleks loyihalash tizimlarini yaratish va keng ko'lamda tadbiq etish evaziga erishilishi mumkin. Bunday usul elementlari o'lchash tizimlarining keng avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarida (O'TKALT) ishlatilgan.

O'TKALT tizimlarini uslubiy ta'minlash asosida quyidagilar yotadi:

- o'lchash vositalarining axborot tavsiflarini baholash;

- axborot operatorlari yordamida axborot jarayonlarni modellash;
- axborotli signallarni o'zgartirishning operatorli tenglamalaridan foydalanib strukturali sxemalarni sintez qilish;
- alohida loyihali yechimlarining dastlabki ko'rsatkichlar majmui asosida muqobillashtirish usullaridan foydalanish.

Sun'iy yaratish yo'lida to'rtta asosiy masalani echish lozim bo'ladi:

1. Fikrlash qonunlarini tekshirish va ularga mos keladigan algoritmlarni yaratish;

2. EHM ga kelib tushayotgan axborotlarni, hamda fikrlashning "sotsial" aspektlarini to'g'ri tushunishni ta'minlovchi juda ko'p miqdordagi boshlang'ich bilimlar bazasini EHM da yig'ish;

3. Bilim va rivojlanish jarayonining asosi sifatida sun'iy ong tizimlarning amaliy faoliyatini ta'minlovchi vositalar yaratish, ya'ni birinchi navbatda inson qo'lini modellashtirish;

4. Sun'iy sezgi organlari va obrazlarni aniqlash (tanish, ilg'ash) tizimlarini yaratish.

Yuqoridagi sanab o'tilgan masalalardan oxirgisi o'lchash texnikasining yutuqlariga tayanadi. Uni yechishda olimlar o'z oldilariga inson sezgi organlariga yaqin tavsiflarga erishish masalasini qo'yishmaydi. Buning uchun tabiat tomonidan yaratilgan narsalarni ko'r-ko'rona takrorlash shart ekanmi? Ko'rinishidan sun'iy ong tizimlari ixtisoslashtirilib, har bir ixtisoslashtirish doirasida ularning sezgi organlari xilma-xil va insonnikidan mukammalroq bo'ladi. Masalan, yaqin kelajakda tibbiyot bo'yicha ixtisoslashgan sun'iy ong yaratilishini juda katta ehtimollik bilan aytish mumkin.

Bunday tizim ko'rinishidan, nafaqat ko'rish va eshitish qobiliyatiga, balki harorat va elektr potenciallari aniq o'lchash vositalariga, tashhisning ultratovush vositalariga va boshqa o'lchash qurilmalariga ega bo'ladi. Albatta, mukammal o'lchash vositalari bilan ta'minlangan boshqa ixtisoslashgan ongli tizimlar ham yaratiladi.

Mikrokontrollerlar va mikroprotsessorlar asosida ishlaydigan o'lchash asboblari yana ham ko'paymoqda. Bu esa, turli ishlab chiqarish va texnologik jarayonlarning samaradorligini yanada oshirishda qo'shimcha imkoniyatlar yaratadi. Darhaqiqat, mikrokontrollerlar va mikroprotsessorlarning o'lchash asboblari va qurilmalarida keng qo'llanilishi o'lchash amalini birmuncha soddalashtiradi, sarf-harajatlarni kamaytiradi, o'lchash aniqligini esa oshiradi. Bu esa ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning sifatlari jahon andozalariga mos bo'lishini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etuvchi omillardan biri bo'lib hisoblanadi.

O'lchash texnikasi fundamental ilmiy izlanishlarga bevosita bog'langan bo'lib, tabiiy fanlarning eng yaxshi yutuqlarini o'zida mujassamlashtirgan. Bu esa unga ulkan imkoniyatlar va rivojlanish istiqbollari yaratish bilan bir qator muammolarni keltirib chiqardi. Birinchi navbatda quyidagilarni aytib o'tish lozim:

- o'lchashlar birliligini ta'minlash muammosi;
- umumiy o'lchashlar nazariyasining rivojlanishi;
- yangi fizikaviy usullar va har xil hisoblash qurilmalariga asoslangan o'lchash amallarini soddalashtirib, bir vaqtning o'zida ularning samaradorligini oshirish;
- yangi analiz va sintez usullariga asoslangan, tavsiflari oldindan aytiladigan o'lchash vositalarini ishlab chiqarishni tezlashtirish;
- loyihalashni avtomatlashtirish;
- ishlab chiqarishni texnologik tayyorlashga asoslangan yangi o'lchash vositalarini yaratish va tadbiq qilish.

Yuqorida qayd etilgan jarayonlar garchand muhim va keng bo'lsa ham, alohida olingan aspektlarini, shu bilan birga behisob izlanishlar, tekshirishlarni, xususiyl usullarni hamda o'lchash tartiblarini ko'rib chiquvchi bir qator o'lchash nazariyalari mavjud. Ular bu jarayonning alohida bo'lsa ham, etarli darajada farqli va har xil aspektlarini qaraydi. Xususiyl usul va o'lchash prinsiplarini ichida quyidagilarni eslatamiz:

- o'lchash qurilmalarining aniqlilik nazariyasi;
- statistik o'lchashlar nazariyasi;
- o'lchash o'zgartkichlarining umumiy energetik nazariyasi;
- o'lchashning 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 avvalo uning metrologik tavsiflariga e'tibor berishimiz lozim bo'ladi.

O'zgartirish funksiyasi - buni analogli o'lchash asboblarida shkala tenglamasidan ham bilishimiz mumkin. Tanlanayotgan asbobda o'zgartirish funksiyasi chiziqli bo'lishi qaydnomalarni olishni osonlashtiradi, sub'ektiv 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:

$$S = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \Delta Y / \Delta X \approx \Delta Y / \Delta X ;$$

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

$$S = d\alpha/dx,$$

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.

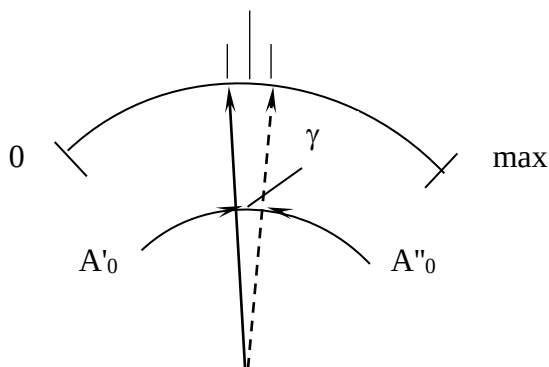
$$S = X_{min}/X_{nom} * 100 \%,$$

bu erda X_{min} - o'lchanadigan kagallikning 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:

$$\gamma = (A_0' - A_0'')/A_{xmax} * 100 \%,$$

bu erda 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 (1.2-rasm).



1.2-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 etarli 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'rsatkichlarni chegaradan chiqib ketishi asbobni layoqatligi pasayib ketganligidan dalolat beradi. O'lchash asbobining ishonchliligi, odatda, buzilmasdan ishlash ehtimolligi bilan baholanadi va taxminan quyidagicha topiladi.

$$\tau = n / n_{um},$$

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'rsatkichni proporsional siljishiga o'zgartiradi:

$$\varphi = f(B),$$

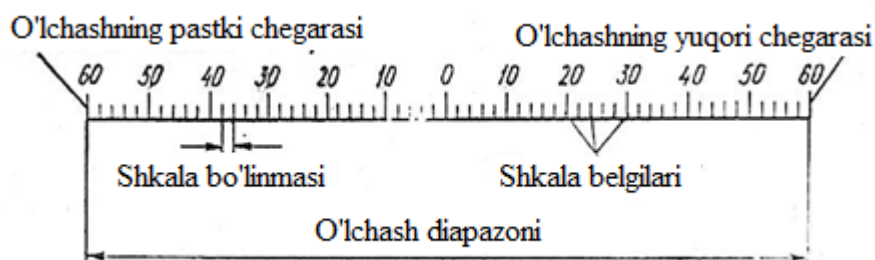
bunda φ — asbob ko'rsatkichining burchakli yoki chiziqli siljishi, V — o'lchanayotgan fizik kattalik.

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. 1.3 - 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.



1.3- rasm. O'lchash asbobi shkalasi

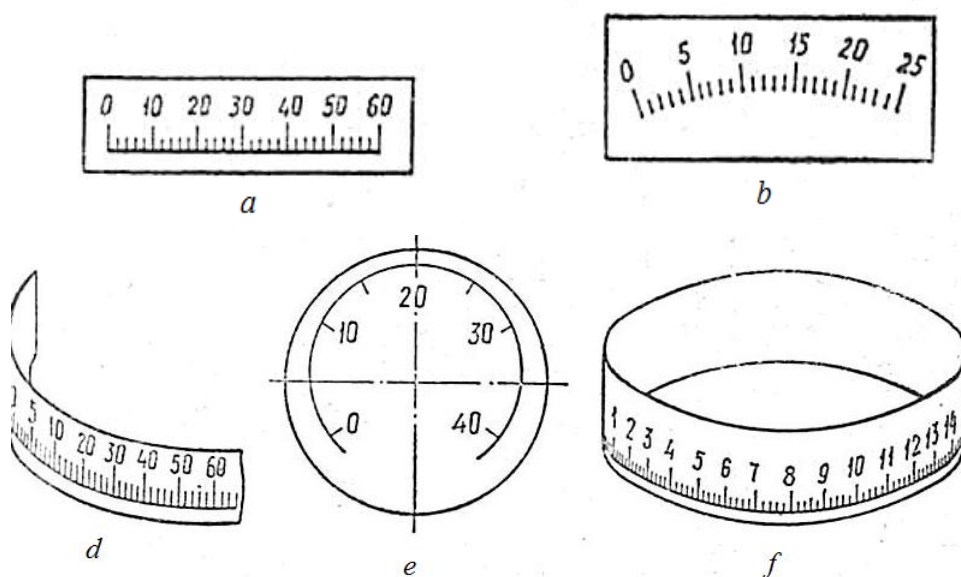
O'lchanayotgan kattalikning sanoq qurilmasi bilan aniqlanadigan hamda o'lchanayotgan kattalik uchun qabul qilingan birliklarda ifodalangan qiymatlari **o'lchash asbobining ko'rsatishlari** deyiladi. O'lchanayotgan kattalikning shkalada ko'rsatilgan eng kichik qiymati shkalaning **boshlang'ich qiymati**, eng katta qiymati esa shkalaning **ohirgi qiymati** deyiladi. S

Shkalaning uning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari bilan chegaralangan qiymatlari soxasi (oralig'i) **ko'rsatishlar diapazoni** deyiladi. O'lchanayotgan kattalikning o'lchash vositalari uchun yo'l qo'yiladigan xatoliklarining me'yorlangan qiymatlar soxasi o'lchash asbobi yoki o'lchash o'zgartkichining **o'lchash diapazoni** deyiladi. Texnik asboblarda, odatda, o'lchash diapazoni bilan

ko'rsatuvlar diapazoni moc 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 sirtidagi aylana yoyi bo'ylab joylashgan bo'ladi. 1.4-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 shkalalar***da o'lchash asbobi chegaralaridan biri nolga teng bo'ladi (masalan, ko'rsatishlar chegarasi 0 dan 100°S gacha bo'lgan simob termometri). Agar shkalada nol belgisi uning boshlang'ich va oxirgi chegarasi bilan ustma-ust tushmasa, u ***ikkitomonlama shkala*** deyiladi (masalan, ko'rsatishlarchegarasi —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° S gacha bo'lgan termometr).



1.4- 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:

$$n = f(\varphi), \quad (1.1)$$

bunda φ — ko'rsatkichning shkala boshidan, burilish burchagi.

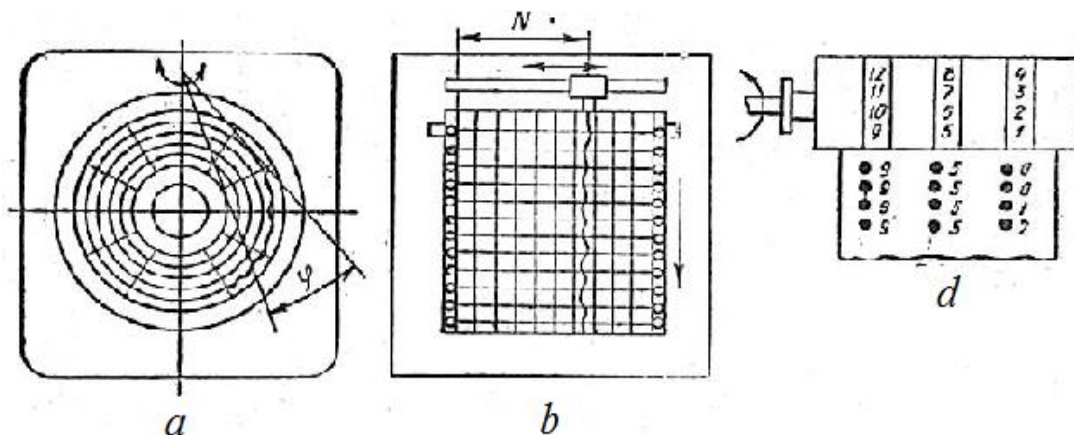
To'g'ri chiziqli shkalali asboblari uchun

$$n = f(L), \quad (1.2)$$

bunda L — ko'rsatkichning shkala boshidan chiziqli siljishi.

1.5-rasmda shkalali sanoq qurilmalari sxematik ko'rsatilgan.

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'lchashtizimga navbat bilan ulaydi.



1.5-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 (1.1), (1.2) tenglamalar bilan ifodalanadi. Qayd qiluvchi qurilmalar

uchun (1.5-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 (1.5-rasm, v) (1.1) 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 millivol'tmetrlarda) 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 soni 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 tarmoklarida 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 tiklash 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

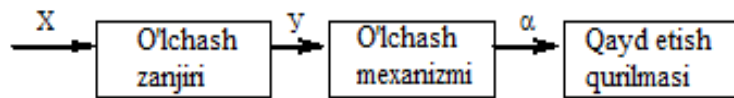
O‘lchash asbobi deb, o‘lchash uchun qo‘llaniladigan va me‘yorlangan metrologik xossalarga ega bo‘lgan texnik vositaga aytiladi.

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 vaktning 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 1.6-rasmda ko‘rsatilgan.



1.6-rasm. Analogli o'lchash asbobining struktura sxemasi

O'lchash asboblari qaysi tizimga taaluqli mexanizmdan iborat bo'lishidan qat'iy nazar, asbob qo'zg'aluvchan qismining xarakatlanishi 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:

$$M=dW_e/d\alpha, \quad (1.3)$$

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

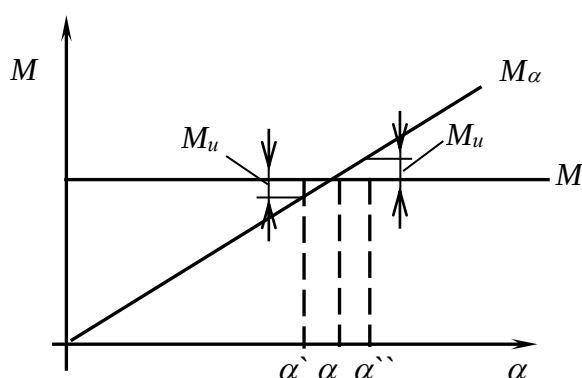
Aylantiruvchi momentni o'lchanadigan kattalik va asbob qo'zg'aluvchan qismining burilish burchagi funksiyasi deb qarash mumkin. O'lchash asbobining qo'zg'aluvchan qismiga aylantiruvchi momentdan tashqari aks (teskari) ta'sir etuvchi moment ham ta'sir etishi lozim. Aks ta'sir etuvchi moment bo'lmaganda 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 qisminiig burilish burchagi kattalashishi bilan ortishi lozim. Aks ta'sir etuvchi moment M_α aylantiruvchi momentga tenglashguncha ($M=M_\alpha$) qo'zg'aluvchan qism aylantiruvchi moment ta'siridan buriladi. Ko'p elektr o'lchash asboblari 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 $M_\alpha=-W\cdot\alpha$, bu erda W tortqi yoki prujinaning materiali va uning o'lchamlariga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik, bu α 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 $M=M_\alpha$ va u umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = \frac{1}{W} \cdot F(X, \alpha) \quad (1.4)$$

bu holatni 1.7-rasmda ko'rsatilgan grafikdan ham kuzatish mumkin.



1.7- 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.

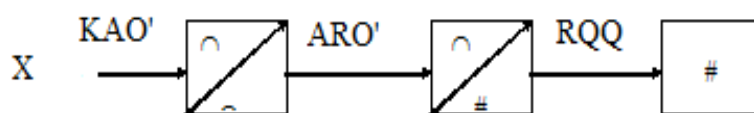
Asbob qo'zg'aluvchan qismining harakatlanganida vujudga keladigan va uning harakatini tinchlantirishga intiluvchi moment - ***tinchlantiruvchi moment*** deyiladi.

$$M_T = R(d\alpha/dt) \quad (1.5)$$

Bu moment tinchlantirish koeffitsiyenti R ga va qo'zg'aluvchan qismning burchakli tezligiga $d\alpha/dt$ 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 1.8-rasmda keltirilgan. Bunda KAO' - analog o'zgartkich; ARO' – analog-raqamli o'zgartkich; RQQ - raqamli qayd etish qurilmasi.



1.8-rasm. Raqamli o'lchash asbobining funksional chizmasi

“X” analog signali kirishdagi analog o'zgartkich KAO' da keyingi o'zgartirish uchun qulay formaga o'zgartiriladi, so'ngra analog-raqamli o'zgartkich (ARO') 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'lumotni qulayligi va aniqligi sababli raqamli o'lchash asboblari ilmiy-teshirish laboratoriyalaridan keng o'rin olgan.

Raqamli o'lchash asboblari analog o'lchash asboblariga nisbatan afzalliklarga egadir: yuqori aniqlik, keng ish diapazoni, tezkorlik, o'lchash natijalarini qulay tarzda tavsiya etilishi, avtomatlashtirilgan tarmoqlarga ulash mumkinligi, o'lchash jarayonini avtomatlashtirish imkoniyati mavjudligi va hokazolar. Lekin, raqamli o'lchash asboblarining 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 asboblarining ixchamlashuviga, energiya sarfining kamayishiga zamin yaratmoqda.

1.5. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

Nazorat savollari

1. O'lchash vositasiga ta'rif keltiring.
2. O'lchash vositalarning qanday turlari bor?
3. O'lchov va o'lchash asboblarining farqi qanday?
4. Raqamli o'lchash asboblarda o'lchash signalini qanday o'zgartirishlar qilinadi?
5. Raqamli o'lchash asboblarining ishlashini tushuntiring.
6. Raqamli va analogli o'lchash asboblari nima 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?

Amaliy mashg'ulot uchun topshiriqlar

O'lchash vositalarining metrologik tavsiflarini o'rganish va ularni hisoblashga oid masalalar yechish.

1. Masala.

Millivoltmetr 50 intervalga bo'lingan tekis taqsimlangan shkalaga ega. O'lchashlarni pastki chegarasi $U_p = -10 \text{ mV}$, yuqorisi $U_{yu} = 10 \text{ mV}$. Millivoltmetr shkala bo'linmasini qiymatini va sezgirligini aniqlang.

2. Masala.

Mis va platina qarshilik termometrlarining o'zgarish koeffitsiyenti haroratga bog'liq bo'ladimi? Agar qarshilik harorat bilan quyidagi bog'lanishda bo'lsa:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad - \text{ mis termometr uchun;}$$

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \quad - \text{ platina termometr uchun.}$$

3. Masala.

K tipidagi gradirovkali (nikelxrom – nikelalyuminiy, xromel – alyumel). 0-500 °C shkalali avtomatik potensiometr tekshirilganda, asbob ko'rsatkichi va perosi (ko'tarilish nol ko'rsatkichga nisbatan) 10 °C ga siljigan. Agar ko'rsatkich 430 °C da tursa, diagrammali qog'oz bilan qayta ishlaganda haroratni o'lchashdagi muntazam xatolikni qanday e'tiborga olish kerak?

4. Masala.

Ichki qarshiligi 200 Ω bo'lgan potensiometr yordamida qarshiligi 50 Ω bo'lgan termoelektrik termometrning issiqlik EYuK i o'lchandi.

Tok bo'yicha nol - indikatorning sezgirligi o'zgarmas bo'lganida, potensiometrning ichki qarshiligi 20 k Ω ga teng bo'lsa o'lchash aniqligi avvalgidek bo'ladimi?

Mustaqil ish uchun topshiriqlar

Ushbu kursni o'rganish davomida tavsiya etilgan mavzular bo'yicha referatlar yozadi va uni himoya qiladi. Mavzular quyidagilar:

1. O'lchash turlari va usullari.
2. O'lchash xatoliklari va ularni bartaraf etish usullari.
3. O'lchash texnikasining rivojlanish tarixi.

2-Bob. Konstruksiyalash asoslari

2.1. Asosiy atamalar va tushunchalar

“O‘lchash asboblari konstruksiyalash” kursini o‘rganish jarayonida quyidagi asosiy atamalar va tushunchalarga duch kelinadi:

Konstruksiyalash – lotincha “construere” so‘zidan olingan bo‘lib, biror obyektning konstruksiyasini yaratish ma’nosini bildiradi. Masalan, voltmetrni konstruksiyalash, intellektual schyotchikni konstruksiyalash.

Konstruktiv – konstruksiyaga tegishli yoki biror obyektning negizi, asosi sifatida qabul qilishi mumkin bo‘lgan sifat.

Konstruktor – turli qurilma va ularning alohida qismlari konstruksiyasini yaratish bilan shug‘ullanadigan mutaxassis.

Konstruksiya – lotincha “constructio” so‘zidan olingan bo‘lib, qurilma, biror predmet, mashina, asbob va boshqa qismlarini o‘zaro joylashishini bildiradi. Masalan, elementlar konstruksiyasi, manometr konstruksiyasi.

Loyiha – lotincha “projectus” so‘zidan olingan bo‘lib, oldinga tashlangan ma’nosini anglatadi va reja, g‘oyani, texnik hujjatlarning birlamchi matni tushuniladi.

Loyihalash – loyixa tuzish, tekislikda biror figura yoki predmetni geometrik aks ettirish, proeksiyasini chizish tushuniladi.

Konstruktorlik hujjatlari (KH) deb, maxsulotni ishlab chiqish, tayyorlash, nazorat qilish, qabul qilish, transportda etkazish, ekspluatatsiya va ta’mirlash uchun zarur ma’lumotlarni qo‘llashga bog‘liq hujjatlarga aytiladi.

Asboblarni konstruksiyalash - KH dagi maxsulotlarning shakli, o‘lchami va tarkibi, unga kiruvchi qism va tugunlar, ishlatiladigan materiallar, tarkibiy maxsulotlar, ular orasidagi aloqa va qismlarning o‘zaro joylanishi, tayyorlash texnologiyasiga ko‘rsatmalarni qidirish, topish va aks ettirish jarayonidir. Bularning xammasi maxsulot tayyorlashdagi mexnat sig‘imini kamaytirish talab

qiladigan tavsif bo'yicha birlamchi o'zgartgichlar va asboblarni ishlab chiqarilishida aks ettiriladi.

Konstruksiyaning ishonchliligi - bu berilgan rejimda, ishlatish sharoitida, texnik xizmat ko'rsatishda, ta'mirlashda, saqlash va tarqatish vaqtida talab qilingan funksiyalarni bajarish qobiliyatini xarakterlovchi, barcha parametrlarni o'rnatilgan vaqt chegarasida saqlash xususiyatidir.

2.2. Konstruksiyalashning umumiy qoidalar

Umumiy qoidalar ikki turkumga bo'linadi: asosiy va maxsus.

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

- konstruksiyalashni asbobning foydali samaradorligini, uning chidamliligi va past ekspluatatsion xarajatlari bilan belgilanadigan iqtisodiy samarani oshirish vazifasini bajarishga qaratish;

- asbob ishlab chiqarish suratini va bajaradigan operatsiyalar miqdorini ko'paytirish orqali foydali ishlashini maksimal oshirishga erishish;

- energiya iste'molini, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash harajatlarini qisqartirish orqali asboblarni ekspluatatsiyasiga ketadigan harajatlarni kamaytirishga erishish;

- qurilmalarning mustahkamligi va ularning foydaliligini xar tomonlama oshirish;

- asbobga yuqori boshlang'ich parametrlarni qo'yish, rivojlanish zahiralari va izchil takomillashtirishni ko'zda tutish orqali uzoq muddat qo'llanilishini ta'minlash bilan asboblarning texnik eskirib qolishiga yo'l qo'ymaslik;

- universallik va ishonchlilikni oshirish orqali ekspluatatsiya vaqtida qo'llash jadalligiga e'tiborni qaratish;

- bazaviy asboblarning konstruktiv elementlaridan maksimal foydalanish bilan asboblarni yaratish imkoniyatini belgilash;

- asboblarning standart o'lchamlari sonini kamaytirish, ularning parametrlarini oqilona tanlash va ekspluatatsion moslashuvchanlikni oshirish yo'li bilan amaliyotning ehtiyojlarini minimal sonli model bilan ta'minlashga intilish;

- asboblarni ularning ta'mirlanuvchanligi va nosoz tugunlarni oson o'zgartirish imkoniyatlarining ta'minlanishi bilan konstruksiyalash;

- agregatlash tamoyilliga qat'iy rioya qilish;

- qismlarni to'liq o'zaroalmashuvchanligini ta'minlash;

- massasi o'sishini talab qilmaydigan usullar yordamida (materiallarni 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;

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

Konstruksiyalashni maxsus qoidalari:

- ekspluatatsiya vaqtida asbobni haddan tashqari katta kuchlanishda ishlashini oldini olish; asbobni 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 xolati 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, birxillashtirish, standartlashtirish sifatlarini qo'llash, metallar sig'imini qisqartirish, qurilmalarning standart o'lchamlari sonini kamaytirish orqali ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish;

- ratsional kinematik va kuch-quvvat sxemalarini qo'llash, konstruksiya ixchamligini oshirish, shuningdek, engil 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 engillashtirish maqsadida konstruksiya elementlarini maksimal birxillashtirishni amalga oshirish;

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

- standart, birxillashtirilgan, 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** xam ko'rsatib o'tish zarur. Ular:

- qimmatbaho va noyob materiallar o'rniga ularni o'rnini to'laqon 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 muxim hisoblangan qismlarni ishlab chiqarishda xarajatlarni

cheklamasdan, balki, qismlarni tayyorlashda qo'llash muddati va ishonchligini yanada oshishini ta'minlovchi texnologik jarayonlarda sifatli materiallardan ishlab chiqarish;

- asbob va uni tashkil qiluvchilariga qarashni engillashtirish 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 visitasidir;

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

2.3. 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 va 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'rsatkichi.

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 echimlarni 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 echimlarini olishda eng yaxshi natijalarga erishiladi, chunki haqiqiy mukammal yaratmalar muallifi YAratuvchidir.

O'zaroalmashuvchanlik, birxillashtirish va standartlashtirish tamoyili mahsulotning yuqori texnik va ekspluatatsion parametrlarini va uning past narxini ta'minlovchi eng muhim tamoyildir. Ushbu tamoyil birxillashtirish 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'ishni 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 qismlarni 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 echimlarni 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 echim 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 keluvchanlikni 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 topish bilan bog'liq.

Shu bilan birga, alohida ahamiyatga ega bo'lgan mahsulotlarda zarur ishonchliligi va chidamligini ta'minlash uchun iqtisodiy va ishonchlilik o'rtasidagi muvozanat emas, balki ishonchliligi va chidamligini yuqori hisoblash parametrlarini ta'minlash birinchi o'ringa chiqadi. Buning uchun konstruksiyalashni 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 shunchali ishonchli. Va nihoyat, konstruksiyaning soddaligi foydalanish qulayligini yaratadi, ya'ni uni ta'mirlash mumkin va osonroq kechadi.

2.4. Konstruksiyalashga qo'yiladigan talablar

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

1. Funksional - texnik talablar:

- mahsulotning funksional vazifasi uning maqsadga muvofiqligi va uni qo'llash sohasiga mosligini belgilaydi; ma'lum bir parametрни 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 quvvati; iste'mol quvvati; tarmoq kengligi; tezkorlik; xalaqitlarga daxlsizligi; elektr va mexanik mustaxkamligi; 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. Eksploatatsion talablar:

- iqlim o'zgarishi;
- o'rnatish obyektni joylashadigan sinfiga nisbatan (havo, dengiz, quruqlik, ko'chma obyektlar uchun zamin va boshqalar);
- obyektда joylashtirish kategoriyasi bo'yicha: ochiq havoda; shift ostida, harorat va namlikning o'zgarishi ochiq havo sharoitidan sezilarli darajada farq qilmaydigan obyektда; tabiiy shamollatilagan 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, erga ulash shinalari, shamollatish tarmoqlari va boshqalar.
- obyektда elektromagnit maydondan muhofaza;
- sozlash, ishlatishdagi soddaligi va qulayligi;

- ta'mirlanuvchanlik;
- yuqori ishonchlilik, chidamlilik, saqlanuvchanlik;
- kam quvvat sarfi.

3. 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.

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'rsatkichlarini mukammalligi.

4. 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;
- birxillashtirish va standartlashtirish, ya'ni oldindan ishlab chiqilgan va ishlab chiqarilgan qismlar va mahsulotlarni yangi mahsulotlar, shuningdek, standart mahsulotda maksimal darajada ishlatilishini nazarda tutadi.

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

6. Patent - huquqiy talablar:

- himoyaga loyiq konstruksiyalarga talablar: original texnik echimlar, sanoat namunalari va tovar belgilari milliy va xalqaro patentlar bilan himoya qilinishi kerak;

- patentning tozalik talablari: patent tozaligi ushbu texnik echimning patentlari foydalanilmayotgan mamlakat ta'siri ostida yo'qotilishini tavsiflaydi.

O'lchash asbobi konstruksiyasiga qo'yiladigan talablarni ko'rib chiqaylik. Ular ikki xil bo'ladi: umumiy va maxsus.

Umumiy talablarga quyidagilar kiradi: funksional vazifa; o'lchash diapazoni; sezgirlik; xatolik; ishonchlilik; statik tavsifning chiziqliligi; tezkorlik; og'irlik o'lcham tavsiflari; klematik bajaruvchanlik; asbobning optimal (qulay) bajarilishi.

Umumiy talablardan tashqari asbob konstruksiyasiga qo'llash shartlariga bog'liq xolda maxsus talablar qo'yiladi. Masalan: yuqori bosim mavjudligida asbob konstruksiyasi shu bosimni xisobga olgan ishonchlilik bilan bajarilishi zarur. Xuddi shunday xol uchun yuqori xarorat yoki atrof - muxit namligi. Agressiv muxitda asbob elementlari shu muxitga chidamli materialdan tayyorlanishi zarur. Asbob ochiq xavoda, yopiq xonalarda, xamda sun'iy iqlimli xonalarda ishlatilishi mumkin. Asboblar ko'chma yoki statsionar bo'lishi mumkin, xamda uchuvchi qurilmalar, kema va er osti transportida o'rnatilishi mumkin. Xamma xol uchun maxsus talablar ishlab chiqiladi.

2.5. Qurilmalar yaratishda modellar va modellashtirish

Model va modellashtirish bu universal tushunchalar bo'lib, obyekt, jarayon va hodisalarni (model va modellashtirish orqali)hamda ihtiyoriy kasbiy sohani anglashning eng yaxshiusullarining atributlaridan biridir.

Model va modellashtirish mazkur modellar va modellashtirish natijalari qaerda qo'llanilishidan qat'iy nazar fanlararo muammolarni echish ustida ishlayotgan har xil soha mutaxassislarini birlashtiradi.

“Model” so'zi (lotincha “madelium” so'zidan olingan bo'lib) “o'lchov”, “usul”, “biror narsaga o'xshash” ma'nosini anglatadi.

Model - bu asl nusxani qandaydir yo‘l orqali tasvirlash va ta’riflashdan iborat bo‘lib, asl nusxa hodisa bo‘yicha ma’lum bir gipoteza va aniq bir taxminlarga ko‘ra uni a’lo darajada o‘rganish, tadqiq qilish, uning xossalarini tavsiflash uchun asl nusxani almashtirishga imkon beradi.

Misol: h balandlikdan tashlangan va t vaqt ichida erkin tushayotgan erkin jism uchun $h=gt^2/2$ munosabatni yozish mumkin. Bu jismni erkin tushish masofasini fizik – matematik modeli. Ushbu modelni qurish uchun quyidagi gepotezalar qabul qilingan:

- 1) tushish jarayoni vakuumda sodir bo‘ladi (havoni qarshilik koeffitsiyenti nolga teng);
- 2) shamol yo‘q;
- 3) jismni massasi o‘zgarmas;
- 4) jism ixtiyoriy nuqtada g tezlanish bilan harakat qiladi.

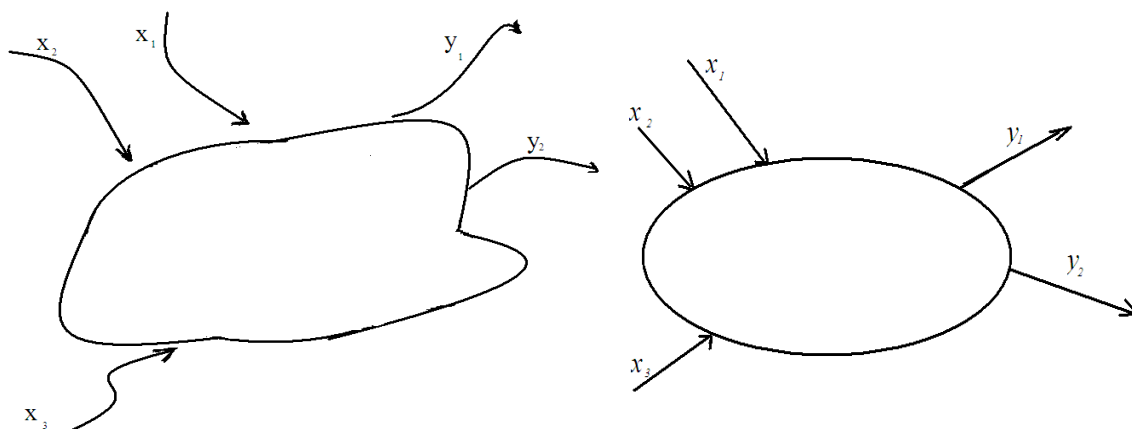
Modellashtirish muammosi uchta bir-biriga bog‘liq masalalardan tashkil topadi: yangi model qurish; modelni o‘rganish (o‘rganish metodini ishlab chiqish); modelni qo‘llash (amaliyotga yoki nazariy jihatdan).

S tizimni X kiruvchi va Y chiquvchi signallari bilan M modelni qurish sxemasi 2.1 – rasmda keltirilgan.

Agar M ga kirishga kelayotgan signallar X dan va chiqayotganda hosil bo‘lgan signallar Y dan iborat bo‘lsa, u holda f qoida tizimning **funksionallangan** modellaridir.

Agar modelni tasvirlashda parametrlari orasida vaqt parametri qatnashmasa, bu – **statik** model deyiladi. Masalan, $F=am$ modeli – og‘ma tekislik bo‘ylab jism harakatining statik modeli.

Agar modelni tasvirlashda parametrlari orasidagi vaqt parametri aniq ajralib tursa, bu – **dinamik** model deyiladi. Masalan, Nyuton qonunining dinamik modeli: $F(t)=a(t)$. $m(t)$ yoki, yanada aniqroq aytganda $F(t)=s''(t)$ $m(t)$. Agar faqat $t=0.1, 0.2, \dots, 1(c)$ deb qaralsa, u holda $S_t=gt^2/2$ model yoki $S_0=0$, $S_1=0.01g/2$, $S_2=0.04g/2$, ... , $S_{10}=g/2$ sonli ketma-ketlik erkin tushayotgan jism harakatining diskret modeliga hizmat qiladi. $S=gt^2/2$, $0<t<10$ model $(0;10)$ oraliqda uzluksizdir.



2.1 – rasm. Model qurish sxemasi

Agar model vaqtning barcha oralig'ida asli tasvirlangan bo'lsa, bu **uzluksiz** model deyiladi.

Agar modelda jami kirayotgan har bir parametrlari bir xil ma'noli chiquvchi parametrga ajratishga imkon bersa, bu – **determinallashgan** model, aks holda **determinallashmagan** deyiladi.

Agar modelda taqdim etilayotgan tizim funksional bo'lsa (masalan, tenglama), bu – **funksional** model deyiladi.

Agar model qandaydir to'plam, uning elementlari va ular orasidagi munosabatlardan iborat bo'lsa, bu – **nazariy to'plamli** model deyiladi.

Agar model pridekatlar, mantiq funksiyalari va munosabatlardan iborat bo'lsa, bu – **mantiqiy** model deyiladi.

Agar model elementlari (o'yinning obyekt va subyektlari) orasida qandaydir o'yinli vaziyatlarni amalga oshirsa, bu – **o'yinli** model deyiladi.

Agar model model osti tarkibiy elementlari va ular orasidagi mantiqiy munosabatlari to'g'risidagi axborotlardan iborat bo'lsa, bu – **mantiqiy axborot** modeli deyiladi.

Agar modelning funksional ta'riflanishi qandaydir algoritm yoki algoritmlar majmualari bilan tasvirlangan bo'lsa, bu – **algoritmli** model deyiladi.

Agar model graflar yoki graflar orasidagi munosabatlardan iborat bo'lsa, bu – **grafli** model deyiladi. Bu model konstruksiyalashda eng ko'p qo'llaniladigan model xisoblanadi.

Agar model ierarxik (daraxtsimon) tuzulishdan iborat bo'lsa, bu – **ierarxik** (daraxtsimon) **model** deyiladi. Masalan, o'lchash asboblarning biror belgilar bo'yicha tasniflanishini shu model orqali ifodalash mumkin.

Agar model, modellashtirilayotgan tizimda munosabatlar va aloqalarni vizuallashtirish imkoniyatini bersa (xususan dinamikada), bu – **vizual** model deyiladi.

Agar model material jihatdan asli nusxasiga ega bo'lsa, bu – **asliidan olingan** model deyiladi.

Agar model geometrik shakllar va ular orasidagi munosabatlardan iborat bo'lsa, bu – **geometrik model** deyiladi. Masalan, asbob maketi qurilayotgan asbobning asl geometrik modeli. Aylanaga ichki chizilgan ko'pburchak aylananing kompyuter ekranidagi **vizual geometrik modelni** beradi.

Agar modelning obyektini bir nechta yoki barcha parametrlarini variatsiyalash, sinash va o'rganish orqali qurilgan bo'lsa, bu – **imitatsiya** (yasama) model deyiladi.

$a_1x_1 + a_2x_2 = S$ model ikki xil 1 va 2 mahsulot ishlab chiqaruvchi korxonaning iqtisodiy tizimi modeli, x_1 va x_2 mos ravishda mahsulot miqdorlari, a_1 va a_2 lar mos ravishda mahsulot narxlari, S - korxonada ishlab chiqarilgan mahsulotning umumiy qiymati. Bu modelni imitatsion model sifatida qo'llab S ning qiymatini ishlab chiqarilgan tovarning hajm mohiyatiga bog'lab aniqlab olish mumkin. Yuqorida fizikaviy –determinatsiyalashgan model keltirilgan.

Agar $S=gt^2/2$, $0 < t < 10$ modelda biz tasodifiy parametrni, ya'ni jism erkin tushayotganda shamolni birdan kuchayish kuchi p ni hisobga olsak, masalan, $S(p)=g(p)t^2/2$, $0 < t < 10$, u holda biz tushishning (endi erkin bo'lmagan) stoxastik modelini hosil qilamiz. Bu shuning bilan birga **funksional model** hamdir.

$X=\{\text{Voltmetr, termopara, potensiometr, asbob, o'zgartkich, qurilma}\}$ to'plami uchun, Y : “Voltmetr – asbob”, “termopara – o'zgartkich”, “Potensiometr –

qurilma”. U holda X va Y to‘plamlar o‘lchash vositalarining **nazariy to‘plamlar modelini** tashkil qiladi.

$z = \bar{x} \wedge y \vee x \wedge \bar{y}$, $p = x \wedge y$ ko‘rinishdagi ikki mantiqiy funksiya majmui mantiqiy modelni tashkil etadi.

Hisoblashni algoritmik modeli cheksiz kamayuvchi sonli qatorlarning yig‘indisining, qatorning chekli yig‘indisidan to uning biror berilgan aniq darajasi uchun hisoblash algoritmi bo‘lib hizmat qiladi.

To‘g‘ri yozish qoidasi – tilli, **strukturali (tuzilishli) model**. Globus – er sharining asl **geografik modeli**.

Model tiplari va uning tabiatiga emas, balki aloqalarga, uning tizimosti va elementlari munosabatlariga bog‘liq.

Ihtiyoriy modelning asosiy xossalari:

- aniq bir maqsadga qaratilganlik;
- cheklanganlik;
- soddaligi;
- yaqinlashmoqlik;
- aynan bir xillik (adekvantlik);
- axboriylik;
- to‘liqlik (mukammallik);
- yopiqlik va boshqalar.

Modellashtirish tizimining hayotiy sikli (davri):

- axborotni yig‘ish;
- loyihalashtirish;
- tuzilish;
- o‘rganish;
- baholash;
- ko‘rinishini o‘zgartirish (modifikatsiya).

Matematik va kompyuterli modellashtirishlarni har xil sohalarda qo‘llanilishiga misol keltiramiz:

▪ *ishlab chiqarish*: texnik va texnologik jarayonlarni va tizimlarni boshkarish, resurslar, rejalashtirishlar, ishlab chiqarishni yuksak jarayonga olib chiqishni oldindan aytib berish va h.k.;

▪ *ta'lim*: tartib – intizomlar orasidagi aloqa tizimlarini modellashtirish strategik va taktik o'qitish va h.k.;

▪ *loyihalash*: turli tizimlarni loyihalash, modellashtirish, eng yaxshi loyihalar ishlab chiqish, loyihalash jarayonini avtomatik boshqarish va h.k.

Murakkab jarayonlarni zamonaviy modellashtirish kompyutersiz va kompyuterli modellashtirishsiz yaratish mumkin emas.

Kompyuterli modellashtirish – kompyuter yordamida va ixtiyoriy axborotlardan foydalanib, kompyuterda singari tayanch bilimlarini namoyish etish va qaysi birlarinidir EHM da aktivlashtirish mumkin.

Kompyuterli modellashtirish turi – hisoblash tajribasi, eksperiment o'tkazuvchi kompyuter yoki kompyuter texnologiyalari yordamida tizim yoki jarayon ustida tadqiqotni amalga oshirish.

Hisoblash tajribasi yangi obyektiv qonuniyatlarga asoslangan, gipotezalarni sinaydi, xabarlarini vizuallashtiradi va h.k..

Kompyuterli modellashtirish boshidan oxirigacha quyidagi bosqichlarni bosib o'tadi.

1. Masalani qo'yilishi.
2. Modeloldi tahlil.
3. Masalani tahlili.
4. Modelni o'rganish.
5. Dasturlash, dasturni loyihalash.
6. Testlash va sozlash.
7. Modellashtirishni baholash.
8. Hujjatlashtirish.
9. Kuzatib borish.
10. Modelni foydalanish(qo'llash).

Hozirgi paytda ilmiy - tadqiqotlarning yangi uslubiyati - matematik modellashtirish va hisoblash tajribasiga asos solinmoqda. Bu uslubiyatning mazmuni shundan iboratki, unda joriy obyekt o'zining matematik modeliga almashtiriladi, hamda matematik modellar zamonaviy hisoblash vositalari yordamida o'rganiladi. Matematik modellashtirish uslubiyati tez sur'atlar bilan rivojlanib, katta texnik tizimlarni ishlab chiqish va ularni boshqarishdan boshlab, murakkab iqtisodiy va ijtimoiy jarayonlarni tahlil qiluvchi sohalarni ham qamrab olmoqda.

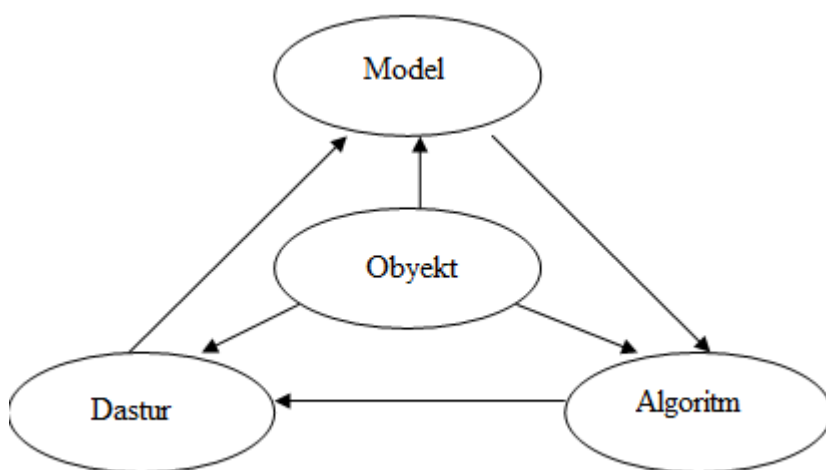
Matematik usullardan keng foydalanish nazariy tadqiqotlarning umumiy darajasini oshirishga va ularni tajribaviy tadqiqotlar bilan chambarchas aloqada olib borishga imkon beradi. Matematik modellashtirishga nazariya hamda tajribaning ko'plab yutuqlarini o'zida mujassamlashtirgan anglash, qurish, loyihalashtirishning yangi usuli sifatida qarash mumkin. Obyektning o'zi bilan emas, uning modeli bilan ishlash uning mavjud holatlardagi xatti-harakatini tez va sarf -harajatlarsiz o'rganishga imkon beradi. Ayni paytda obyektlarning modellari ustida o'tkazilgan hisoblash (kompyuter, imitatsiyali) tajribalari zamonaviy hisoblash usullarining quvvati va axborotning texnik vositalariga tayanib, obyektlarni nazariy yondashuvga qaraganda to'laroq va chuqurroq o'rganiladi.

Texnik, ekologik, iqtisodiy jihatdan hamda zamonaviy fan tomonidan o'rganiladigan boshqa tizimlar oddiy nazariy usullar orqali (zaruriy to'liqlik hamda aniqlikda) o'rganila olmaydi. Ular ustida olib boriladigan to'g'ridan-to'g'ri tadqiqot uzoq muddatli, qimmat, ko'pincha xavfli bo'ladi. Hisoblash tajribasi tadqiqotni tezroq va arzonroq o'tkazishga imkon beradi. Matematik modellashtirish ilmiy-texnik taraqqiyotning muhim asoslaridan biridir. Rivojlangan mamlakatlarda bu uslubiyatdan foydalanmasdan birorta yirik masshtabli texnologik, ekologik yoki iqtisodiy loyihani ishlab chiqib bo'lmaydi.

Matematik modellashtirish uslubiyatining paydo bo'lishi va takomillashuvi XX asrning 40-yillari oxiri hamda 50-yillarning boshiga to'g'ri kelib, bunga ikkita omil sabab bo'lgan. Kompyuterlarning paydo bo'lishi birinchi, lekin asosiy bo'lmagan omil bo'lib xizmat qildi. Chunki ularning paydo bo'lishi

tadqiqotchilarni hajman katta bo'lgan hisoblash ishidan ozod etdi. Ikkinchi, muhimroq omil Sobiq Ittifoq va AQSh ning raketa-yadroviy qobiqni yaratish bo'yicha milliy dasturlarni bajarish bo'yicha ijtimoiy buyurtmasi bo'ldi. Bunday murakkab ilmiy-texnik muammolarni hisoblash vositalaridan foydalanmasdan turib, an'anaviy usullarda hal etib bo'lmardi. Yadroviy portlashlar, raketa va sun'iy yo'ldoshlarning uchirilishi, avvalo, kompyuterlarda loyihalashtirildi, so'ngra esa amaliyotga tadb iq etildi.

Matematik modellash tirishning asosini **«model-algorithm-dastur»** uchligi tashkil etadi (2.2-rasm). O'rganiladigan jarayonlarning matematik modellari murakkab bo'lib o'z ichiga chiziqli bo'lmagan funksional-differensial tenglamalar tizimini qamrab oladi. Matematik model yadrosini xususiy hosilali tenglamalar tashkil etadi.



2.2-rasm. Matematik modellash tirishning intellektual yadrosi

Hisoblash tajribasining birinchi bosqichida obyektning muhim xususiyatlari - uning tarkibiy xususiyatlariga xos bo'lgan qonunlar matematik ko'rinishda aks etadi. Matematik model (uning asosiy qismlari) obyekt to'g'risida joriy ma'lumotlarni bilish uchun amaliy matematikaning an'anaviy analitik vositalari yordamida o'rganiladi.

Ikkinchi bosqich modelni kompyuterda ishlab chiqish uchun hisoblash algoritmini tanlash (yoki ishlab chiqish) bilan bog'liq. Qidirilayotgan kattaliklarni mavjud hisoblash texnikasida berilgan aniqlikda olish lozim. Hisoblash

algoritm-lari modelning, bevosita obyektning asosiy xususiyatlarini cheklamasligi, yechilayotgan masalalarning va hisoblash vositalarining xususiyatlariga moslashishi kerak. Matematik modellar asosi matematik fizikaning xususiy hosilali tenglamalarining chegaraviy masalalarini echishning sonli usullaridan tashkil topgan hisoblash matematikasi yordamida o'rganiladi.

Uchinchi bosqichda model va algoritmi kompyuterda ishlatish uchun dasturiy vosita yaratiladi. Dasturiy mahsulot matematik modellashtirishning matematik modellar qatoridan foydalanish, hisoblashning ko'p variantlilik bilan bog'liq muhim xususiyatini nazarda tutishi kerak. Buning natijasida obyektga mo'ljallangan dasturlash asosida ishlab chiqariladigan amaliy dasturlarning majmui va paketlaridan keng foydalaniladi.

Matematik modellashtirish omili hisoblash tajribasining hamma asosiy qatlamlarini chuqur tahlil etishni ta'minlab beradi. «Model-algoritm-dastur» uchligiga tayanib, tadqiqotchi qo'liga mukammal moslashuvchan va arzon vositani oladi va u avvaliga nazoratdan o'tkaziladi. Bundan keyin o'rganilayotgan obyektning zaruriy sifatli hamda sonli xususiyatlari, tavsiflarini olish uchun matematik modellar keng qamrovda tahlil etiladi.

Hisoblash tajribasi o'z tabiatiga ko'ra sohalararo xarakterga ega. Zamonaviy ilmiy-texnik ishlab chiqarishda matematik modellashtirishning sintez ahamiyatini haddan tashqari ortiqcha baholab bo'lmaydi. Umumiy tadqiqotlarda amaliy sohada, amaliy va hisoblash matematikasi, amaliy va tizimli dasturiy ta'minot bo'yicha mutaxassislar ishtirok etadi. Hisoblash tajribasi - chiziqli bo'lmagan matematik modellarni sifatli tahlil etishdan boshlab, to zamonaviy dasturlash tillarigacha bo'lgan turli xil usul va yondashuvlarga tayanib o'tkaziladi. Modellashtirish u yoki bu ko'rinishda ijodiy faoliyatlarining deyarli barchasida ishtirok etadi. Matematik modellashtirish aniq bilimlar doirasini hamda ratsional usullarning ilovalar maydonini kengaytiradi. U asosiy tushunchalar va farazlarni aniq shakllantirish, qo'llanilayotgan modellarning adekvatligini aposterioral tahlil etishga, hisoblash algoritm-larining aniqligini nazorat qilishga, hisob ma'lumotlarini sifatli qayta ishlash va tahlil qilishga asoslanadi.

Zamonaviy bosqichda hayotiy ta'minlanganlik muammosini hal etish matematik modellash va hisoblash tajribasidan keng foydalanishga asoslanadi. Hisoblash vositalari (kompyuterlar va sonli usullar) odatda tabiiy fanlarning tadqiqotlarida, avvalo fizika hamda mexanikada yaxshi tasvirlangan. Kimyo va biologiyani, tuproq haqidagi fanlarni, ijtimoiy fanlarni faol matematiklashtirish jarayoni olib boriladi. Muhandislik va texnologiyada matematik modellashni qo'llashning sezilarli yutuqlariga erishildi. Matematik modellarning kompyuter vositasida o'rganilishi uchiriladigan apparatlarning aerodinamik trubalardagi sinovini, poligonlardagi yadroviy hamda termoyadroviy qurilmalarni portlatish o'rnini sezilarli darajada bosdi.

Zamonaviy axborot texnologiyalari tibbiyotda ham qo'llaniladi. Analiz ma'lumotlarini yig'ish va tahlil etish kasalliklarga o'z vaqtida tashhis qo'yish imkoniyatini beradi. Masalan, kompyuterli tomograf katta massivdagi ma'lumotlarni qayta ishlashning matematik usullaridan foydalanish bo'yicha sifatli tibbiyot vositasini olishga asos bo'ladi.

Bu yerda aniq bir xususiyatga bog'liq bo'lmagan, turli xil fan sohalari uchun umumiy bo'lgan matematik modellarni qurish va tahlil qilishga qaratilgan asosiy yondashuvlar bayon etilgan. Insonlarni o'rab turgan olam yagona. Xususan, bu matematik modellarning mukammalligida, turli xil hodisa va obyektlarni ta'riflash uchun qo'llaniladigan matematik qurilmalarning bir xilligida namoyon bo'ladi.

Ilmiy-tadqiqotlardagi nazariy va amaliy usulli hisoblash tajribasining umumiy xususiyatlar ko'rsatib o'tilgan. Hisoblash tajribasi matematik modellarni o'rganish uchun kompyuterlar va sonli usullardan foydalanish natijasida paydo bo'lgan. Unga matematik modellashning eng yuqori pog'onasi sifatida qaraladi.

2.6. Konstruksiyalash jarayoni va texnik yechimni qidirish

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 obrazni amaliy asosi qilib, ungacha yaratilgan konstruksiyada etishmagan yoki ortiqchasi mavjud konkret prototip olinadi.

Konstruktor obrazlarni hayol qiladi va ularni og‘zaki yoki matematik (formula yoki aniq sonlar) yoki grafikli (rasmli yoki chizmalı) ko‘rinishlarda izoxlaydi.

O‘lchash asboblarini 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 echish bilan farqlanadi.

Umuman olganda asbob soxasida texnik yechimni qidirish, remont talablikni xisobga olgan xolda ishonchlilikni oshirish va maxsulot ishlab chiqish uchun texnik topshiriqdagi bir-biriga teskari talabni qondirishda turg‘un kelishuvni matematik-mantiqiy tanlov asosida olib borishga asoslangan. SHuningdek, odam-mashina tizimining xususiyatlarni xisobga olish zarur.

Texnik echimni qidirishda patent - huquqli hususiyatini 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 echimni topish zarur.

Asbob konstruksiyasi unga kiruvchi, aloqasi qat’iy reglamentlangan ko‘plab elementlardan, elementlar hususiyatining yig‘indisiga teng xususiyatlarda aniq namoyon bo‘lgan strukturali gradatsiya xosil qiluvchidan tashkil topgan. Konstruksiyalash jarayonida variantlarni ko‘plab yaratish zarur. Shundan keyin variantlar tanlovi olib boriladi. Asbobning xar bir variantini analiz qilib ularni yuqori koeffitsentlarini xisobga olgan kriteriyalar bo‘yicha kompleks baholashni amalga oshiriladi; sintez qilish bilan esa, shakl, o‘lcham va maxsulot tarkibini aniqlash, tarkibiy elementlar va ular bir-biri bilan, atrof muhit bilan, odam - operator bilan aloqalarni loyihalashni amalga oshirish mumkin.

Texnik yechimni qidirish vaqtida kompramis echimni qabul qilish muximdir. Kompramis echimni 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 emas xolda qayta ishlash demakdir. Intuitsiya quruq erda emas, tajribada vujudga keladi.

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

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

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

2.7. Asbob konstruksiyasi tizim sifatida

Asbob konstruksiyasini tizim sifatida ko'rish turli asboblar 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 funksiyani tadbiq qilish uchun mo'ljallangan obyektlarning murakkab yig'indisi va ular orasidagi aloqani anglatadi. Texnik ko'rinishda tizim real voqelikni chegaralangan doirada, atrof muxit bilan birgalikda xarakat qiluvchi, aniq bir funksiyani bajaruvchi va strukturali ko'rinishda namoyon bo'ladi.

Asbob o'zining funksiyasini faqat talab qilingan xarakat 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 xolda mavjuddir (jadval 2.1).

2.1- jadval

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

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

2.2- jadval

Abstraksiyalovchi sathlar	Ta'rif	Ta'riflovchi qo'llanma
Harakat prinsipi	Tarkibida fizik-texnik effekti bo'lgan strukturaning mavxum ko'rinishi	Graf, funksional sxema
Funksional struktura	Funksional elementlar va ularning aloqasi mavjud strukturaning mavxum 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 mavxum sathlardan foydalaniladi (jadval 2.2).

Asbobning geometrik ko'rsatmalari va materialini ko'rsatuvchi ta'rifi 2.3-jadvalda ko'rsatilgan.

2.3- jadval

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

2.8. Konstruksiyalash bosqichlari

Ishlab chiqish - aniq bir talablar kompleksini qoniqtiradigan yangi ilmiy natijalarni olish jarayondir. U murakkab va etarli 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 echimni olishga imkon yaratadi.

Loyihaviy yoki ishchi echim 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 hujjatlarini 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 chiqishni umumiy muddatini o‘z ichiga oladi. TT buyurtmachi bilan konstruksiyani ishlab chiquvchi o‘rtasidagi qabul qilish - topshirishdagi asosiy hujjat xisoblanadi.

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, echiladigan 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 erda 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 quvvat va elektr quvvatga 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 muxim bosqichlari, uni bajarish muddati, xamda xar bir bosqich uchun konstruktorlik hujjatlarini ko'rinishi va to'laligi (komplektligi) ko'rsatiladi. TT loyixalashni boshlash uchun muxim yuridik hujjat xisoblanadi. 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 aloxida talablarini aniqlash va ishlab chiqariladigan konstruksiyaga qo'yilgan talablarni aniqlash maqsadida taxlil qilinadi. Bu bosqichda quyidagi ishlar bajariladi:

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

Xar qanday ishlab chiqiladigan konstruksiya uchun texnik taklif bosqichi konstruktorlik hujjatlarini turi va to'raligi (komplektligi) GOST 2102.82 da reglamentlangan (belgilangan). Xar 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 xamma ishlar belgilanadi. Tushuntirish xatida esa ish natijalari aks ettiriladi.

Loyiha eskizi (LE). LE ning tarkibi va vazifalari GOST 2.119-82 "Loyiha eskizi"da ko'rsatilgan. LE - maxsulotni ishlash prinsip iva uning konstruksiyasi haqida umumiy tasavvur beradigan echimni o'rnatish maqsadida ishlab chiqiladi. Bu bosqichda quyidagi ishlar bajariladi:

- strukturali va funksional sxemalarni tuzish;
- prinsipial elektr sxemani birinchi variantini tuzish;
- sxemali echimni maketda tajribada tekshirish;
- konstruktiv echimni va montaj yo'lini tanlash;
- parazit aloqalarni baxolash, issiqlik rejimini sozlash va ta'mirlash qulayligini o'rnatish uchun komponentlar eskizlari tuziladi;
- tanlangan echimni patent tozaligiga va konstruksiyani bardoshlilikka tekshirish, ixtiroga talabnomani rasmiylashtirish;
- metrologik ta'minotga oid savollarni taxlil qilish;
- texnik va metrologik ishonchlilikni baxolash.

Bu bosqichda xam 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 tasavvurga 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 xamma texnik savollarning yakuniy echimi 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 loyixalanadiki, 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 xokazo);
2. Elektrik (turli elektr maydonlar);
3. Biologik (zamburug', chang, bakteriyalar va xokazo);
4. Mexanik (tebranish va boshqa mexanik ta'sirlar);
5. Vaqt (eskirish).

2.9. Konstruktorlik hujjatlari

GOST 2.102-82 bo'yicha konstruktorlik hujjatlari (KH)ga matnli va grafikli hujjatlar kiradi. Loyiha bosqichiga qarab hujjatlar loyixaviy yoki ishchi bo'lishi mumkin. Matnli hujjatlarga spetsifikatsiyalar, turli qaydnomalar, tushuntirish xatlari, texnik shartlar, sinash uslubi va dasturi, hisob-kitoblar, ekspluatatsion - ta'miriy hujjatlar kiradi.

GOST 2.106-82 “Matnli hujjatlar”da o‘rnatilgan talab bo‘yicha tushuntirish xatida quyidagi bo‘limlar bo‘lishi zarur: kirish; vazifasi va qo‘llash doirasi, loyixalashtirilayotgan asbobga qo‘yilgan texnik talablar, tanlangan konstruksiya ta’rifi va asoslanishi, xisob-kitob qismi, ishlab chiqilayotgan mezonlarni qo‘llash bo‘yicha tashkiliy ishlar ta’rifi, kutilayotgan texnik effektlar ko‘rsatkichi, unifikatsiya satxi. Grafikli hujjatlar 2 xil ko‘rinishda: sxemali va chizmalı bo‘ladi.

GOST 2.701-82 bo‘yicha sxemalar fizik tabiatiga ko‘ra: elektr, kinematik, grafik, aralash va optoelektron bo‘lishi mumkin. Elektr sxemalarni qo‘llashda KXYAT standartlarida o‘rnatilgan 2 turdagi grafik belgilar ishlatiladi: shartli va to‘g‘ri burchakli.

Konstruktorlik hujjatlarining tizimi O‘zbekiston Respublikasining konstruktorlik hujjatlarini yagona tizimi (O‘zKHYaT) majmuiga kiruvchi standartlarni maqsadli mo‘ljallanishi, taaluqlik doirasi, tasniflash guruhlarining tarkibi va belgilanishi bo‘yicha umumiy qoidalarni belgilaydi. O‘z KHYAT standartining talablari konstruktorlik hujjatlarini ishlab chiqish bilan shug‘ullanadigan barcha iqtisodiyot tarmoqlari va xo‘jalik yurituvchi sub’ektlar uchun majburiydir.

O‘z KHYaT - O‘zbekiston korxonalari va xo‘jalik yurituvchi sub’ektlarining konstruktorlik hujjatlarini ishlab chiqish, rasmiylashtirish, qo‘llash bo‘yicha tashkiliy va texnikaviy yagonaligini ta‘minlaydigan, o‘zaro bog‘langan, asos bo‘luvchi umumtexnikaviy va tashkiliy uslubiyati, standartlar majmuidir.

O‘z KHYaT standartlarining asosiy vazifasi xo‘jalik yurituvchi sub’ektlar tomonidan quyidagilarni ta‘minlovchi konstruktorlik hujjatlarini bajarish, rasmiylashtirish, muomala qilish va qo‘llash bo‘yicha yagona qoidalarni belgilashdan iborat:

- konstruktorlik hujjatlarini qayta rasmiylashtirmasdan turib ularni xo‘jalik yurituvchi sub’ektlar o‘rtasida o‘zaro almashish imkoniyati;

- hujjatlarni takrorlash va ishlab chiqarish uchun talab qilinmaydiganlarini ishlab chiqishni bartaraf etuvchi komplektligini barqarorlashtirish;

- sanoat buyumlari loyihalarining konstruktorlik ishlab chiqishida birxillashtirishni kengaytirish imkoniyati;

- buyumlarni loyiha-konstruktorlik ishlanmalarining mehnat sarfini kamaytiruvchi konstruktorlik hujjatlari va grafik tasvirlarining shakllarini soddalashtirish;

- texnik hujjatlarga va ulardagi axborotlarga ishlov berishni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish;

- ishlab chiqarishni texnologik tayyorlash sharoitlarini yaxshilash;

- buyumlarni ishlatish sharoitlarini yaxshilash;

- loyiha-konstruktorlik ishlarining muddatlarini va xarajatlarini qisqartirish;

- amaldagi ishlab chiqarishni tez qayta sozlash uchun hujjatlarni tezkor tayyorlash.

O'z KHYaT standartlari bilan quyidagi belgilangan hujjatlarni ishlab chiqish, rasmiylashtirish, muomala qilishga joriy qilish mumkin:

- konstruktorlik hujjatlarining barcha turlariga;

- hisobga olish – ro'yxatga olish hujjatlariga va konstruktorlik hujjatlariga o'zgartirishlar kiritish bo'yicha hujjatlarga;

- me'yoriy texnik, texnologik hujjatlarga, shuningdek ilmiy-texnikaviy va o'quv adabiyotlariga, ular uchun qo'llanilishi mumkin bo'lgan, misol uchun, formatlar va buyumlarni bosib yozish uchun shriftlar kabi hujjatlarni yoki adabiyotlarni bajarish qoidalarini belgilaydigan maxsus standartlar va me'yorlar bilan aniq belgilanmaydigan qismiga.

O'z KHYaT standartlari konstruktorlik hujjatlarini, shuningdek:

- xo'jalik yurituvchi sub'ektlarning texnik bo'linmalarini (me'yoriy tekshirish xizmatlari, texnik hujjatlar bo'linmalari va sh.o') konstruktorlik hujjatlarini tekshirish, hisobga olish, saqlash va ularni ko'paytirish bilan bog'liq bo'lgan tuzulmasi va funksiyalarini belgilovchi qoidalarni;

- texnik hujjatlarni guruhlash, komplektlash, saqlash va ishlov berish bo'yicha yo'l-yo'riq ko'rsatuvchi materiallarni tuzish, muomala qilish, ishlov berish bilan bog'liq faoliyatni aniqlovchi va aniq belgilovchi tashkiliy

uslubiyatli va yo‘l-yo‘riq ishlab chiqarish hujjatlarini ishlab chiqish va nashr etish uchun asos bo‘ladi.

O‘z KHYaT ga kiradigan standartlar tarkibi belgilangan tartibda “O‘zstandart” agentligi tomonidan aniqlanadi. O‘z KHYaT ga kiruvchi standartlarning umumiy tarkibi (2.4-jadval) jadvalda ko‘rsatilgan.

Tasniflash guruhlarining tarkibi

2.4-jadval

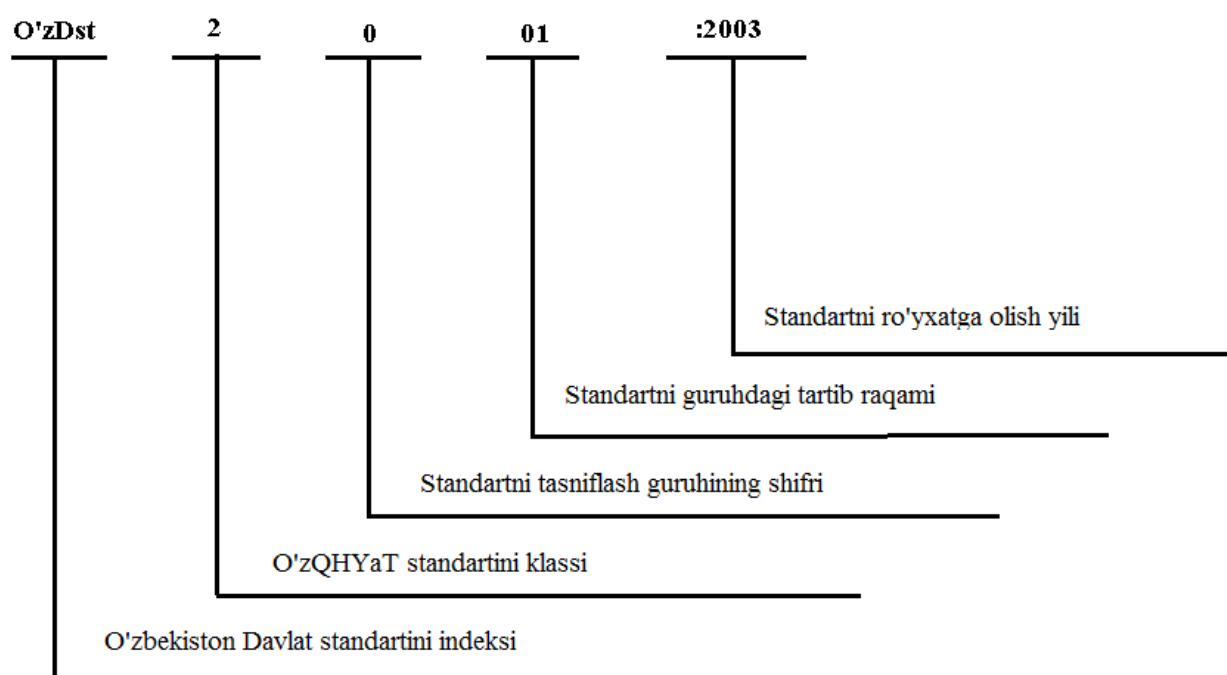
Guruh shifri	Standartlar guruhining nomi
0	Asosiy qoidalar
1	Umumiy qoidalar
2	Konstruktorlik hujjatlarida buyumlarni tasniflanishi va belgilanishi
3	Chizmalarni bajarilishini umumiy qoidalari
4	Mashinasozlik va asbobsozlik chizmalarini bajarish qoidalari
5	Konstruktorlik hujjatlarini muomalasi (hisobi, saqlash, takrorlash, o‘zgartirish kiritish) qoidalari
6	Ishlatish va ta‘mirlash hujjatlarini bajarish qoidalari
7	Sxemalarni bajarish qoidalari
8	Kemasozlik hujjatlarini bajarish qoidalari
9	Boshqa standartlar

Bir nechta tasniflash guruhleri uchun talablarni belgilaydigan standartlar birinchi (nomerlarni olib borish tartibi bo‘yicha) guruhga kiritiladi. O‘z KHYaT barcha standartlari tarmoqlararo standartlashtirish tizimlarining 2-sinfiga kiradi.

O‘z KHYaT standartlarini belgilanishi tasniflash prinsipi bo‘yicha tuziladi. Standartni raqami O‘z KHYaT standartlari sinfiga berilgan 2 raqamidan; (nuqtadan keyin) standartlarni tasniflash guruhini belgilovchi bitta raqamdan; standartni ushbu guruhdagi tartib raqamini belgilaydigan ikki xonali raqamdan va (ikki nuqtadan so‘ng) standartni ro‘yxatga olish yilini ko‘rsatuvchi to‘rt xonali raqamdan tashkil topadi (2.3-rasm).

Mahsulot uchun loyihaviy hujjatlarning to‘liqligini aniqlaydigan quyidagi hujjatlarni ajratib olish kerak: asosiy loyiha hujjati (detallar, qismlar, montaj majmualari, komplekslar va komplektlar uchun, spetsifikatsiya) va mahsulotning

barcha hujjatlariga tegishli hujjatlarni birlashtiradigan mahsulot konstruktorlik hujjatlarini (masalan, chizmachilik, elektron sxema, texnik shartlar, ekspluatatsion hujjatlar). Mahsulot uchun mo'ljallangan loyiha hujjatlari komplekti ushbu mahsulot uchun asosiy konstruktorlik hujjatlari majmuasidan iborat bo'lib, asosiy konstruktorlik hujjatlariga muvofiq foydalaniladigan ushbu mahsulotning barcha tarkibiy qismlari uchun loyihaviy hujjatlarning asosiy to'plamlaridan iborat.



2.3-rasm. O'z KHYaT standartini belgilash misoli

Sxemalar. Mahsulotni tashkil etadigan elementlari va ulanish turlariga qarab, sxemalar bir qancha turlarga bo'linadi (jadval 2.5).

Sxema turlari asosiy vazifasiga ko'ra tiplarga bo'linadi. Sxema tiplari va ularning kodlari 2.6-jadvalda keltirilgan.

Sxema kodi xarf va sondan iborat bo'ladi. Masalan: prinsipial elektr sxema – E3; funksional gazli sxema – X2; elektrogidravlik prinsipial sxema – S3; strukturali, prinsipial va bog'lashni gidravlik sxemasi – G0.

Turli elementlardan tashkil topgan mahsulot uchun bir xil turdagi sxemalar ishlab chiqilishi mumkin (masalan, elektr sxematik o'chirgich, gidravlik o'chirish

davri). Kombinatsiyalangan sxemaning nomi mos keladigan turlar va tiplar bilan belgilanadi (masalan, prinsipial elektr sxema).

2.5- jadval

Sxema turlari	Ta’rifi	Sxema turi kodi
Elektr sxema	Elektr energiyasi yordamida ishlaydigan konstruksiya tarkibiy qismlari va ularning munosabatlarining shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	E
Gidravlik sxema	Suyuqlik yordamida ishlaydigan konstruksiya tarkibiy qismlarining va ularning munosabatlarining shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	G
Pnevmatik sxema	Havo yordamida ishlaydigan konstruksiya tarkibiy qismlari va ular orasidagi munosabatlarning shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	P
Gazli sxema (pnevmatik sxemadan tashqari)	Gazdan foydalanish bilan ishlaydigan konstruksiya tarkibiy qismlari va ular orasidagi munosabatlarning shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	X
Kinematik sxema	Mexanik tashkil etuvchilar va ularning o‘zaro bog‘liqligi shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	K
Vakuimli sxema	Vakuum yordamida ishlaydigan yoki vakuum hosil qiluvchi konstruksiya tarkibiy qismlari va ular orasidagi munosabatlarning shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	V
Optik sxema	Konstruksiyaning optik tarkibiy qismlarini yorug‘lik nuri yo‘nalishini shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	L
Energetik sxema	Energetik qurilmalar va ularning tarkibiy qismlari orasidagi aloqaga kiruvchi shartli ko‘rinish yoki belgilaridan iborat hujjat	R
Bo‘lish sxemasi	Konstruksiya tarkibi, tarkibiy qismlari, ularning vazifasi va o‘zaro bog‘liqligini ko‘rsatuvchi shartli ko‘rinishi yoki belgilaridan iborat hujjat	E
Kombinirlangan sxema	Element va bir turdagi turli sxemalar o‘zaro aloqasidan iborat hujjat	S

2.6- jadval

Sxema turlari	Ta’rifi	Sxema turi kodi
Struktura sxema	Konstruksiyaning asosiy funksional qismlari, ularning vazifalari va o‘zaro aloqasini belgilovchi hujjat	1
Funksional sxema	Konstruksiyaning alohida funksional zanjirlari yoki butun konstruksiyada kechuvchi jarayonlarni tushuntiruvchi hujjat	2
Prinsipial sxema (to‘liq)	Elementlar to‘liq tarkibi va ular orasidagi aloqani belgilovchi va odatda konstruksiyaning ishlash prinsipi xaqida to‘liq tasavvurga ega bo‘lish imkoniyat beruvchi hujjat	3

2.6-jadval davomi		
Bog'lash sxemasi (montaj)	Konstruksiya tarkibiy qismlari bog'lanishini ko'rsatuvchi va bu bog'lanishni amalga oshiruvchi simlar, kabellar yoki quvurlar, shuningdek ularni ulash va kirish joylarini aniqlovchi hujjat	4
Ulash sxemasi	Konstruksiyaning tashqi ulanishini ko'rsatuvchi hujjat	5
Umumiy sxema	Konstruksiya tarkibiy qismlari va qo'llash joyida ularni bog'lashni belgilovchi hujjat	6
Joylashtirish sxemasi	Konstruksiya tarkibiy qismlari, zarur bo'lganda shuningdek simlar, kabellar, quvur va boshqalarning nisbiy joylanishini aniqlovchi hujjat	7
Birlashtirilgan sxema	Bir turdagi turli sxema elementlaridan iborat hujjat	0

2.10. Konstruksiyalash yechimini qidirish

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

Sintezning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- Xarakteristik fizik prinsipini tanlash;
- Konstruksiya variantlarini aniqlash;
- Variantlarni taxlil qilish;
- Sifat kriteriyalarini aniqlash;
- Eng yaxshi variantni tanlash;
- O'zgartgich parametrlarini qulaylashtirish.

Struktura va konstruksiyaning o'rnatish ko'p bosqichli sintez amalga oshiriladi (2.4-rasm). O'zgartgichning taqsimlangan issiqlik zanjirining optimal parametrlarini, uning elementlari va umuman konstruksiya sxemasini aniqlash optimallashtirish mezonlariga to'g'ri keladigan qilib bajariladi.

Sintez tezlikning issiqlik o'zgartgich (TIO) optimal strukturasi tanlash masalasidan boshlanadi. Bu masalani yechishda graflik model usuli orqali bajarish maqsadga muvofiqdir. Parametrik sintez masalasini yechish uchun esa, loyihalashni matematik usuli qulaydir. TIO optimal strukturasi tanlash uchun strukturali sxema quriladi. Bunda kirishdagi kattalik-oqim tezligi (gaz yoki

suyuqlikning) bo'ladi, chiqishda esa - elektr kuchlanish (o'zgaras yoki o'zgaruvchan).

TIO' strukturali sxemasi tuzilayotganda elektr, issiqlik, gidravlik va mexanik zanjirlar parametri va kattaliklari orasidagi o'xshashlik xisobga olinadi. Ular oqim tezligini elektr kuchlanishiga o'zgartirish jarayonida o'z o'rnini topadi. 2.7-jadvalda ko'rsatilgan zanjirlar uchun kattalik va parametrlar keltirilgan. O'xshashlik uslubiga ko'ra quyidagi mezonlar to'plami bo'lishi kerak:

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

$$U_i \cdot I_i = P_i \text{ (Wt)}$$

2) I_i reaksiya kattaligi vaqt bo'yicha zaryad Q_i kattaligini birinchi xosilasiga teng:

$$I_i = \frac{dQ}{dt}$$

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

$$I_i = \frac{dP_i}{dt}$$

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

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{1}{G_i}$$

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

$$L_i = \frac{P_i}{I_i} = \frac{1}{D_i}$$

6) sig'im parametri S_i Q_i bilan U_i ga

$$C_i = \frac{Q_i}{U_i} = \frac{1}{W_i}$$

Bu yerda D_i - deduktivlik parametri; S_i - o'tkazuvchanlik parametri; W_i - qattqlik parametri.

TIO‘ sxemalari mavjud parametrik strukturali sxemalar topografiyasini qurish uchun quyidagi asosiy gidromexanoissiqlik va issiqlik – elektrik fizik - texnik effektlar (FTE) qo‘llaniladi:

1) gaz yoki suyuqlik oqimi tezligining I_{ml} tashqi issiqlik o‘tkazuvchanlikka G_t nisbatan o‘zgarish FTE si: $G_t = K_{I_{ml}G_t} I_{ml}$;

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: $I_T = K I_{\vartheta} I_T$;

4) elektr qarshilik R_e o‘zgarishini FTE si: $U_{\vartheta} = R_{\vartheta} I_{\vartheta}$;

5) elektr o‘tkazuvchanlik o‘zgarishini FTE si: $I_{\vartheta} = G_{\vartheta} U_{\vartheta}$;

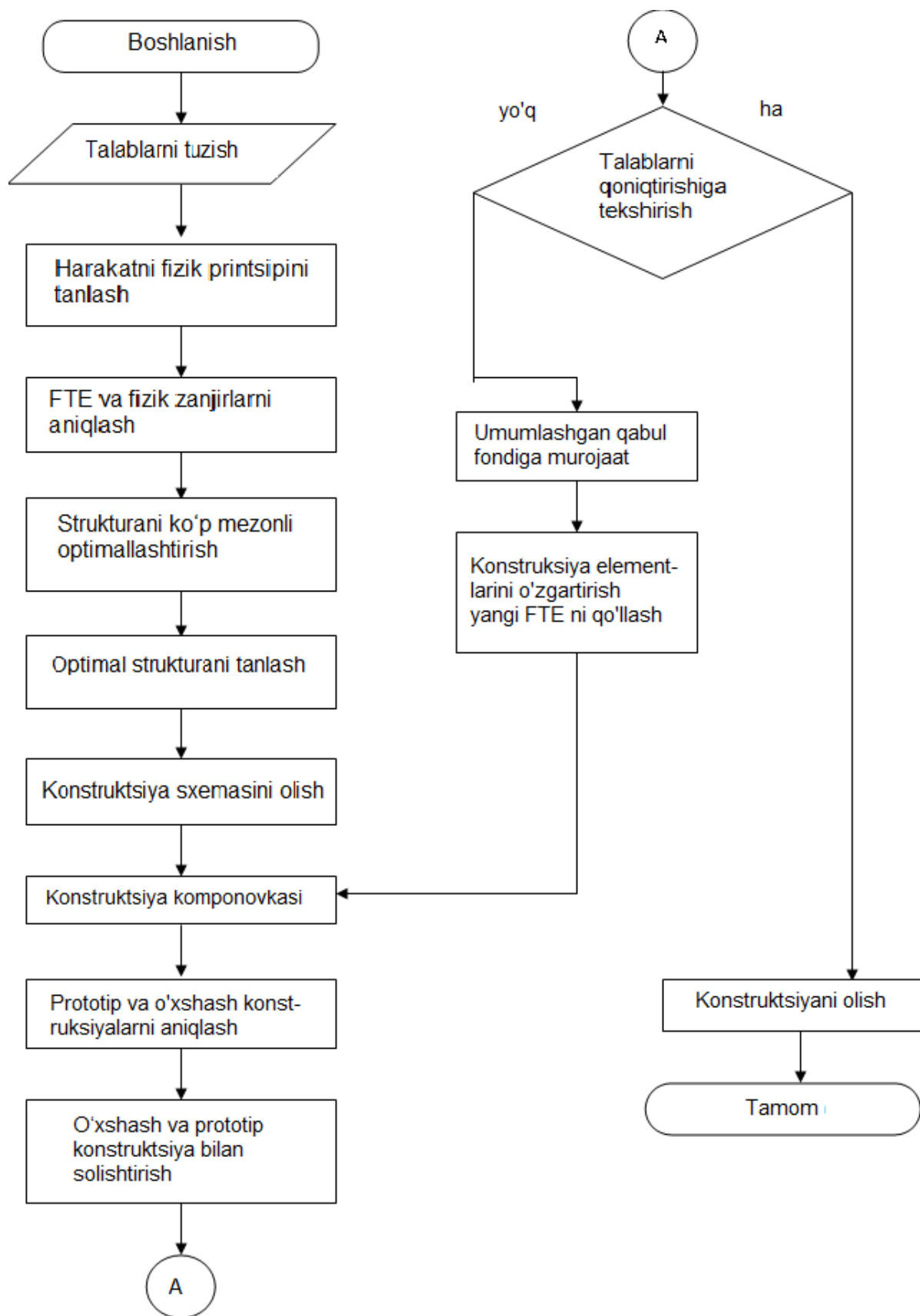
6) elektr qarshiligiga R_e nisbatan issiqlik ta’siri U_t (harorat) o‘zgarishining FTE si: $R_{\vartheta} = K_{U_T U_{\vartheta}} U$;

7) Zeebek effekti (termo EYUK): $U_{\vartheta} = K_{U_T U_{\vartheta}} U_T$

va boshqa fizik-texnik effektlar.

2.7-jadval

Zanjir turi	Umumlashgan kattaliklar				Umumlashgan parametrlar	
	Ta'sir	Reaksiya	Zaryad	Impulbs	Qarshilik	Sig'ım
Elektrik	$\Phi_1 - \Phi_2$ [b]	dQ_e/dt [A]	Q_e [Kl]	$F_{\text{eo}} = \psi = \int U_e dt$ [Vb]	$\rho_e l_e S_e$ [Om]	ES_e/l_e [f]
Mexanik chiziqli	F [H]	v [m/s]	X [m]	$R = \int F \cdot dt$ [kg·m/s]	$K_{\text{mud}} P_2 S_2$ [H·cm]	$L_{\text{mud}} (ES_{\text{mud}})$ [mH]
Issiqlik	$T_1 - T_2$ [°K]	ds/dt [Bu°K]	S [Dj/K]	$J(T_1 - T_2) \Delta t$ [k·s]	$(T_{\text{str}} r^2 \lambda_{\text{r}} S_2) =$ $R_{\text{r}} T_{\text{r}} [\text{kg}^2/\text{Bq}]$	$c_{\text{p}} S_{\text{r}} l_{\text{r}} T_{\text{str}} =$ $c_l T_{\text{str}} [\text{Dj/K}^2]$
Gidravlik	$P_1 - P_2$ [H/m²]	dv/dt [m³/s]	V [m³]	$m v S$ [H·cm²]	$(8 \pi r l_p S^2)$ [H·cm³]	$(M l_b \rho^2 a^2)$ [m³/H]



2.4 - rasm. Konstruktsiya yechimini olish sxemasi

2.11. Konstruksiyaning optimal strukturasi 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.

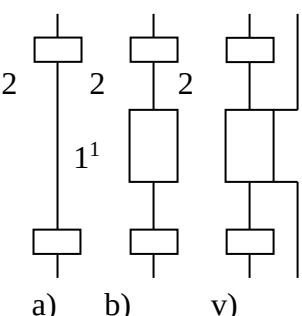
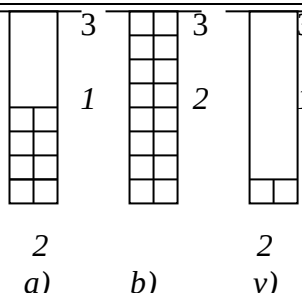
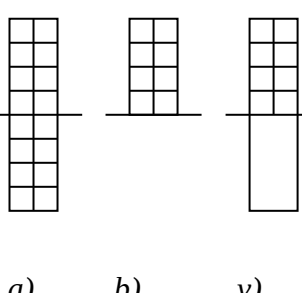
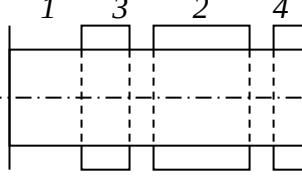
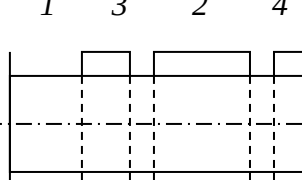
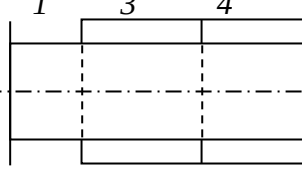
Shunday qilib, TIO' optimal strukturasi tanlash, o'zgartgichning texnik jihatdan amalga oshirish variantlarini qidirish va aniqlash ko'p kriteriyali optimallashtirish yordamida bajariladi.

Tahlil shuni ko'rsatadiki, TIO' ning turli tiplari (2.8- jadval) butun bir sinf uchun bitta umumiy o'zgartgichning fizik prinsipiga ($I_{ml}-G_t$) asoslangan. Shuning uchun sodda o'zgartgichni optimal strukturasi tanlash uchun texnik echimning 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 etarlicha katta. Bu berilgan FTE ning texnik amalga oshirish tavsiflari bo'yicha o'rtachalashtirishga binoan harakatni har bir fizik prinsipini o'rnatish imkonini beradi (2.8- jadval)

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 echimlarni beradi.

FTE ning u yoki bu texnik echimini, alternativ variantlar ichidan qidirish texnik echim variantlarini ko'p mezonli optimallashtirish asosida ekspluatatsion tavsiflar yig'indisi bo'yicha amalga oshirish mumkin, shuning uchun 2.8-jadvalda muhim ekspluatatsion tavsiflar keltirilgan: sezgirlik (S), diapazon (D), ishonchlilik (λ), xatolik (γ), o'zgarmas vaqt (T). Jadvaldagi TIO' ning ba'zi bir xususiyatlarini ko'rib chiqaylik.

2.8- jadval

№	O'zgartkich konstruksiyasi	S $\frac{Wt \cdot s}{k \cdot m}$	D	λ $\frac{1}{4}$	γ %	T s
1	 a) b) v)	0,15 0,10 0,12	1:20 1:10 1:15	$1 \cdot 10^{-5}$ $1 \cdot 10^{-6}$ $1 \cdot 10^{-6}$	1,0 1,5 1,5	0,01 2,0 3,0
2	 a) b) v)	1,2 1,5 0,95	1:10 1:10 1:8	$1 \cdot 10^{-6}$ $2 \cdot 10^{-6}$ $5 \cdot 10^{-6}$	0,5 0,6 1,0	2,5 3 3,5
3	 a) b) v)	1,5 0,9 0,1	1:15 1:8 1:10	$5 \cdot 10^{-6}$ $1 \cdot 10^{-6}$ $2 \cdot 10^{-6}$	2,0 2,5 2,5	4,0 6,0 7,0
4		12,0	1:10	$1 \cdot 10^{-6}$	1,5	15
5		13,0	1:10	$2 \cdot 10^{-6}$	1,0	15
6		14,0	1:10	$2 \cdot 10^{-6}$	2,0	10

Jadvaldagi (1.a) TIO‘ quyidagilardan tashkil topgan: metallardan yasalgan ingichka sim ko‘rinishidagi issiqlik o‘tkazgichi 1 sim 1¹ bilan birikkan, ushlagichlar 2 va 3 dan iborat. Elektr toki sim 1 ga yuborilganda, u qiziydi va qizigan issiqlik o‘tkazgichi bilan atrof-muhit orasida issiqlik almashuv protsessi o‘rnatiladi. Bunday o‘zgartgichning xarakterli xususiyati shundaki, qizdiruvchi va issiqlikka sezgir element funksiyasini bitta element- metallardan yasalgan sim 1 bajaradi. Ko‘pincha sim 1 ko‘prik o‘lchash sxemasining elkasida o‘rnatiladi, u erda elkadagi o‘lchash toki bir vaqtning o‘zida qizdiruvchi tok bo‘lib xizmat qiladi.

Yarim o‘tkazgichli termoqarshilikli termistorlar asosida TIO‘ larining keng qo‘llanilishi 2.8- jadvalda ko‘rsatilgan, u erda TIO‘lari birikkan (1.b) va ajratilgan issiqlikka sezgir va qizdiriladigan elementlardan (1.v) iborat. Yuqorida ko‘rsatilgan TIO‘ lar singari bu tipdagi o‘zgartgichlar ham 2 va 3 ushlagichlarga mahkamlangan. Yarim o‘tkazgichli o‘zgartgichlarning xarakterli xususiyati shundaki ular issiqlik tizimi ikki turli issiqlik o‘tkazgich uchastkalardan iborat: 1- uchastkada termoqarshilik yarim o‘tkazgichli jism ko‘rinishida va 2- uchastka misdan (yoki boshqa metaldan) yasalgan chiqish simi ko‘rinishida.

Yarim o‘tkazgichli issiqlik o‘zgartgichlar sezgirliги metalli issiqlik o‘zgartgichlardan tartibi bo‘yicha yuqori, lekin dinamik tavsiflari yupqa metall simlarnikidan past.

Metall va yarim o‘tkazgichli termosezgir elementlar asosidagi sterjenli issiqlik o‘zgartgichlar konstruksiyasi qator ishlarda tekshirilib keng tadbiiq etila boshlagan. Ammo o‘lchashga ta’sir qiladigan agressiv va boshqa ta’sirlar bilan bog‘liq bo‘lgan ishlab chiqarish sharoitida bu konstruksiyalarni qo‘llash ishonchli bo‘lmay qoladi va umuman ishlatib bo‘lmaydi. Eksploatatsiyaning og‘ir sharoitiga metall sterjenli issiqlik o‘tkazgichli TIO‘ lar ishonchli bo‘lib hisoblanadi. Ular turli tipdagi termosezgir elementlar bilan ta’minlangan bo‘ladi.

2.a –rasmda ko‘rsatilgan TIO‘ lar ikki uchastkadan iborat: issiqlik o‘zgartgichi 1 va 2, ulardan 1- issiqlik manbaisiz; 2- esa taqsimlangan issiqlik manbai bilan. Issiqlik manbai sifatida elektr va boshqa qizdiradigan elementlar (masalan issiqlik almashinuvchi, ximik va boshqalar) qo‘llanilishi mumkin. Termosezgir element

sifatida turli tipdagi to'plangan (termoelektrik termometrlar), hamda taqsimlangan (qarshilikning metall termometrlari, termometrik elementlar va boshqalar) termosezgir qurilmalar ishlatilishi mumkin. Ko'rib chiqilayotgan konstruksiyaning xarakterli xususiyati shundaki, issiqlik manbai nazorat qilinadigan muhitda joylashganligi va u ajratgan butun issiqlik oqimi to'liq o'lchash protsessida ishtirok etadi; shu bilan birga u chiqish signalini tuzadi, ya'ni issiqlikning parazit yo'qotishlari yo'q, bu esa o'zgartgichning aniqligini oshiradi.

2.b –rasmda ko'rsatilgan o'zgartgich taqsimlangan issiqlik manbai bilan ta'minlangan va nazorat qilinadigan muhitda joylashgan issiqlik o'tkazgichidan iborat. 2.v –jadvaldagi o'zgartgich oldingilaridan faqat issiqlik manbai 2 to'plangan ko'rinishda bajarilganligi bilan farqlanadi.

3.a-rasmda ko'rsatilgan o'zgartgich konstruksiyasi oldingilaridan farqi shuki, issiqlik manbai bir vaqtning o'zida 2 turli uchastkalarda 1 va 2 da, ulardan 1-nazorat qilinadigan muhitdan tashqarida. 2-esa nazorat qilinadigan muhitda joylashgan. Bu tipdagi o'zgartgichlarning o'zgartirish diapazoni keng va bu konstruksiya qulay hisoblanib, quvur devorlariga yoki boshqa texnologik qurilmalarga mahkamlanganda ishonchli xisoblanadi.

3.b –rasmdagi o'zgartgich konstruksiyasida nazorat qilinadigan oqimda gidravlik qarshilik tug'diruvchi element yo'q. Issiqlik manbai issiqlik o'tkazgich uchastkasining termosezgir elementlari nazorat qilinadigan muhitdan tashqarida joylashgan. Bunday o'zgartgichlar kichkina diametrli quvurlarda va agressiv yoki portlovchi xavfli muhitlarda ishlatishga qulaydir.

O'zgartgich sezgirligini oshirish maqsadida issiqlik manbaisiz bo'lgan issiqlik o'tkazgich uchastkasini 3.v-jadvalda ko'rsatilganidek qisman oqimda joylashtirish mumkin.

4-rasmda keltirilgan o'zgartgich konstruksiyasi quvurli issiqlik o'tkazgichi 1 dan, taqsimlangan qizdiruvchi element 2 dan va qizdirgich uchlaridan bir xil masofada joylashgan ikki sezgir to'plangan termosezgir elementlar 3 va 4 dan tashkil topgan. Bunday konstruksiyada termosezgir element sifatida termoelektrik

termometrlar va termistorlar qo'llaniladi. Bunday o'zgartgich asosida gaz va suyuqlikning kichik sarfli o'zgartgichlar ishlab chiqilgan.

5-rasmdagi o'zgartgich konstruksiyasida issiqlik manbai 2 va termosezgir elementlar 3 va 4 taqsimlangan ko'rinishda bajarilgan. Bunday konstruksiyalarda termosezgir element sifatida qarshilikning metalli termometrlari qo'llaniladi. Bu tipdagi o'zgartgich kichkina va juda kichik sarf talab qiladigan (gaz va suyuqliklarni) ekspluatatsiyaning og'ir sharoitida (yuqori bosim va boshqalar) o'zgartirishlar zarur bo'lganda qo'llaniladi.

6- rasmdagi o'zgartgichda 3 va 4 termosezgir elementlar 1- issiqlik o'tkazgichining o'qi bo'ylab taqsimlangan metall va yarim o'tkazgichli termoqarshilik ko'rinishida tayyorlanadi. Ular bir vaqtning o'zida qizdiruvchi hamda termosezgir element funksiyasini bajaradi.

TIO' texnik echimi ko'p mezonli optimallashtirishni ekspluatatsion tavsiflari asosida o'tkaziladi. Buning uchun hamma variantlarning har bir tavsifi bo'yicha alohida ajratiladi. Keyin nisbiy tavsiflar quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

a) sezgirlikning nisbiy qiymati S_i^* :

$$S_i^* = \frac{S_i}{S_{\max}}$$

bu yerda S_i - i-variant sezgirligi; $S_{\max}$ - ko'rib chiqilayotgan hamma variant sezgirligining maksimal qiymati;

b) diapazonning nisbiy qiymati D_i^*

$$D^* = \frac{D_i}{D_{\max}}$$

bu yerda D_i - i-variant diapazoni; $D_{\max}$ - maksimal diapazon;

v) inkor intensivligining nisbiy qiymati λ_i^*

$$\lambda_i^* = \frac{\lambda_{\min}}{\lambda_i}$$

bu yerda $\lambda_{\min}$ - ko'rib chikilayotgan hamma variantlar uchun inkor intensivligining minimal qiymati; λ_i - i-variant inkor intensivligi;

g) xatolikning nisbiy kiymati γ_i^*

$$\gamma_i^* = \frac{\gamma_{\min}}{\gamma_i}$$

bu yerda γ_i - i-variantning keltirilgan xatoligi; $\gamma_{\min}$ -ko‘rilayotgan variantlar xatoligining minimal qiymati;

d) vaqt doimiysining nisbiy qiymati T_i^*

$$T_i^* = \frac{T_{\min}}{T_i}$$

bu yerda T_i - i-variantning vaqt doimiysi; $T_{\min}$ -ko‘rilayotgan variantning vaqt doimiysining minimal qiymati.

Har bir variant uchun nisbiy tavsiflar yig‘indisi quyidagicha:

$$\sum N = S_i^* + D^* + \lambda_i^* + \gamma_i^* + T_i^*$$

Amalda har bir nisbiy tavsiflar uchun eng yaxshisi 1 ga teng bo‘lishi bo‘lsa, u holda eng yaxshi variant uchun $\sum N \rightarrow 5$ ga teng bo‘lishi o‘rinlidir.

2.12. Konstruksiyanı strukturali va parametrik optimallashtirish masalalari

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

- asosiy elementlar birikmasining optimal strukturasini 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 tamoyillarini 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 (2.9-2.11 jadvallar).

EMO' strukturasini tanlashni engillashtirish uchun EMO' ning ma'lum bo'lgan asosiy elementlar bankini tuzish zarur, shunda berilgan talablarga to'g'ri keladigan EMO'ning aniq strukturasini 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 elementlarni 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' strukturasini tanlash 2.5-rasmda keltirilgan algoritm orqali amalga oshiriladi. Shuni aytib o'tish kerakki, alohida elementlarni taqsimlash asosida EMO' strukturasini 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 erda 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 strukturasini izlash EHM yordamida bajariladi.

EMO' strukturasini tanlanganidan keyin elementlar optimal o'lchami va ularni joylashtirish o'rnini tanlashga o'tiladi.

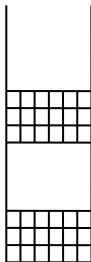
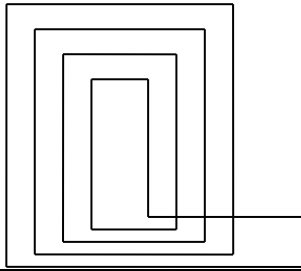
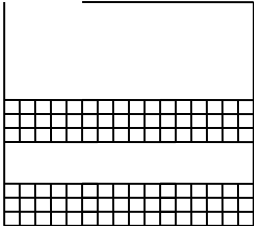
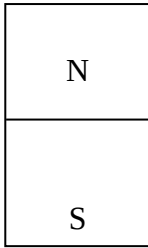
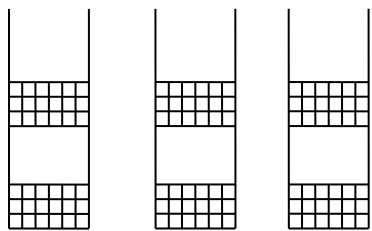
EMO' ning hamma asosiy tavsiflari magnit o'tkazgichning taqsimlangan magnit zanjiri bo'ylab magnit oqimlar $F_{\mu}(x)$ va magnit kuchlanish $F_{\mu}(x)$ ni taqsimlanish qonuniga bevosita bog'liq. O'z navbatida $F_{\mu}(x)$ va $F_{\mu}(x)$ taqsimlanishi havoli bo'shliqning $g_{\mu}(x)$ magnit o'tkazuvchanligining uzunlik solishtirma birligi, magnit o'tkazgich po'latining magnit qarshiligi, magnit sezgir element tipini, rejimini va chiqish signalini qayta ishlash sxemasini xisobga 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.

2.9- jadval

Elektromagnit siljishli oʻzgartkichi					
1. Magnit oʻtkazgichning 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	nochiziqlilik	5	
	4	6	diapazon	6	
	1	7	tezkorlik	7	
	2	8	ogʻirlilik	8	

EMO' ni parametrik optimallashtirishni o'ziga xosligi shuki, ularni loyihalashda qurish tamoyiliga bog'liq holda magnit oqimlarni 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.

2.10- jadval

Elektromagnit siljishli o'zgartkichi						
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 nochiziqlilik diapazon tezkorlik og'irlik	1		
	2	2		2		
	2	3		3		
	4	4		4		
	4	5		5		
	4	6		6		
	1	7		7		
	2	8		8		

Ko'pchilik birinchi gurux 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.

$$I[x, a(y)] = \min \sum_{i=0}^{i=N} B - Ax_i - f(x_i), \quad i = 0, N \quad (2.1)$$

yoki

$$I[x, a(y)'] = \min \max \{B - Ax_{onm} f(x_{onm})\} \quad (2.2)$$

Optimallashtirish natijasida oqim taqsimlanishining chiziqliligi ta'minlovchi magnit o'tkazgichning geometrik parametrlari (eni b , qalinligi h_1 , havoli bo'shliq balandligi h va boshqalar) aniqlanadi. Ikkinchi guruh EMO' magnit o'tkazgichining berilgan tipi uchun havoli bo'shliqdagi magnit oqimning maksimal tekisligini ta'minlash zarur. Bu o'z navbatida yuqori sezgirlik va EMO' statik tavsiflarning chiziqliligi ta'minlaydi.

$$I[x, a(y)] = \min \sum_{i=0}^{i=N} [\Phi(x_0) - \Phi(x_i)] \quad (2.3)$$

yoki

$$I[x, a(y)] = \min \max [\Phi(x_0) - \Phi(x_{onm})] \quad (2.4)$$

$$U_{\text{чик}} = f \left[X_{\text{куп}}, \bar{a}(y) \right], X_{\text{куп}} \in [X_{\text{bx min}}, X_{\text{bx max}}], \bar{a} \in D_{\bar{a}} \quad (2.5)$$

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:

$$\max S = \max (dU_{\text{чик}}/dU_{\text{Kir}})$$

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

$$\beta = 0.5 \frac{U_{\text{чик}}(X_{\text{куп}}) - \frac{U_{\text{чик}}(X_{\text{купmax}}) - U_{\text{чик}}(X_{\text{купmin}})}{X_{\text{купmax}} - X_{\text{купmin}}}}{U_{\text{чик}}(X_{\text{купmax}}) - U_{\text{вых}}(X_{\text{купmin}})} \quad (2.6)$$

Minimallashtirilayotgan funksiyaning ko'rinishi

$$I[X_{\text{куп}}, a(y)'] = \min \beta_{\text{max}} \quad (2.7)$$

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»

$$I\left[X_{\kappa up}, \bar{a}(\bar{y})\right] = \max \frac{S}{T_{\vartheta}} \quad (2.8)$$

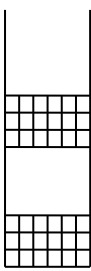
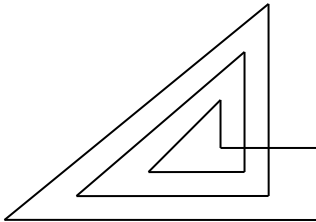
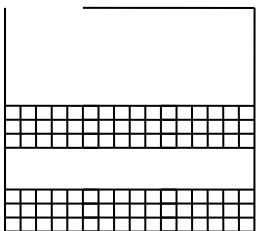
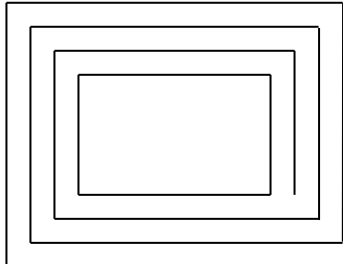
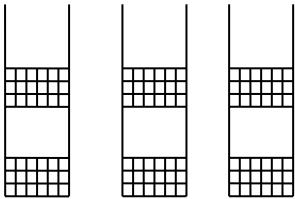
- «sezgirlik-aniqlik»

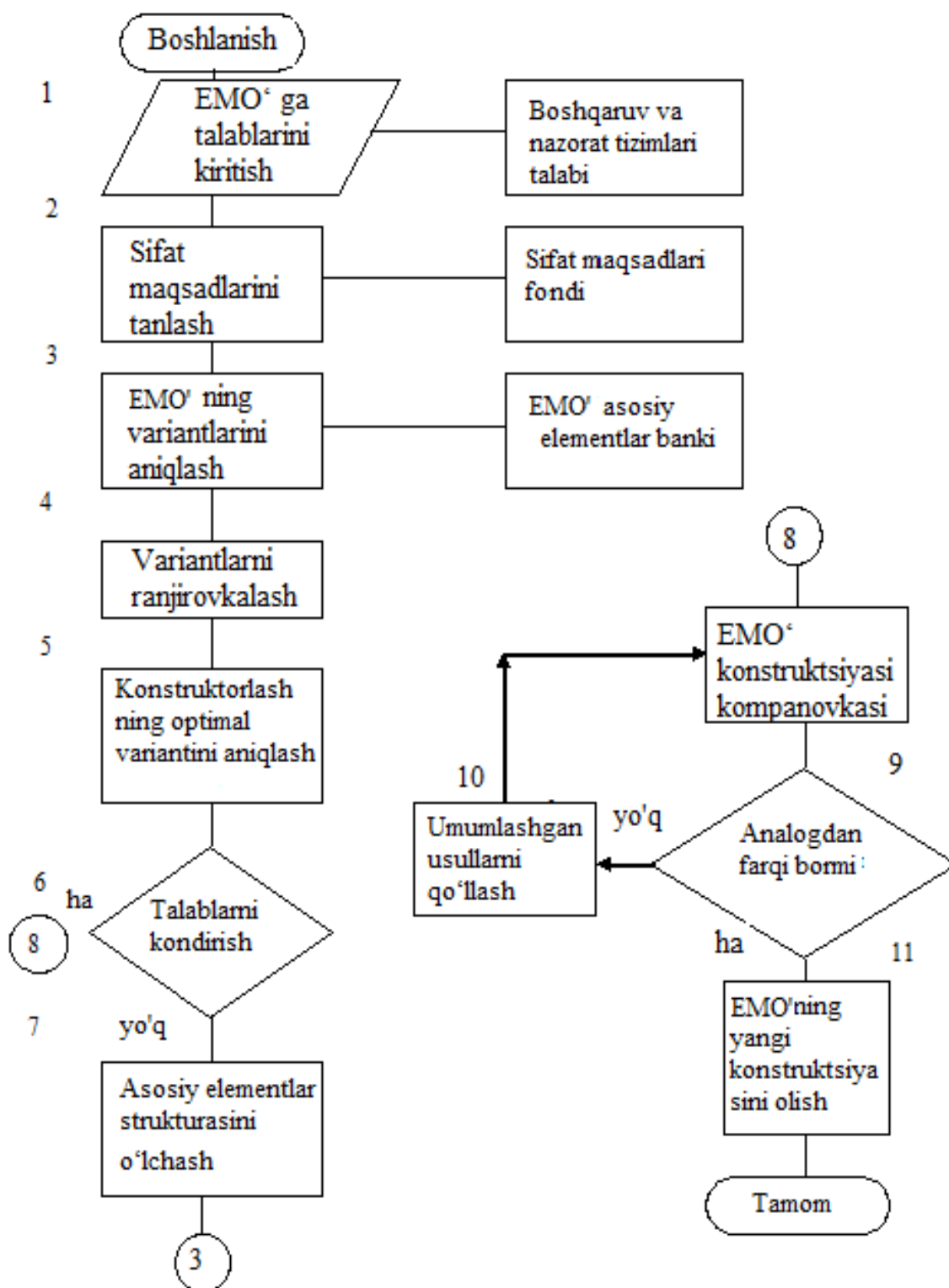
$$I\left[X_{\kappa up}, \bar{a}(\bar{y})\right] = \max \frac{S}{\beta_{\max}} \quad (2.9)$$

- «sezgirlik-tezkorlik-aniqlik»

$$I\left[X_{\kappa up}, \bar{a}(\bar{y})\right] = \max \frac{S}{\max T_{\vartheta}} \quad (2.10)$$

2.11- jadval

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



2.5- rasm. EMO' ni strukturali loyihalashni umumlashgan algoritmi

EMO' ni parametrik loyihalashni umumlashgan algoritmi 2.6 - rasmda keltirilgan. Unda parametrik optimallashtirish jarayoni bosqichma-bosqich

bajarilishi ko'zda tutilgan. Bloklarning mustaqilligi ularni alohida ishlab chiqishga va ularni avtomatlashtirilgan loyiha tizimlarida (ALT) ishlatishga imkon beradi. 2.6-rasmdagi algoritm bosqichlarini qisqacha ko'rib chiqaylik.

Modul 2 da oqim $F_r(x)$ taqsimlanishini yoki $F_g(x)$ taqsimlanishini optimallashtirish va hisob-kitob o'tkaziladi.

Modul 3 da berilgan oqim taqsimlanishiga erishilganlikka tekshirish o'tkaziladi. U qo'yilgan masalaga bog'liq holda chiziqli yoki funksional bo'lishi mumkin.

Berilgan $F_r(x)$ yoki $F_g(x)$ ga erishish uchun modul 4 da kattalik yoki parametrlarning zarur moslashuvi o'tkaziladi.

Modul 5 da asosiy tavsiflar: statik, dinamik, sezgirlik, xatolik va boshqalar hisob-kitobi qilinadi.

Modul 6 da optimallashtirish kriteriyasini tanlash va funksional hisob o'tkaziladi. Bu bosqich muhim hisoblanadi va umuman masalani echish samaradorligini aniqlaydi.

Modul 7 da o'xshash o'zgartgichlarni loyihalashda va hisob-kitob tajribasini hisobga olgan shakllanayotgan parametrlar bo'yicha boshlang'ich yaqinlashish tanlovi o'tkaziladi.

Modul 8 da loyihalashga berilgan va ishlab chiquvchining bor tajribasiga tayanib qidiruv chegarasi aniqlanadi.

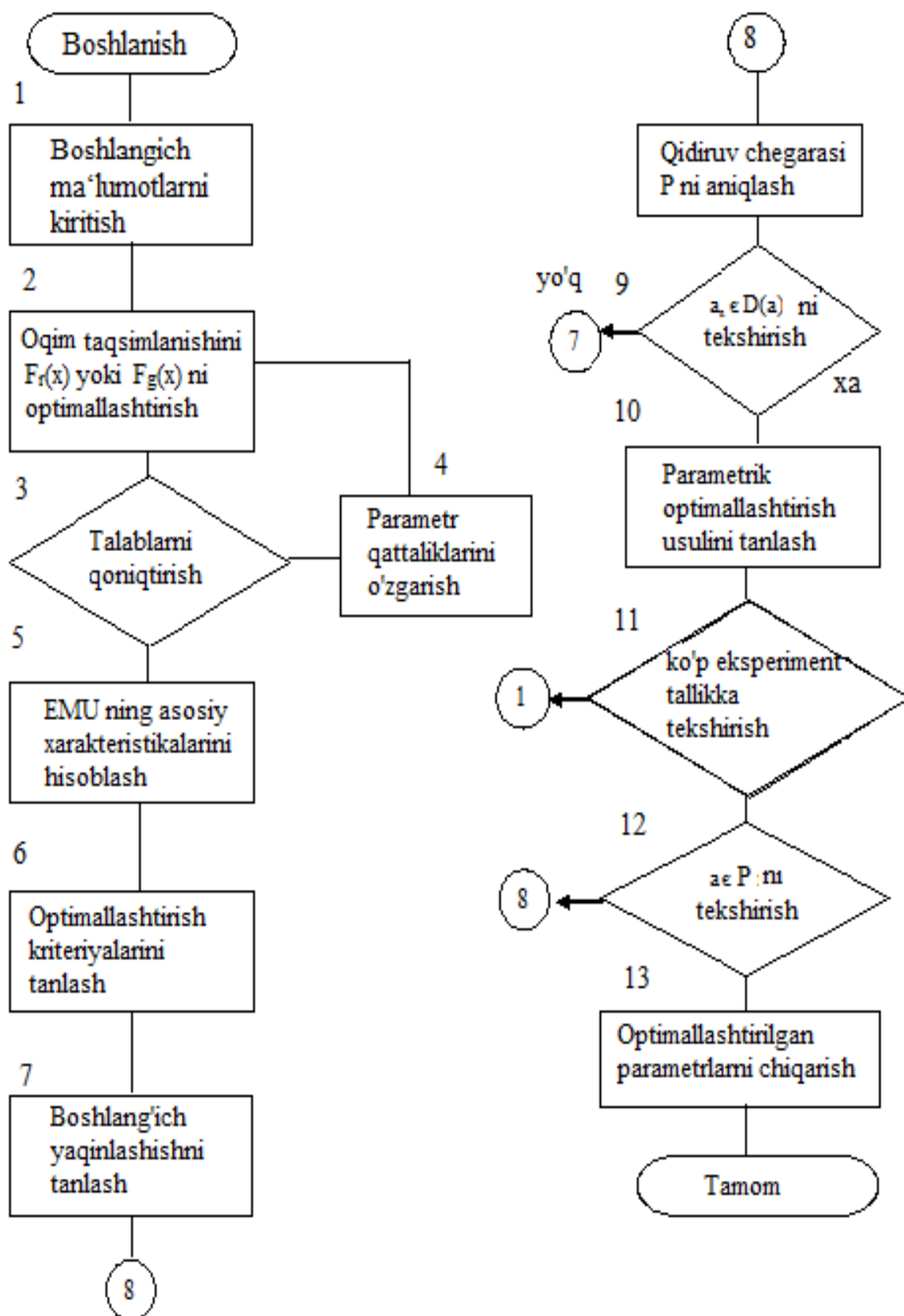
Modul 9 da ruxsat etilgan qiymatlar $D(a)$ chegarasidagi boshlang'ich yaqinlashishga tegishlilik tekshiriladi.

Modul 10 da qidirish usullari va algoritmlari tanlanadi. Bu modul ham asosiy hisoblanib, masala echimini aniqlaydi.

Modul 11 da masalaning ko'p eksperimentallikka tekshiriladi.

Modul 12 da qidiruv chegarasiga optimal echim $\vec{a}$ ning taalluqligi aniqlanadi.

Modul 13 da optimallashtirish natijasida topilgan parametrlarning chiqishi amalga oshiriladi.



2.6-rasm. EMO' ni parametrik loyihalashni umumlashgan algoritmi

2.13. Patentga loyiq konstruksiyalarni aniqlash

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

Odamzot 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 engillashtiruvchi asbob-uskunalar ixtiro qilishgan, chorvachilik va qishloq xo'jaligini o'zlashtirib, atrof muhitdan himoyalaniş 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 vassivilizatsiyalar rivojining doimiy yo'ldoshidir.

Insoniyat jamiyati o'z boshidan quldorlik, feodalizm, kapitalizm, sotsializmni kechirdi. XXI asrning boshida, asosiy rivojlantiruvchi kuchi raqobat bo'lgan bozor iqtisodiy tizim 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 keng yo'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 kurashning 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 texnologiyalarni 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 modellar, sanoat namunalari, shuningdek tovar belgilari va xizmat ko'rsatish belgilari, tovarlarning kelib chiqish joyi, firma nomlariga huquqlarni 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, kinofil'm yoki teatr pos-tanovkasi, 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 maxsulidir. Intellektual mulk obyektlariga quyidagilarni misol qilishligimiz mumkin: makola, 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 sanoatda qo'llaniladigan intellektual mulk obyektlariga aytiladi. Bu turdagi mulklar maxsus himoyalovchi hujjat orqali himoyalangani. Kashfiyotlar, foydali modellar, sanoat namunasi, xizmat ko'rsatish belgilari, tovarni kelib chiqish joyi - sanoat mulki obyektlaridir. Hamma sanoat mulki obyektlariga himoyalovchi hujjat - patent beriladi.

Patent – inglizcha soʻz *patents* boʻlib, alohida huquqlar beruvchi, boshqalardan ajratuvchi hujjat maʼnosini bildiradi. Patent qonun asosida beriladi. SHunday qilib, **patent** bu - himoya qiluvchi hujjatdir. U faqat sanoat mulki obyektiga beriladi va avtorlikni, ustunlikni tasdiklaydi. SHu bilan birga, patent egasi qoʻliga uni ishlatish huquqini beradi. SHu erda avtorlikka xam toʻxtalib oʻtamiz. **Avtorlik** - patentda haqiqiy ixtirochining ismini koʻrsatuvchi hujjatdir. Agar avtor patent egasi boʻlmasa, u avtor bilan patent egasi oʻrtasida tuzilgan shartnomaga asosan mukofot olish huquqiga ega. SHunday hollar ham boʻladiki, bir vaqtning oʻzida bir biriga bogʻliq emas holda bir xil ixtirolar yaratiladi. Bunday paytda ustunlik patent olish uchun joʻnatilgan talabnomadagi pochta muhridagi sanaga qarab beriladi.

Avtor ham patent egasi boʻlishi mumkin, agar ixtiro xizmat doirasida boʻlmasa. Agar ixtiro xizmat doirasida bajarilgan boʻlsa, ish beruvchi bu ixtiro faqat shaxsiy korxonasida tekinga ishlata olish huquqiga ega.

Patentni ishlatish huquqi nasldan-naslga oʻtadi. Patent qaysi davlatda berilgan boʻlsa, oʻsha davlatda haqiqiydir. Patent egasining huquqlari davlat tomonidan himoyalanaadi.

Mamlakatimizning asosiy qonuni Oʻzbekiston Respublikasi Konstitutsiyasidir. Konstitutsiya Oʻzbekiston 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 boʻlimi 36 - va 42 - moddalaridan kelib chiqqan holda ishlab chiqilgan.

Intellektual mulk obyektlarini yaratish, muhofazalash va foydalanish bilan bogʻliq huquqiy munosabatlar fuqarolik huquqi sohasi hisoblanadi va Oʻzbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi bilan tartibga solinadi.

Oʻzbekistonda intellektual mulk huquqlarini muhofazalash bilan bogʻliq masalalarni tartibga soluvchi quyidagi qonunlar amal qiladi:

1996 yil 30 avgustda qabul qilingan “Mualliflik huquqlari va turdosh huquqlar toʻgʻrisida”gi qonun;

1994 yil 6 mayda qabul qilingan va 1997 yil 26 dekabrda o'zgartirilgan "Ixtirolar, foydali modellar va sanoat namunalari to'g'risida"gi qonun;

1993 yil 7 mayda qabul qilingan va 1997 yil 26 dekabrda o'zgartirilgan "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 mikrochizmalar 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 berishi 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 etkazilmagan taqdirdagina cheklanishi mumkin.

Alohida huquqlar quyidagi hollarda cheklanishi mumkin:

- O'zbekistonda muhofaza qilinadigan ixtiro, foydali modellar, sanoat namunalari tarkibidagi qurilmalarni boshqa davlat, Parij 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'llanish. Vazirlar Mahkamasi milliy xavfsizlik manfaatlari yo'lida patentlangan obyektlardan foydalanish to'g'risida patent egasining roziligini olmasdan turib qaror qabul qiladi, lekin bunday hollarda obe'ktidan 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)

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

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

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 modelga 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 texnika 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 eng avvalo 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 turishlari 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'rifiga ko'ra sanoat namunalariga qandaydir bir obyekt tashqi ko'rinishining badiiy-konstruktorlik (dizayn) echimi kiradi.

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

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

Agar sanoat namunasining buyumning estetik va (yoki) ergonomik hususiyatlarini belgilovchi muhim belgilari (alamatlari) majmui uning ustuvorlik sanasidan oldin jahondagi nufuzli axborot manbalari orqali barchaga ma'lum bo'lmagan bo'lsa yangi deb tan olinadi.

Sanoat namunasining muhim belgilari majmui buyum estetik hususiyatlarning 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 namunasining mohiyati 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 soʻzlar bilan tavsiflash tasviriy axborotni tushuntirib berishni taʼminlaydi.* Odatda, sanoat namunalarining turlarini tavsiflash uchun quyidagi belgilardan foydalaniladi:

1. Murakkab kompozitsiyali, asosi keng hajmiy fazoviy tuzilishga ega boʻlgan buyumlar (masalan, dastgoh, qishloq xoʻjalik mashinasi, mototsikl va hokazo) quyidagi belgilar bilan tavsiflanadi:

- Kompozitsiya elementlarining mavjudligi;
- Elementlarning oʻzaro joylashishi;
- Kompozitsiya elementlarining shakli.

2. Yakka blokli kompozitsiyaga ega buyumlar (masalan, televizor, radiopremnik, shchit priborlari, qutichalar), 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 boʻladigan bu elementlarning plastik, grafik, rangli va faktura echimlari va yana boshqa belgilar.

Endi patent ekspertizasi patentga layoqatlilikni baholashda sanoat namunalariga qoʻyadigan asosiy talablarni koʻrib chiqamiz.

Ixtirolarni patent ekspertizasidan oʻtkazishdagi kabi, bu erda ham birinchi navbatda sanoat namunasining sanoatda qoʻllanishi tekshiriladi. Bu shartga muvofiq boʻlishi uchun sanoat namunasini tavsifida sanoat namunasida bajarilgan buyumning maqsadi va vazifasi koʻrsatilgan boʻlishi kerak. Shuningdek, bu buyumni noyob yoki sanoat namunasining ustuvorlik sanasigacha maʼlum boʻlmagan va tavsifnomada bayon etilmagan vosita va usullardan foydalanmay tayorlash imkoniyati ham tekshirib koʻriladi. Shunga eʼtiborni qaratamizki, faqat bir marta amalga oshiriladigan boʻlsa ham sanoatda qoʻllaniladi, deb tan olinadigan ixtirolardan (masalan, choʻkib ketgan nodir kemani suv tubidan koʻtarib olish) farqli ravishda, *sanoat namunasi bir necha marotaba qayta ishlab chiqariladigan yoki hosil qilinadigan boʻlishi zarur.*

Sanoatda qoʻllanilishi tekshirilgandan soʻng sanoat namunasining yangilik

shartlariga muvofiqligi tekshiriladi.

Agar sanoat namunasi belgilari bilan bir xil bo'lgan badiiy-konstruktorlik echimi ochib berilgan axborot manbai aniqlansa sanoat namunasini ushbu shartlarga muaofiq emas deb topiladi.

Sanoat namunasi yangiligini belgilashda barcha ma'lum va barcha foydalanishi mumkin bo'lgan ma'lumotlar (ya'ni chop etilgan manbalar)dan 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;

- ilgaridan ma'lum buyumga nisbatan faqat o'lchami o'zgartirilgan, elementlari 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) kichiraytirilgan yoki kattalashtirilgan nusxalaridan iborat buyumlar (masalan, o'yinchoqlar, suvenirilar);

- muayyan maqsadlarga mo'ljallangan buyumlarga xos shaklni takrorlovchi, lekin boshqa texnik asosda bajarilgan (masalan, odatda yog'ochdan ishlanadigan buyumga o'xshatib polimer materialdan tayorlangan) 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 malum bo‘lgan alohida buyumlardan tuzilgan to‘plamlar.

Xulosada shuni qayd etamizki, 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 muvoffaqiyatning garovi, raqobat kurashida esa ustunlikning omilidir.

2.14. Nazorat savollari, amaliy mashg‘ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

Nazorat savollari:

1. Optimal strukturani tanlash qanday amalga oshiriladi?
2. Kompanovka nima?
3. Magnit o‘tkazgichning parametrlari qanday aniqlanadi?
4. Parametrik optimallashtirish xususiyatlarini ayting.
5. Nima uchun asbobni tizim sifatida ko‘rish foydali?
6. Konstruksiya qo‘yiladigan umumiy talablarni ayting.
7. Maxsus talablar qachon qo‘yiladi?
8. Ishonchlilik nima?
9. Konstruktorlash bosqichlarini ayting.
10. Texnik topshiriq bosqichida nimalar o‘rnatiladi va qanday ishlar

bajariladi?

11. Texnik taklif nima uchun ishlab chiqiladi va unda qanday ishlar bajariladi?

12. Texnik loyiha bosqichida qanday hujjatlar tayyorlanadi?
13. Ishchi hujjatlar bosqichining maqsadi va vazifalari nimalardan iborat?
14. Konstruktorlik hujjatlar turini ayting.
15. Asbob ishiga ta’sir ko‘rsatuvchi omillarni ayting.

16. Qanday asosiy FTE larni bilasiz?
17. Qanday usulni qo'llash strukturani tanlashda samarali xisoblanadi? Nima uchun?
18. Patent va avtorlik tushunchalarini ta'riflang.
19. Patent qachon va kim tomonidan beriladi?
20. Sanoat va intellektual mulk obyektlarini ayting.
21. Patent egasining huquqlarini ayting.
22. Patent tozaligining talablarini ayting.
23. Optimal strukturani tanlash qanday amalga oshiriladi?
24. TIO' ning qanday turlarini bilasiz?
25. Ekspluatatsion va nisbiy tavsiflarni ayting.

Amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

1. Asboblarga va o'lchash o'zgartkichlari konstruksiyalariga bo'lgan talablarni tuzish.
2. Qurilmalar yaratishda modellashtirish usuli
3. Texnik qurilmalarining ekspluatatsion tavsiflarini baholash.
4. Konstruksiyalarning texnik hujjatlarini tayyorlash
5. Birlamchi o'lchash o'zgartkichlarini optimallashtirish masalalari.

Mustaqil ish mavzulari:

1. Tezlikni o'lchash mexanik va elektr datchiklari.
2. Suyuqlik va gazlarni issiqlik sarf datchiklari.
3. Chiziqli va burchakli siljish elektromagnit datchiklari.

3-Bob. Asosiy komponentlar fizikasi

3.1. Datchiklarning zamonaviy o'lchash texnikasida tutgan o'rni

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 ta'rif. Haqiqatan ham, u shunchalik kengki, inson ko'zidan tortib toki revolʼyerning tepkisigacha deyarli hamma narsani qamrab oladi. Suyuqlik sathini nazorat qiladigan, 3.1 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.

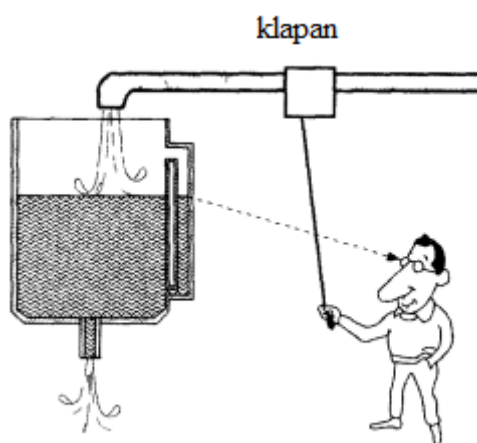
Bizni qurshab turgan olamni ikki qismga – tabiatga va inson tomonidan yaratilgan obyektlarga ajratish mumkin. Tabiiy sensorlar – har qanday tirik organizm ular bilan ta'minlangan bo'ladi – elektrokimyoviy signallarga reaksiya ko'rsatadi, ya'ni ularning fizikaviy harakat tamoyili asab to'qimalarida ionlarning 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 erda 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, aytish mumkinki, 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.



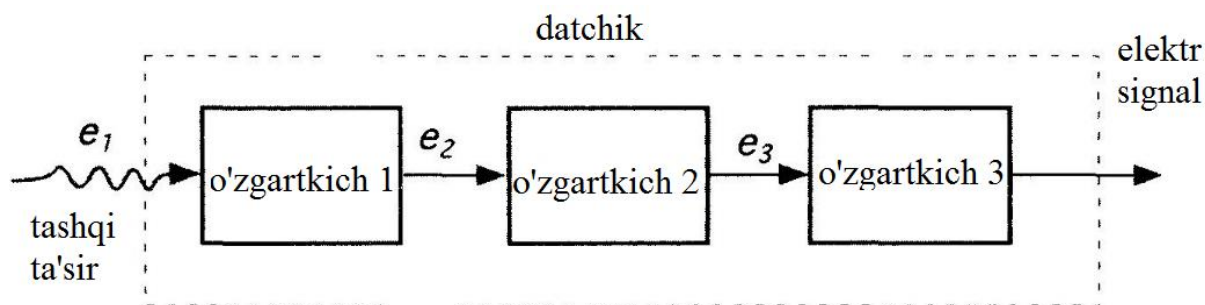
3.1-rasm.Suv sathini nazorat qilish tizimi

3.2 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 aniq-ravshan 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 bo'ladi, 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 xolat, 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.



3.2-rasm. Datchik bir nechta o'zgartkichlardan 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 (3.2- 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.

3.3 Ma’lumotlar to‘plash tizimida datchiklarning roli

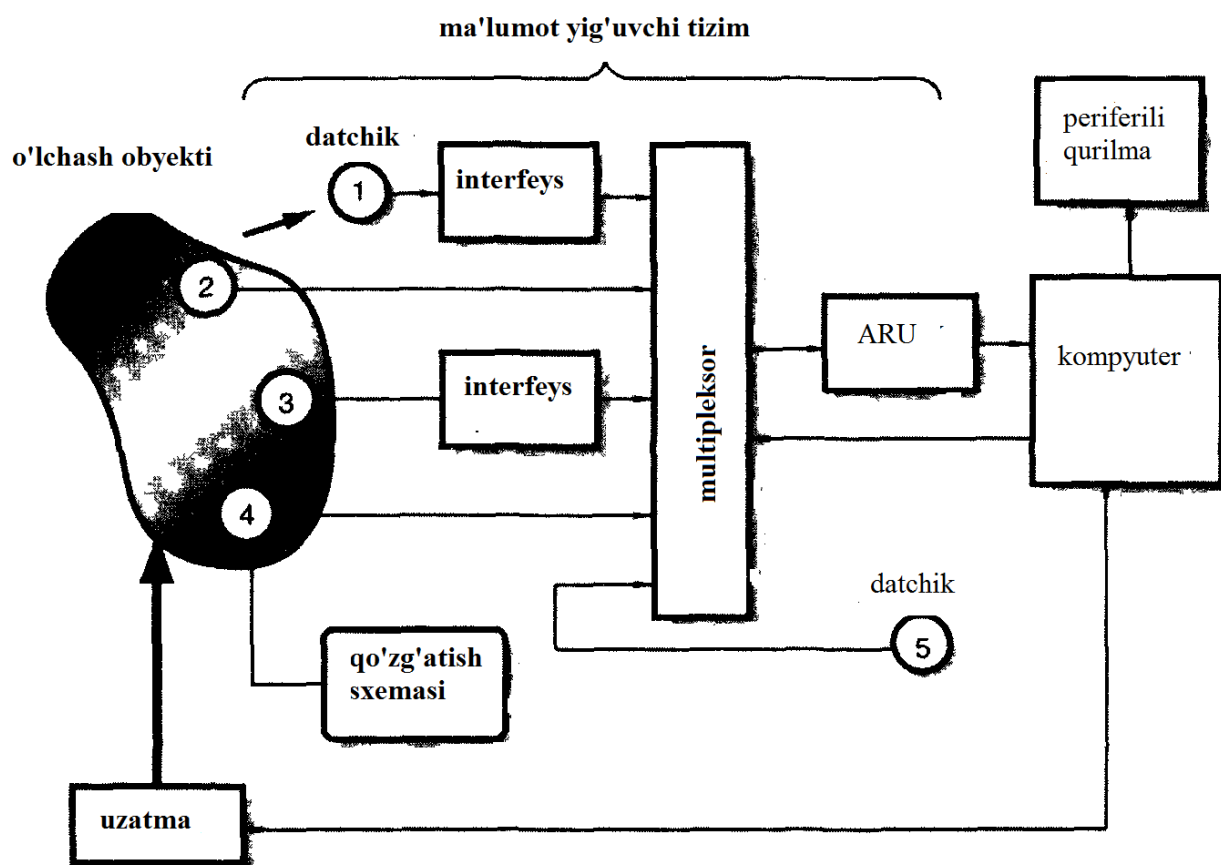
Amaliyotda datchiklar o‘z-o‘zicha ishlamaydi. Ular, qoidaga ko‘ra, o‘lchash tizimlarining tarkibiga kiradi, bu tizimlar ko‘pincha etarlicha katta bo‘ladi, ko‘plab turli detektorlar, signallarni qayta o‘zgartkichlar, signal protsessorlari, eslab qolish

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 asboblarining 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.

3.3-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 hisoblanadi. Uning ishlashini ta'minlash uchun qo'zg'atish sxemasidan olinadigan yordamchi signal zarur bo'ladi. Bunda datchik

bu signalni o'lchanadigan parametrning 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.



3.3-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 erda 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. Kristallning 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. Mikroto'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 lozim va itlar yoki mushuklar kabi kichik jonivorlarning harakatiga hech qanday reaksiya ko'rsatmasligi lozim.

3.4. Datchiklarning asosiy vazifalari va tasniflanishi

Tasniflash tizimlari turli-tuman – eng oddiydan eng murakkabgacha bo'lishi mumkin. Tasniflash mezoni 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.

Datchiklarni 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 hisoblanadi, chunki 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 yondashuv 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.

3.5. Datchiklarning asosiy tavsiflari

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 erda faqatgina ularning kirishlari va chiqishlaridagi signallar o'rtasidagi o'zaro nisbatlar muhim bo'ladi.

3.5.1 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:

$$S = f(x).$$

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 funktsiyani quyidagi ko'rinishda taqdim qilish mumkin:

$$S = a + bs \quad (3.1)$$

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 hususiyatlariga bog'liq ravishda bu amplituda, chastota yoki faza bo'lishi mumkin.

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

$$S = a + b \ln s \quad (3.2)$$

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

$$S = ae^{ks} \quad (3.3)$$

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

$$S = a_0 + a_1 s^k \quad (3.4)$$

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:

$$b = \frac{dS(s_0)}{ds} \quad (3.5)$$

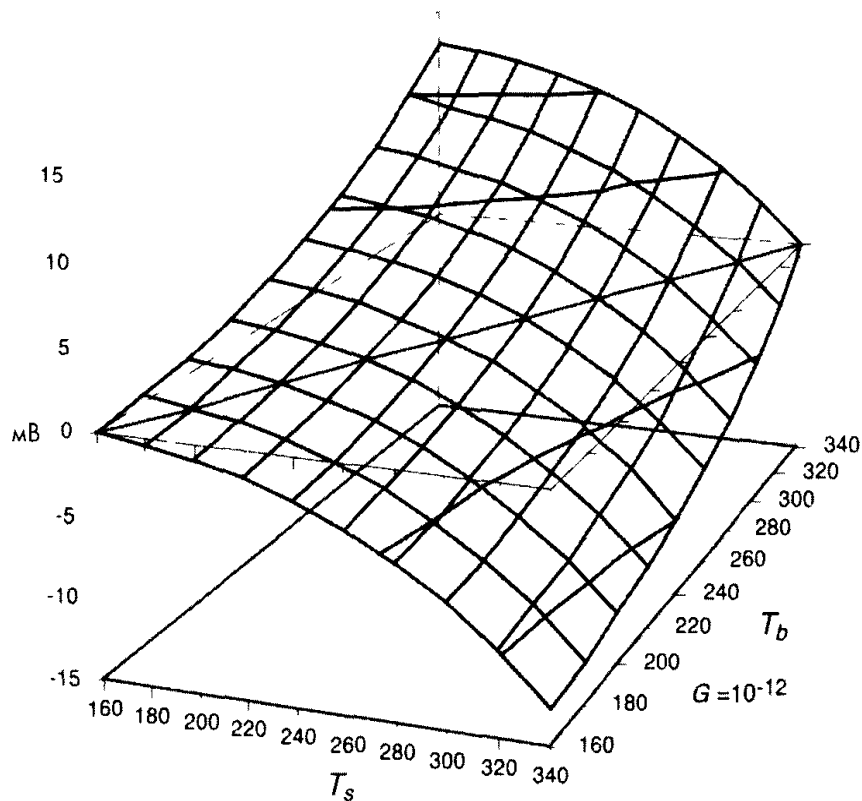
Ko'pgina hollarda nochiziqli datchiklar chegaralangan qiymatlar diapazonining ichida chiziqli deb hisoblanishi mumkin. Kengroq qiymatlar diapazoni uchun uzatish funksiyasi bir nechta to'g'ri chiziqlarning kesmalari ko'rinishida taqdim qilinadi. Bu bo'lakli-chiziqli approksimatsiya deb ataladi. Berilgan uzatish funksiyasini chiziqli bog'lanish ko'rinishida taqdim qilish mumkin bo'lishi yoki mumkin bo'lmashligini 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 elementi yuzasining absolyut haroratini) V kuchlanish bilan bog'laydi:

$$V = G(T_b^4 + T_s^4) \quad (3.6)$$

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 sezgirligini aniqlash uchun (3.6) dan hususiy hosila olish kerak bo'ladi:

$$b = \frac{dV}{dT_b} = 4GT_b^3 \quad (3.7)$$



3.1. rasm. Infraqizil harorat datchigining ikki o'lchamli uzatish funksiyasi

3.1- rasmda (3.6) 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, bu masala 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.

3.5.2 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 noxiziqli 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 noxiziqli bo'lib hisoblanishi sababli past darajali signallar unda katta echim 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:

$$1db = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \quad (3.8)$$

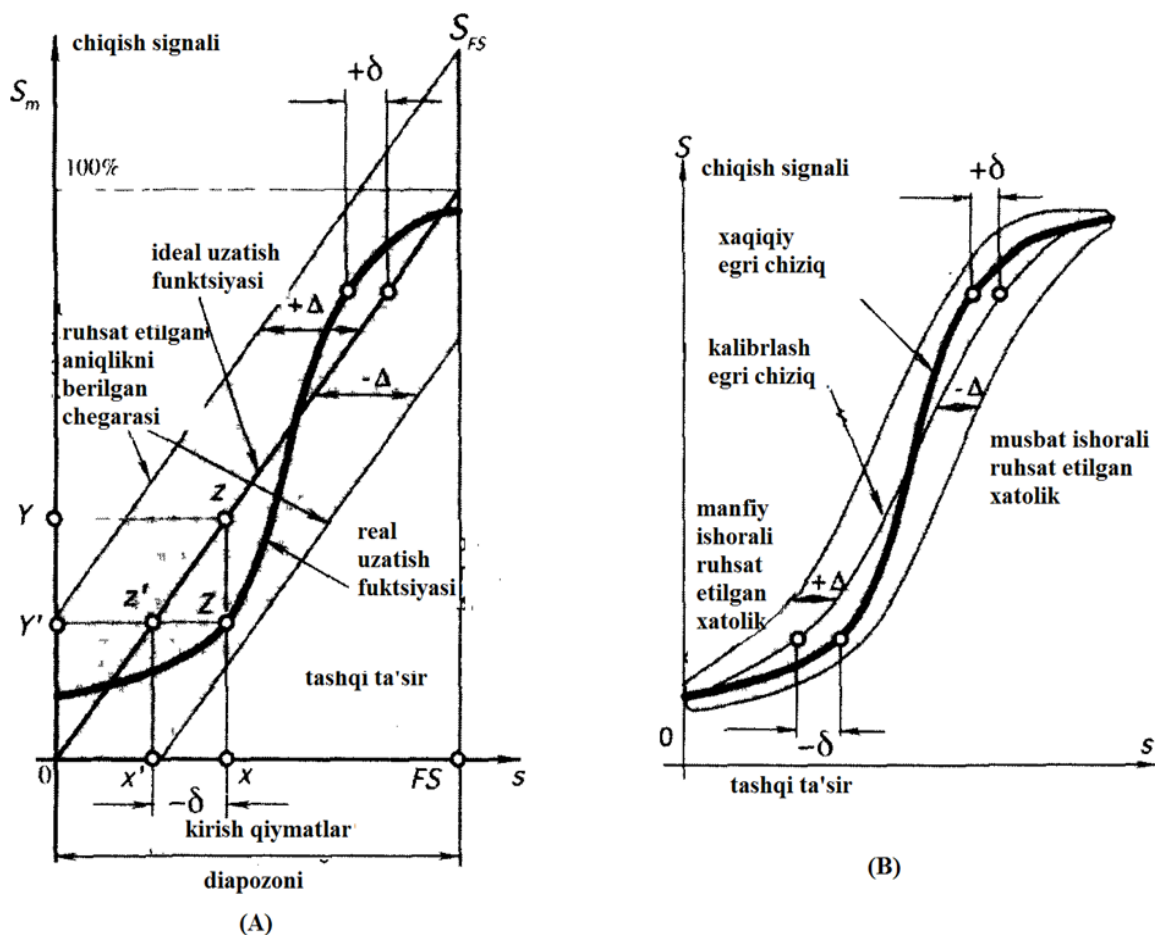
Bundan kelib chiqish bilan shuni tasdiqlash mumkinki, detsibel kuch, tok va kuchlanishlar nisbatlarining logarifmlarini 20 martaga oshiradi, ya'ni:

$$1db = 20 \log \frac{S_2}{S_1} \quad (3.9)$$

3.5.3 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. 3.2A- rasmda S_{FS} kattalik chiqish qiymatlari diapazonini aks ettiradi.



3.2.- rasm. Uzatish funksiyasi (A) va yo'l qo'yiladigan xatoliklar chegaralari (B)

3.5.4 Aniqlik

Aniqlik – har qanday datchikning o'ta muhim tavsifidir. To'g'ri, datchikning aniqligi to'g'risida gapirilganda ko'pincha uning *noaniqligi* yoki *o'lchashlar xatoligi* tushuniladi. 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 sezgirliigi 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 $S = 10,5\text{ mV}$. Bu qiymatni invers uzatish funksiyasi yordamida aylantirish bilan bunday kuchlanishda obyektning siljishi $s_x = S/b = 10,5\text{ mm}$ 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.

3.2A- 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 (3.2A-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. 3.2B-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 foyizlarda;
3. Chiqish signalining birliklarida.

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

3.5.5 Kalibrlash

Agar ishlab chiqarishda datchikka yo‘l qo‘yilishlar va interfeysga (signallarni qayta shakllantirish sxemalari) yo‘l qo‘yilishlar tizimning talab qilinadigan aniqligidan ortiq bo‘lsa, har doim kalibrlashni o‘tkazish zarur bo‘ladi. Masalan, haroratni spravochnik materiallariga ko‘ra $\pm 1^{\circ}\text{C}$ xatolikka ega bo‘lgan datchik bilan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ aniqlikda o‘lchash talab qilinsin. Buni faqatgina aniq datchikni kalibrlashni o‘tkazgandan keyin qilish mumkin bo‘ladi, kalibrlash uning individual uzatish funksiyasini topish uchun zarur bo‘ladi, buni shuningdek tizimni to‘liq kalibrlashdan o‘tkazgandan keyin qilish mumkin bo‘ladi. To‘liq kalibrlashni o‘tkazish jarayonida datchik, interfeys qurilmasi va analog-raqamli qayta shakllantirgichni o‘z ichiga oladigan butun tizimning uzatish funksiyasini tasvirlaydigan koeffitsiyentlar aniqlanadi. Agar uzatish funksiyasining ifodasi chiziqli bo‘lsa ((3.1) tenglama), u holda a va b koeffitsiyentlarni aniqlash zarur bo‘ladi, agar ifoda eksponensial bo‘lsa ((3.3) tenglama) – u holda a va k koeffitsiyentlarni aniqlash zarur bo‘ladi va hokazo. Chiziqli uzatish funksiyasiga oddiy misolni ko‘rib chiqamiz. To‘g‘ri chiziqni tasvirlaydigan koeffitsiyentlarni topish uchun ikkita tenglamaga ega bo‘lish kerakligi sababli, kalibrlashni eng kamida ikkita nuqtada o‘tkazishga to‘g‘ri keladi. Misol sifatida to‘g‘ri siljirilgan r - n o‘tish asosida qurilgan yarim o‘tkazgichli harorat datchigini olamiz. Yuqori aniqlik bilan shuni tasdiqlash mumkinki, uning uzatish funksiyasi (harorat – kirish signali, kuchlanish – chiqish signali) chiziqli bo‘lib hisoblanadi va quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$V = a + bt \quad (3.10)$$

a va b konstantalarni aniqlash uchun datchikni ikkita muhitga – biri t_1 haroratga, ikkinchisi t_2 haroratga ega bo‘lgan muhitga joylashtirish va ikkita mos

keluvchi v_1 va v_2 kuchlanishlarning qiymatlarini o'lchash zarur bo'ladi. Shundan keyin bu kattaliklarni (3.10) ifodaga o'rniga qo'yish kerak bo'ladi:

$$\begin{aligned} v_1 &= a + bt_1 \\ v_2 &= a + bt_2 \end{aligned} \quad (3.11)$$

va konstantalarning qiymatlari topiladi:

$$b = \frac{v_1 - v_2}{t_1 - t_2}, \quad a = v_1 - bt_1 \quad (3.12)$$

Chiqish kuchlanishidan haroratni olish uchun o'lchangan kuchlanish qiymatini uzatish funksiyasining invers ifodasiga o'rniga qo'yish zarur bo'ladi:

$$t = \frac{v - a}{b} \quad (3.13)$$

Ba'zi bir hollarda konstantalardan biri etarlicha aniqlik bilan oldindan aniqlangan bo'lishi mumkin, bunda kalibrlashni ikkita nuqtada o'tkazishga zarurat bo'lmaydi. p - n o'tishga ega bo'lgan xuddi o'sha harorat datchigi uchun b uzatish funksiyasining egilishi ma'lum bir tipdagi yarim o'tkazgichlar uchun odatda yaxshi qayta yaratiladigan kattalik bo'lib hisoblanadi. SHunda agar tanlangan tipdagi diod uchun b ning kattaligi ma'lum bo'lsa, masalan, $b = 0,002268 \text{ V/}^\circ\text{C}$ bo'lsa, a koeffitsiyentni topish uchun kalibrlashni bitta nuqtada o'tkazish yetarli bo'ladi: $a = v_1 + 0,002268t_1$.

Nochiziqli funksiyalar uchun kalibrlashni ikkitadan ko'p bo'lgan nuqtalarda o'tkazish talab qilinadi. Zarur bo'ladigan kalibrlashlar soni matematik ifodaning turi bilan belgilanadi. Agar uzatish funksiyasi polinomial bog'lanish bilan modellashtirilsa, kalibrlash nuqtalarining soni talab qilinadigan aniqlikka bog'liq ravishda tanlanadi. Qoidaga ko'ra, kalibrlash jarayoni etarlicha ko'p vaqtni talab qilishi sababli, datchiklarni ishlab chiqarish narxini pasaytirish uchun ishlab chiqarishda kalibrlash nuqtalarining soni minimal qilib beriladi.

Bo'lakli-chiziqli approksimatsiyalashni qo'llash nochiziqli datchiklarni kalibrlashga boshqa bir yondashuv bo'lib hisoblanadi. Yuqorida eslatib o'tilganidek, har qanday egri chiziqni etarlicha kichik interval oralig'ida tenglama bilan tasvirlanadigan chiziqli funksiya bilan almashtirish mumkin. Shu sababli

nochiziqli uzatish funksiyasini ularning har biri o'zlarining a va b koeffitsiyentlariga ega bo'lgan chiziqli kesmalar kombinatsiyasi ko'rinishida taqdim qilish mumkin. O'lchashlar paytida avvalambor olingan S kuchlanish approksimatsion funksiyaning kaysi kesmasida joylashganligini aniqlash zarur bo'ladi, shundan keyin mos keluvchi a va b koeffitsiyentlar tanlanadi va (3.13) tenglama yordamida tashqi ta'sirning qiymatini hisoblash mumkin bo'ladi.

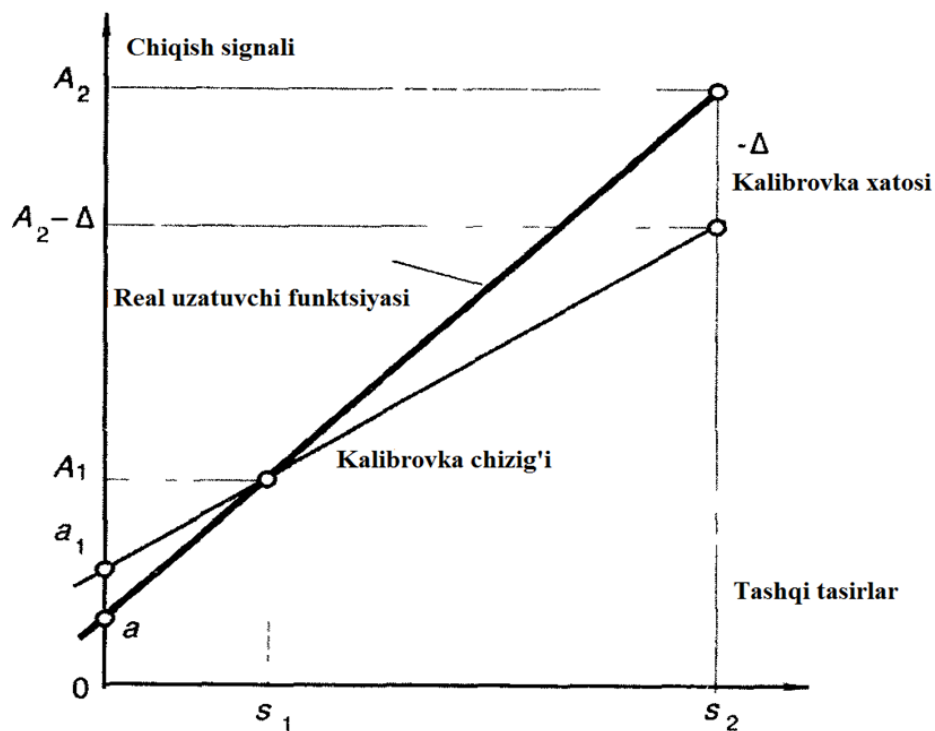
Datchiklarni kalibrlashni o'tkazish uchun mos keluvchi tashqi ta'sirni modellashtirish imkonini beradigan aniq fizikaviy etalonlarga ega bo'lish muhim bo'ladi. Masalan, kontaktli harorat datchigini kalibrlashda uni ularda haroratni aniq rostlash imkoniyati mavjud bo'lgan yoki suvli rezervuarga joylashtirish zarur bo'ladi. Infraqizil datchiklarni kalibrlashda qora jismning bo'lishi talab qilinadi, gigrometrlarni kalibrlash uchun esa – yopiq konteynerda doimiy nisbiy namlikni ushlab turish uchun foydalaniladigan to'yingan tuzlar eritmalarining bo'lishi talab qilinadi va hokazo. Bundan yaqqol ko'rinib turibdiki, keyingi o'lchashlarning aniqligi kalibrlashni o'tkazish aniqligiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'ladi. Kalibrlash etalonlarining xatoligi o'lchashlarning to'liq xatoligiga kirishi lozimligi ko'rsatiladi.

3.5.6 Kalibrlash xatoligi

Kalibrlash xatoligi – bu ishlab chiqaruvchi tomonidan datchikni zavodda kalibrlash paytida yo'l qo'yilgan xatolikdir. Bu xatolik tizimli tavsifga ega bo'ladi, va demak, barcha real uzatish funksiyalariga qo'shiladi.

Kalibrlash xatoligi datchikning qayta shakllantirish tavsifini har bir nuqtada ma'lum bir kattalikka siljitadi. U butun o'lchashlar diapazonida bir tekis bo'lishi shart emas va kalibrlash jarayonida yo'l qo'yilgan xatoning tipiga bog'liq bo'lishi mumkin. Misol sifatida 3.3- rasmda qalin chiziq bilan ko'rsatilgan real uzatish funksiyasini ikkita nuqtada kalibrlashni ko'rib chiqamiz. Egilish va funksiyaning boshlang'ich siljishini aniqlash uchun datchikka ketma-ket ikkita s_1 va s_2 tashqi ta'sirlarni beramiz va mos keluvchi ikkita A_1 va A_2 chiqish signallarini qayd

qilamiz. Birinchi signal mutlaqo aniq o'lchangan, biroq ikkinchi signalni aniqlashda Δ xatolikka yo'l qo'yilgan, bu a va b koeffitsiyentlarni aniqlashda xatolarga olib kelgan.



3.3.-rasm. Kalibrlash xatoligi

Boshlang'ich siljishning olingan a_1 qiymati a real qiymatdan quyidagi kattalikka farq qiladi:

$$\delta_a = a_1 - a = \frac{\Delta}{s_2 - s_1} \quad (3.14)$$

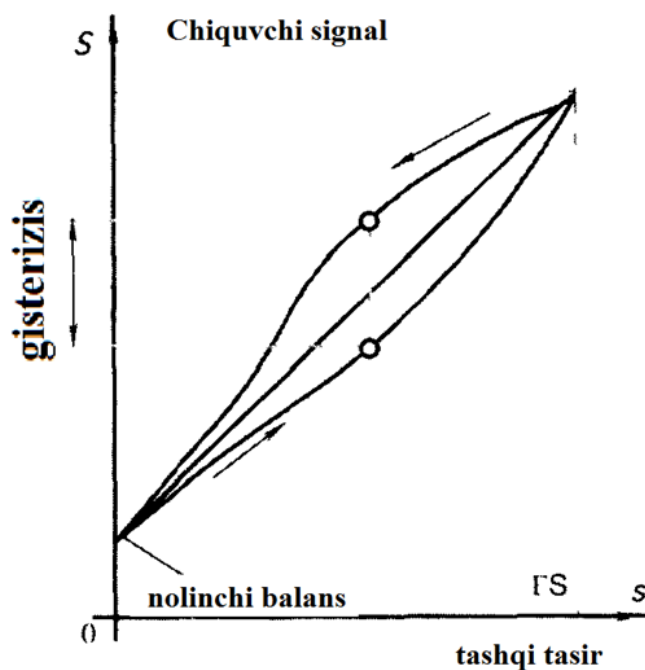
Egilish esa quyidagi xatolik bilan aniqlanadi:

$$\delta_b = - \frac{\Delta}{s_2 - s_1} \quad (3.15)$$

3.5.7 Gisterezis

Gisterezis – bu huddi o'sha bitta kirish signali uchun uning ortishida va kamayishida olingan chiqish signallari qiymatlarining farqidir (3.4- rasm).

Masalan, aytaylik siljishlar datchigining ko'rsatishlari obyekt chapdan o'ngga qarab harakatlenganda obyektning xuddi o'sha nuqtada o'ngdan chapga qarab harakatlengandagi qiymatidan 20 mV ga farq qilsin. Agar datchikning sezgirligi 10 mV/mm ni tashkil qilsa, gisterezis xatosi siljish birliklarida 2 mm ni tashkil qiladi. Gisterezis vujudga kelishining tipik sababi ishqalanish va materialdagi strukturaviy o'zgarishlar bo'lib hisoblanadi.



3.4-rasm. Gisterezisga ega bo'lgan uzatish funksiyasi

3.5.8 Nochiziqlilik

Nochiziqlilik ularning uzatish funksiyalarini to'g'ri chiziq bilan approksimatsiyalash mumkin bo'lgan ((3.1) tenglama) datchiklar uchun aniqlanadi. Nochiziqlilik deganda real uzatish funksiyasining approksimatsiyalaydigan to'g'ri chiziqdan L maksimal chetlashishi tushuniladi.

“Chiziqlilik” deganda aslida “nochiziqlilik” tushuniladi. Kalibrlashning bir nechtassikllarini o'tkazishda nochiziqlilikning olingan qiymatlaridan eng yomoni tanlanadi. Nochiziqlilik odatda yoki maksimal kirish signalidan foyizlarda yoki

o'lchanadigan kattalikning birliklarida (masalan, kRa yoki °C) ifodalanadi. Approksimatsiya chizig'ini o'tkazish usuliga bog'liq ravishda chiziqlashtirishning bir nechta tipi farqlanadi. Bu usullardan biri – to'g'ri chiziqni uzatish funksiyasining *oxirgi* nuqtalari orqali o'tkazishdir (3.5A- rasm). Buning uchun avval eng katta va eng kichik tashqi ta'sirlarga mos keladigan chiqish qiymatlari aniqlanadi, shundan keyin bu nuqtalar orqali to'g'ri chiziq o'tkaziladi (1 chiziq). Bunday chiziqlashtirishda nochiqlik xatoligi oxirgi nuqtalarda minimal va ularning oralig'ida qaeradir maksimal bo'ladi.

Boshqa bir chiziqlashtirish usuli *eng kichik kvadratlar uslubini* qo'llashga asoslanadi (3.5A- rasmda 2 chiziq). Buning uchun o'lchanadigan kattaliklarning keng diapazonida (eng yaxshisi to'liq diapazonida) s tashqi ta'sirlarning bir qator qiymatlari (n) uchun S chiqish signallari o'lchanadi. Shundan keyin chiziqli repressiya formulasini qo'llash bilan a va b koeffitsiyentlarning qiymatlari aniqlanadi:

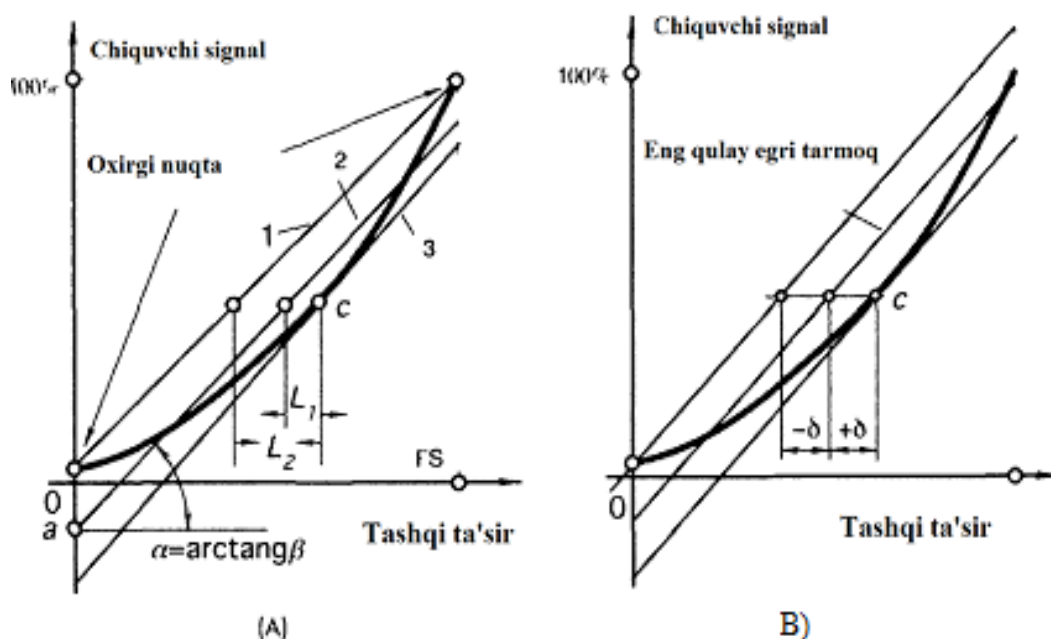
$$a = \frac{\sum s \sum s^2 - \sum s \sum sS}{n \sum s^2 - (\sum s)^2}, \quad b = \frac{n \sum sS - \sum s \sum S}{n \sum s^2 - (\sum s)^2} \quad (3.16)$$

bunda Σ – n sonlarning yig'indisi.

Amaliyotda, ba'zi bir hollarda kirish signallarining tor diapazonida chiziqlashtirishning katta aniqligi talab qilinishi mumkin. Masalan tibbiyot termometrlari 37°C ... 38°C diapazonda oshirilgan aniqlikka ega bo'lishi lozim. Bu zonadan tashqarida aniqlik biroz pastroq bo'lishi mumkin. Bunday holda kalibrlash aniqlik talab qilinadigan tor sohada o'tkaziladi, shundan keyin s kalibrlash nuqtasi orqali approksimatsiyalash chizig'i o'tkaziladi (3.5A- rasmda 3 chiziq). Bunday protsedura natijasida eng kichik nochiqlik qiymatiga kalibrlash nuqtasi zonasida erishiladi, o'lchashlar diapazonining oxirlariga yaqin joylarda esa chiziqlik sezilarli darajada yomonlashadi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, mazkur uslubda approksimatsiya chizig'i ko'pincha uzatish funksiyasiga s kalibrlash nuqtasida

tegib o‘tadigan urinma bo‘lib hisoblanadi. Agar real uzatish funksiyasi uchun ifoda ma’lum bo‘lsa, bu chiziqning egilishini (3.5) tenglama bo‘yicha topish mumkin.

Mustaqil chiziqlashtirish uslubi ko‘pincha “eng yaxshi to‘g‘ri chiziq uslubi” deb ataladi (3.5A- rasm). U bir-biriga mumkin qadar yaqin joylashgan va real uzatish funksiyasining barcha chiqish qiymatlarini qamrab oladigan ikkita parallel to‘g‘ri chiziqning o‘rtasidan o‘tadigan to‘g‘ri chiziqni topishdan iborat bo‘ladi.



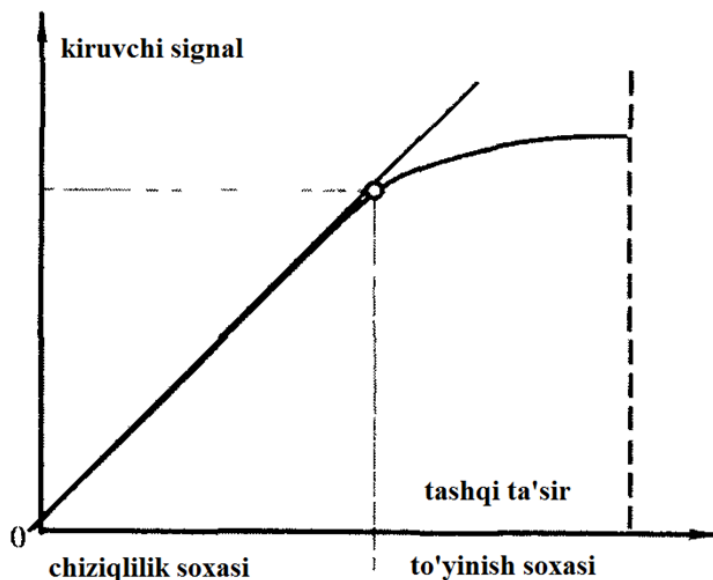
3.5A.-rasm. Nochiziqli uzatish funksiyasini chiziqli approksimatsiyalash (A) va mustaqil chiziqlashtirish (B)

Chiziqlashtirish uslubiga bog‘liq ravishda approksimatsiyalaydigan chiziqlar turlicha a va b koeffitsiyentlarga ega bo‘ladi. Shundan kelib chiqqan holda, turlicha usullar bilan olingan nochiziqlilik qiymatlari bir-biridan jiddiy farq qilishi mumkin.

3.5.9 To‘yinish

Har bir datchik o‘zining ishchi tavsiflarining chegaralariga ega bo‘ladi. U hatto chiziqli bo‘lib hisoblangan taqdirda ham, tashqi ta’sirning ma’lum bir

darajasida uning tashqi signali keltirilgan chiziqli bog‘lanishga javob bera olmay qoladi. Bunday holda datchik nochiziqlilik zonasiga yoki to‘yinish zonasiga kirdi deyiladi (3.6 rasm).



3.6.- rasm. To‘yinishga ega bo‘lgan uzatish funksiyasi

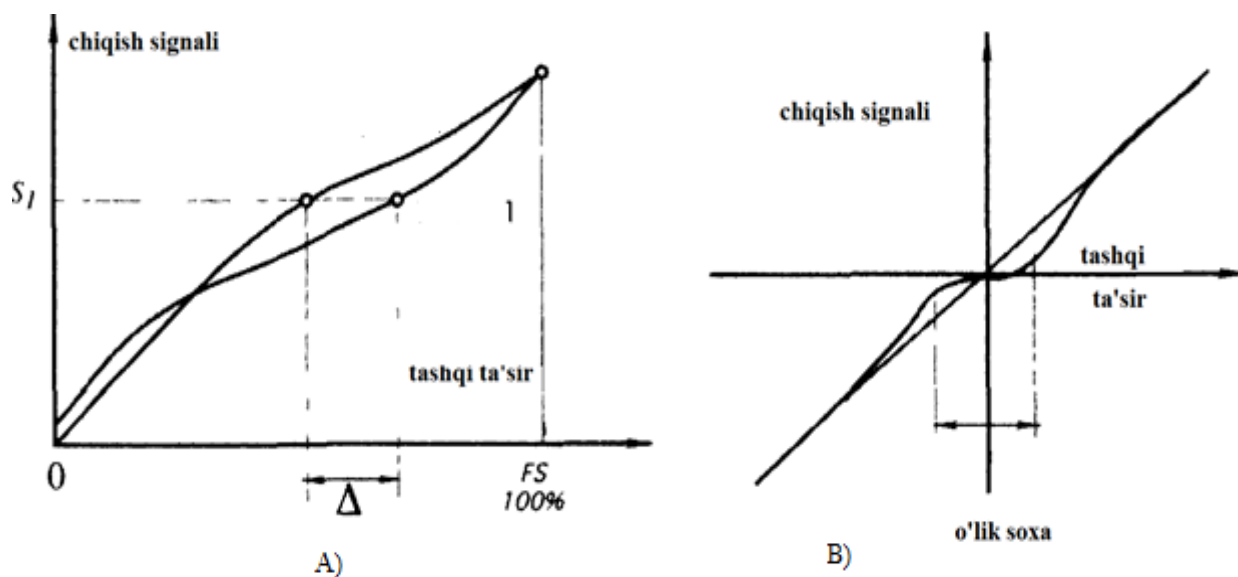
3.5.10 Qayta yaratuvchanlik

Qayta yaratuvchanlik – bu datchikning bir xil shart-sharoitlarga amal qilinganda bir xil natijalarni bera olish qobiliyatidir. Natijalarning qayta yaraluvchanligi datchikning kalibrlashning ikkitassiklida olingan chiqish qiymatlarining maksimal farqi bo‘yicha aniqlanadi (3.7A- rasm). U odatda kirish signalining (FS) maksimal qiymatidan foizlarda ifodalanadi:

$$\delta_r = \frac{\Delta}{FS} \times 100\% \quad (3.17)$$

Natijalarning yomon qayta yaralishining sabablari ko‘pincha quyidagilar bo‘lib hisoblanadi: issiqlik shovqini, yuzadagi zaryadlar, materiallarning plastikligi va hokazolar.

O‘lik zona – bu kirish signallarining ma’lum bir diapazonida datchikning sezmasligidir (3.7B-rasm). Bu zona oralig‘ida chiqish signali deyarli o‘zgarmas bo‘lib qolaveradi (ko‘pincha nolga teng bo‘ladi).



3.7.-rasm. A – qayta yaratuvchanlik xatoligi: xuddi o‘sha bitta chiqish signaliga turli tashqi ta’sirlar mos keladi. B – uzatish funksiyasidagi o‘lik zon

3.5.11 Yechish qobiliyati

Yechish qobiliyati – o‘lchanadigan kattalikning datchik seza oladigan minimal o‘zgarishini xarakterlaydi. Tashqi ta’sir o‘lchanadigan qiymatlar diapazoni oralig‘ida uzluksiz o‘zgarganda datchiklarning chiqish signallari, hatto shovqinlar bo‘lmagan taqdirda ham, har doim ham mutlaqo silliq bo‘lmaydi. Ularda har doim unchalik katta bo‘lmagan zinalar ko‘zga tashlanib turadi. Bu ayniqsa potensiometrik datchiklarda, hududni nazorat qiladigan to‘rsimon niqobli infraqizil datchiklar va ularda chiqish signallari faqatgina tashqi ta’sirning ma’lum bir o‘zgarishlarida o‘zgaradigan boshqa qurilmalarda yaqqol ko‘zga tashlanadi. Bunga qo‘shimcha ravishda har qanday signalni raqamli kodga aylantirishda uning mayda zinalarga bo‘linishi sodir bo‘ladi, bu zinalarning har biriga konkret qiymat to‘g‘ri keladi. Kirish signalining ma’lum bir sharoitlarda datchikning chiqish signalida minimal zina paydo bo‘lishiga olib keladigan o‘zgarish kattaligi datchikning yechish qobiliyati deb ataladi. Masalan, hududni nazorat qiladigan infraqizil datchik uchun yechish qobiliyatining quyidagicha ta’rifini berish mumkin:

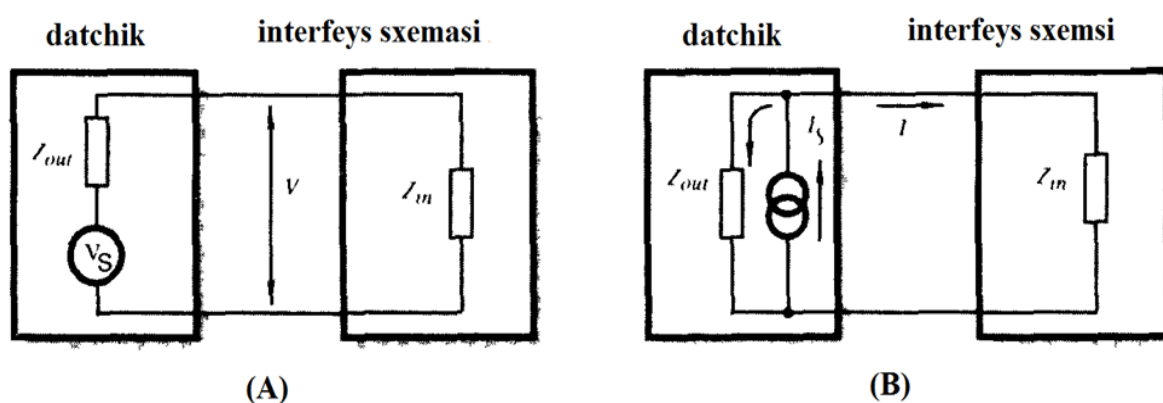
“yechish qobiliyati – obyekt 20 sm ga ko‘chganda obyektzni 5 m masofadan aniqlay olish qobiliyatidir”. Burchaklarni o‘lchash uchun qo‘llaniladigan simli potensiometrlik datchik uchun yechish qobiliyati – bu aytaylik, $0,5^\circ$ ga teng bo‘lgan minimal burchakdir. Ba‘zan yechish qobiliyati FS to‘liq shkaladan (kirish signalining maksimal qiymatidan) foyizlarda aniqlanadi. Masalan, o‘lchanadigan kattaliklarning to‘liq diapazoni 270° ga teng bo‘lgan burchaklarni o‘lchash datchigi uchun $0,5^\circ$ yechish qobiliyatini G‘S dan 0,181% sifatida taqdim qilish mumkin. Shuni qayd qilish lozimki, zinaning o‘lchami o‘lchanadigan kattaliklar diapazonining ichida o‘zgarishi mumkin, shu sababli, qoidaga ko‘ra, yechish qobiliyati yoki o‘rtacha kattalik sifatida, yoki eng yomon kattalik sifatida aniqlanadi. Raqamli chiqish signallariga ega bo‘lgan datchiklarning yechish qobiliyati ko‘pincha ma’lumotlarning bit so‘zlar soni bilan beriladi. Masalan, tasvirlanishda datchikning yechish qobiliyati 8 bitga teng degan informatsiya bo‘lishi mumkin. Bundan yoki kirish signallarining to‘liq diapazonini olish, yoki kichik bildiruvchi razryadning kattaligini baholash mumkin. Agar chiqish signalida farqlasa bo‘ladigan zinalarni aniqlab bo‘lmasa, u holda datchik *cheksiz katta yechimga ega* deyiladi. “Cheksiz yechim” atamasi xato bo‘lib hisoblanadi.

3.6 Maxsus tavsiflar

Ba‘zi bir datchiklar uchun *kirish signallarining maxsus tavsiflarini* ko‘rsatish zarur bo‘ladi. Masalan yoritilganlik detektorlari uchun uning chegaralangan optik polosa oralig‘ida sezgirliги shunday tavsif bo‘lib hisoblanadi. Shundan kelib chiqqan holda, bunday datchiklar uchun spektral tavsiflarni aniqlash zarur bo‘ladi.

Chiqish impedansi. Z_{out} *chiqish impedansi* datchik elektron sxema bilan qanchalik oson muvofiqlasha olishini ko‘rsatuvchi tavsif bo‘lib hisoblanadi. Datchikning chiqish impedansiga mos keladigan qarshilik elektron sxemaning Z_{in} kirish impedansini tavsiflaydigan qarshilikka parallel qilib (potensial ulanish), yoki u bilan ketma-ket (tokli ulanish) ulanadi. Har ikkala ulash varianti 3.8- rasmda

ko'rsatilgan. Odatda kirish va chiqish impedanslari majmuaviy ko'rinishda taqdim qilinadi, chunki ular, qoidaga ko'ra, aktiv va reaktiv tarkibiy qismlarni o'z ichiga oladi. Datchikning chiqish signalining og'ishini minimallashtirish uchun tokli chiqishga ega bo'lgan datchik (3.8B- rasm) maksimal mumkin bo'lgan chiqish impedansiga, uning interfeys sxemasi esa – minimal kirish impedansiga ega bo'lishi lozim. Potensial ulash holatida (3.8A-rasm) datchik past chiqish impedansiga, interfeys sxemasi esa – yuqori kirish impedansiga ega bo'lishi lozim.



3.8-rasm. Datchikning interfeys sxemasi bilan ulanishi. A – kuchlanish ko'rinishidagi chiqish signaliga ega bo'lgan datchik, B – tokli chiqish signaliga ega bo'lgan datchik

Qo'zg'atish signali. *Qo'zg'atish signali* – bu aktiv datchikka ishlash uchun zarur bo'ladigan elektr signalidir. Qo'zg'atish signali kuchlanish va/yoki tok intervali bilan tasvirlanadi. Datchiklarning ba'zi bir tiplari uchun qo'zg'atish signalining chastotasi va uning turg'unligini ko'rsatish zarur bo'ladi. Qo'zg'atish signalining ko'rsatilgan chegaralardan tashqariga chiqishi datchikning uzatish funksiyasining o'zgarishiga, va shundan kelib chiqqan holda chiqish signalining og'ishiga olib kelishi mumkin. Qo'zg'atish signalini tasvirlashga misol keltiramiz:

Termistor orqali oqib o'tadigan maksimal tok:

Qarshiliksiz havoda– 50 mkA;

Suvda- 200 mkA.

3.7. Dinamik tavsiflar

Statsionar sharoitlarda datchik o'zining uzatish funksiyasi, o'lchanadigan qiymatlar diapazoni, kalibrlash koeffitsiyentlari va hokazolar bilan to'liq tasvirlanadi. Biroq amaliyotda datchikning chiqish signali kiruvchi tashqi signalning o'zgarishiga har doim ham aniq ergashavermaydi. Buning sababi datchikning o'zida ham, uning tashqi ta'sirlar manbai bilan ulanishida ham bo'lishi mumkin, bunda ulanish signallarga cheksiz katta tezlik bilan tarqalish imkonini bermasligi mumkin. Boshqacha qilib aytganda, har qanday datchik vaqtga bog'liq bo'lgan parametrlarga ega bo'ladi, bu parametrlar *dinamik tavsiflar* deb ataladi. Agar datchikning tezkor harakatlanishi chegaralangan bo'lsa, u tashqi ta'sirlarning real qiymatlardan farq qiladigan qiymatlarini qayd qilishi mumkin. Bu datchik *dinamik xatolik* bilan ishlayotganligini bildiradi. Statik va dinamik xatoliklar o'rtasidagi farq shundan iborat bo'ladiki, keyingisi har doim vaqtga bog'liq bo'ladi. Agar datchik ma'lum bir dinamik tavsiflarga ega bo'lgan o'lchash majmuasining tarkibiga kirsam, qo'shimcha dinamik xatoliklarning qo'shilishi eng yaxshi holatda tashqi ta'sirning real qiymatining aks etishining kechikishiga, eng yomon holatda esa – tebranishlar paydo bo'lishiga olib keladi.

Qizish vaqti – bu datchikka elektr kuchlanishi yoki qo'zg'atish signali berilgan moment bilan datchik o'lchashlarning talab qilinadigan aniqligini berish bilan ishlay boshlaydigan moment o'rtasidagi vaqtdir. Ko'pgina datchiklarda qizish vaqti unchalik sezilarli bo'lmaydi. Biroq ba'zi bir detektorlar, ayniqsa nazorat qilinadigan haroratga ega bo'lgan qurilmalarda (termostatlarda) ishlaydigan detektorlar qizish uchun sekundlarni, ba'zan hatto minutlarni talab qiladi.

Avtomatik boshqarish nazariyasida qurilmaning kirishlari va chiqishlari o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni doimiy koeffitsiyentlarga ega bo'lgan chiziqli differensial tenglamalar ko'rinishida tasvirlash qabul qilingan. Ko'rinib turibdiki, bunday tenglamalarni echish bilan qurilmaning dinamik tavsiflarini aniqlash

mumkin. Datchiklarning konstruksiyalariga bog‘liq ravishda, ularni tasvirlaydigan tenglamalar turli tartibga ega bo‘lishi mumkin.

Chiziqli uzatish funksiyasiga ega bo‘lgan *nolinchi tartibli datchiklarni* t vaqtdan quyidagi bog‘lanishlar bilan tasvirlash mumkin:

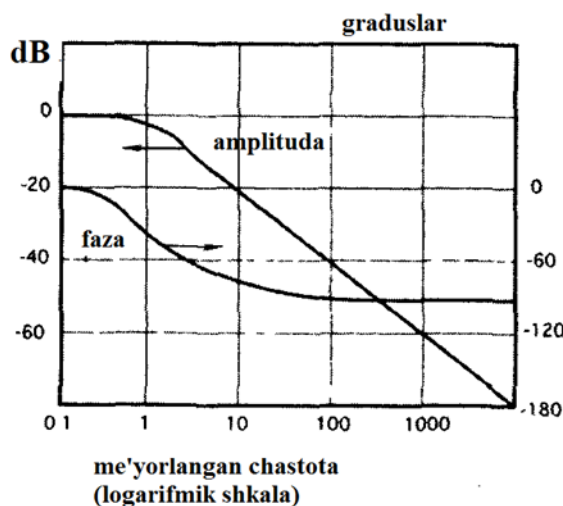
$$S(t) = a + bs(t) \quad (3.18)$$

a koeffitsiyent siljish, b koeffitsiyent esa – statik sezgirlik deb ataladi. Tenglamaning turidan ko‘rinib turibdiki, u ularning tarkibiga kondensatorlar yoki massalar kabi energiya to‘plovchi elementlar kirmaydigan datchiklarni tasvirlaydi. Nolinchi tartibli datchiklar lahzada harakatga keladigan qurilmalarga kiradi. Boshqacha qilib aytganda, bunday datchiklarda dinamik tavsiflarni aniqlashga zarurat bo‘lmaydi.

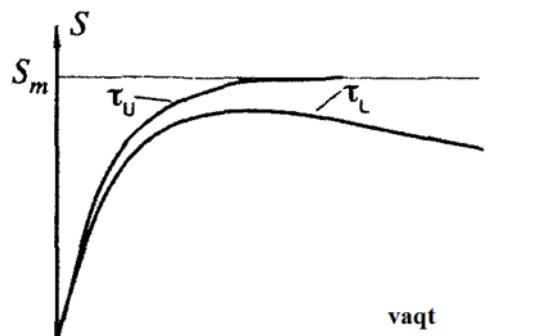
Birinchi tartibli differensial tenglamalar ularning tarkibiga bitta energiya to‘playdigan element kiradigan datchiklarning o‘zini qanday tutishini tasvirlaydi. Bunday tenglamalar quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$b_1 \frac{dS(t)}{dt} + b_0 S(t) = s(t) \quad (3.19)$$

Birinchi tartibli datchikka tipik misol – harorat datchigidir, unda issiqlik sig‘imi energiya to‘playdigan element rolini o‘taydi. Birinchi tartibli datchiklarni tasvirlashning bir nechta usullari mavjud. Biroq datchiklarni ishlab chiqaruvchilar buning uchun ko‘pincha datchik tashqi ta’sirning o‘zgarishiga qanchalik tez reaksiya ko‘rsata olishini ko‘rsatadigan chastota tavsiflaridan foydalanadilar. Chastota oshganda chiqish signalining nisbiy kamayishini aks ettirish uchun 3.9A-rasmda ko‘rsatilgan amplituda-chastota tavsifi qo‘llaniladi. Datchiklarning dinamik tavsiflarini tasvirlash uchun ko‘pincha chiqish signalining 3 Db ga pasayishiga mos keladigan chegara chastotasidan foydalaniladi, u qaysi chastotada kuchlanish yoki tokning 30% ga kamayishi sodir bo‘lishini ko‘rsatadi. Yuqorigi qirqim chastotasi deb ataladigan bu fu chegara chastotasi datchikning ishlashining eng chekka chastotasi deb hisoblanadi.



(A)



(B)

3.9-rasm. Chastota tavsiflari: A – birinchi tartibli datchikning chastota tavsifi, B – yuqorigi va pastki qirqim chastotalari bo'yicha chegaralashlarga ega bo'lgan datchikning chastota tavsifi, bunda τ_u va τ_L – mos keluvchi vaqt doimiylari

Chastota tavsiflari datchikning *tezkor harakatlanishi* bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'lanadi, u tashqi ta'sirning vaqt birligidagi birliklari bilan ifodalanadi. Datchikni tasvirlash uchun qaysi tavsiflar – amplituda-chastota tavsiflari yoki tezkor harakatlanish tavsifidan foydalanish uning tipiga, qo'llanilish sohasi va ishlab chiquvchining tavsiflardan qaysi birini afzal ko'rishiga bog'liq bo'ladi.

Datchikning tezkor harakatlanishini tasvirlashning boshqa bir usuli datchikning kirishiga bosqichli tashqi ta'sir berilganda datchikning tashqi signali statsionar yoki maksimal qiymatdan 90% darajaga erishishi uchun talab qilinadigan vaqtni aniqlashdan iborat bo'ladi. Birinchi tartibli datchiklar uchun *vaqt doimiysi* deb ataladigan parametrdan foydalanish juda qulay bo'ladi. τ vaqt doimiysi datchikning inersionlik o'lchami bo'lib hisoblanadi. Elektr kattaliklari atamalarida u sig'imning qarshilikka ko'paytmasiga teng bo'ladi: $\tau = CR$. Issiqlik atamalarida S va R deganda issiqlik sig'imi va issiqlik qarshiligi tushuniladi. Qoidaga ko'ra, vaqt doimiysi juda oson o'lchanadi. Birinchi tartibli tizimning vaqtga bog'lanishi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$S = S_m(1 - e^{-t/\tau}) \quad (3.20)$$

Bunda S_m – chiqish signalining oʻrnatilgan qiymati, t – vaqt, e – natural logarifmning asosi. t ni τ ga almashtirish bilan quyidagini olamiz:

$$\frac{S}{S_m} = 1 - 1/e = 0,6321 \quad (3.21)$$

Boshqacha qilib aytganda, aytish mumkinki, vaqt doimiysiga teng boʻlgan vaqt oʻtishi bilan datchik oʻrnatilgan qiymatdan taxminan 63% ni tashkil qiladigan darajaga erishadi. Huddi shunday tartibda ikkita vaqt doimiysiga teng boʻlgan vaqt oʻtishi bilan chiqish signalining darajasi 86,5 % ni, uchta vaqt doimiysidan keyin esa – 95% ni tashkil qilishini koʻrsatish mumkin.

Qirqim chastotasi tashqi taʼsirlarning datchik ogʻishmasdan qabul qilishi mumkin boʻlgan eng kichik yoki eng katta chastotasini tavsiflaydi. Yuqorigi qirqim chastotasi datchik tashqi taʼsirga qanchalik tez reaksiya koʻrsata olishini koʻrsatadi, pastki chastota esa – datchik qanday eng sekin signal bilan ishlashini koʻrsatadi. 3.9 B- rasmda yuqorigi qirqim chastotasi boʻyicha ham, pastki qirqim chastotasi boʻyicha ham chegaralashlarga ega boʻlgan datchikning tavsifi koʻrsatilgan. Amaliyotda birinchi tartibli datchikning vaqt doimiysining yuqorigi qirqim chastotasi bilan ham, pastki qirqim chastotasi bilan ham bogʻlanishini aniqlash uchun oddiy formuladan foydalaniladi:

$$f_L = \frac{0,159}{\tau} \quad (3.22)$$

Maʼlum bir chastotadagi *faza siljishi* tashqi signal kiruvchi taʼsirdan qanchalik orqada qolayotganligini koʻrsatadi (3.9A-rasm). Siljish yoki graduslarda, yoki radianlarda oʻlchanadi va odatda davriy signallar bilan ishlaydigan datchiklar uchun koʻrsatiladi. Agar datchik qaytar bogʻlanishlarga ega boʻlgan oʻlchash tizimining tarkibiga kirsam, har doim uning faza tavsiflarini bilish zarur boʻladi. Datchikning faza siljishi umuman butun tizimning faza boʻyicha zahirasini kamaytirishi va beqarorlikning vujudga kelishiga olib kelishi mumkin.

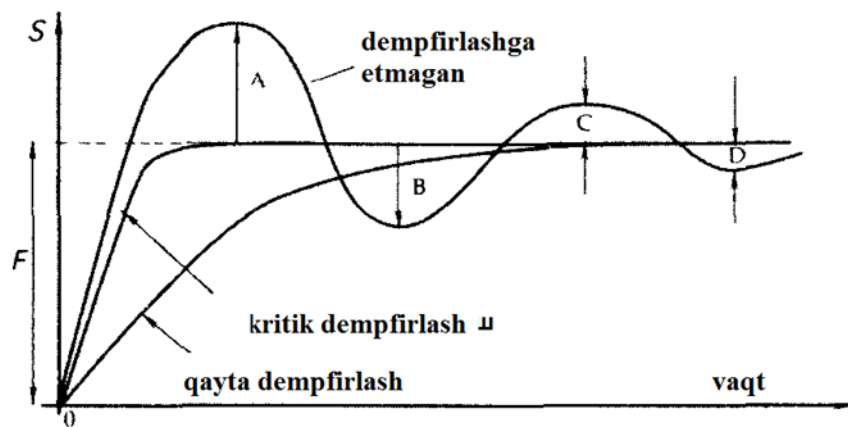
Ikkinchi tartibli differensial tenglamalar ikkita energiya toʻplaydigan elementlarga ega boʻlgan datchiklarning oʻzini qanday tutishini tasvirlaydi:

$$b_2 \frac{d^2 S(t)}{dt^2} + b_1 \frac{dS(t)}{dt} + b_0 S(t) = s(t) \quad (3.23)$$

Ikkinchi tartibli datchikka akselerometr misol bo'la oladi, uning tarkibiga massa va prujina kiradi.

Ikkinchi tartibli datchiklarning chiqishlarida, ularning kirishlariga bosqichli ta'sir berilgandan keyin, amalda har doim tebranishlar paydo bo'ladi. Bu tebranishlar juda qisqa muddatli bo'lishi mumkin, shunda datchik dempfirlangan deyiladi, yoki tebranishlar uzoq muddat davom etishi, yoki hatto doimiy bo'lishi ham mumkin. Datchikning chiqishidagi uzoq muddat davom etadigan tebranishlar uning noto'g'ri ishlayotganligidan dalolat beradi, shu sababli ulardan qochishga harakat qilish lozim bo'ladi. Ikkinchi tartibli har qanday datchik *rezonans (o'zining) chastotasi* bilan tavsiflanadi, u gerslar yoki sekundiga radianlarda ifodalanadi. Datchikning o'zining chastotasida chiqish signalining sezilarli darajada ortishi sodir bo'ladi. Odatda ishlab chiqaruvchilar datchikning o'zining chastotasining qiymatini va uning so'nish (dempfirilanish) koeffitsiyentini ko'rsatadilar. Odatda datchiklarning ishchi chastota diapazoni o'zining chastotasidan anchagina past qilib tanlanadi (hech bo'lmaganda 60% ga), yoki undan yuqori qilib tanlanadi. Biroq datchiklarning ba'zi bir tiplari uchun rezonans chastotasi ishchi chastota bo'lib hisoblanadi. Masalan, qo'riqlash tizimlarida qo'llaniladigan, oynalarning sinishini nazorat qiladigan detektorlar oynaning sinish paytida chiqadigan akustik spektr uchun xarakterli bo'lgan rezonans chastotasi zonasidagi tor chastotalar polosasiga rostlanadi.

Dempfirlash – ikkinchi yoki undan yuqori tartibli datchiklarda tebranishlarni sezilarli darajada pasaytirish yoki bostirishdir. Chiqish signali etarlicha tez qaror topsa va statsionar qiymatning chegaralaridan tashqariga chiqmasa, tizim kritik so'ndirishga ega deyiladi, uning dempfirlash koeffitsiyenti esa 1 ga teng bo'ladi (3.10- rasm). So'ndirish koeffitsiyenti 1 dan kichik bo'lganda, chiqish signali esa o'rnatilgan qiymatdan yuqori bo'lsa, tizim to'liq dempfirlanmagan deyiladi. So'ndirish koeffitsiyenti 1 dan katta bo'lganda, chiqish signali esa kritik so'ndirishga ega bo'lgan tizimdagiga qaraganda anchagina sekin qaror topsa, tizim oshiqcha dempfirlangan deyiladi.



3.10-rasm. Turlicha dempirlash koeffitsiyentlariga ega bo‘lgan datchiklarda chiqish signallarining turlari

3.10 rasmda ko‘rsatilgan tebranuvchi chiqish signali uchun *so‘ndirish yoki dempirlash koeffitsiyenti* ketma-ket olingan tebranishlar yarim to‘lqinlari juftligining o‘rnatilgan qiymatga nisbatan eng katta amplitudasining eng kichik amplitudasiga nisbati sifatida aniqlanadi, ya’ni buni quyidagicha yozish mumkin:

$$\text{Dempirlash koeffitsiyenti} = \frac{F}{A} = \frac{A}{B} = \frac{B}{C} = \dots \quad (3.24)$$

3.8 Ishonchlilik

Ishonchlilik – bu datchikning ma’lum bir shart-sharoitlarga rioya qilinganda berilgan vaqt oralig‘ida talab qilinadigan funksiyalarni bajara olish qobiliyatidir. Agar statistik atamalardan foydalanilsa, uni quyidagicha ta’riflash mumkin: *ishonchlilik* – bu qurilmaning *ishdan chiqmasdan* berilgan vaqt intervalida yoki berilgan ssikllar sonida faoliyat ko‘rsatish ehtimolidir. Shuni qayd qilish lozimki, *ishonchlilik* dreyf yoki shovqin tavsifi bo‘lib hisoblanmaydi. U reglamentlangan ekspluatatsiya qilish shart-sharoitlariga rioya qilinganda qurilma safdan chiqquncha (*ishdan chiqquncha*) o‘tadigan vaqtinchalik yoki doimiy vaqtni aks ettiradi.

Ishonchlilik juda muhim tavsif bo‘lib hisoblanishiga qaramasdan, datchiklarni ishlab chiqaruvchilar uni kamdan-kam hollarda ko‘rsatadilar. Ehtimol buning sababi uni o‘lchashning umumiy tomonidan qabul qilingan usullarining yo‘qligidir. Masalan, AQSh da ko‘pgina elektron asboblarning uchun ekspluatatsion ishonchlilikni aniqlash usuli sifatida ishdan chiqishlar o‘rtasidagi o‘rtacha vaqtni hisoblash protsedurasi qo‘llaniladi. Bu protsedura qurilmaning alohida elementlarining ishdan chiqishlar o‘rtasidagi o‘rtacha vaqti hisoblangandan keyin butun qurilmaning ishdan chiqishlar o‘rtasidagi o‘rtacha vaqtini aniqlashga asoslanadi, bunda tashqi omillar – harorat, bosim, mexanik zo‘riqishlar, ekranlash darajasi va hokazolarning ta‘sirini hisobga olish zarur bo‘ladi. Taassufki, ishdan chiqishlar o‘rtasidagi o‘rtacha vaqtni hisoblash protsedurasi ishonchlilikni to‘g‘ridan-to‘g‘ri baholash imkonini bermaydi, va bunday tavsifni amaliyotda qo‘llash qiyin. Shu sababli datchiklarning ishonchliligini aniqlash uchun ko‘pincha ular kvalifikatsion sinovlarga tortiladi. Ular eng yomon shart-sharoitlarda o‘tkaziladi. Masalan, datchiklar maksimal ishchi haroratda 1000 soat davomida uzluksiz ishlashga majbur qilinadi. Biroq bu uslub tashqi shart-sharoitlar keskin o‘zgaradigan vaziyatlarni, masalan, haroratning tezkorlik bilan ortishini hisobga olmaydi. U datchikning real qurshab turuvchi muhitda ishlashini imitatsiyalaydi. Bunday kvalifikatsion sinovlarning oldiga uchta vazifa qo‘yiladi: ishdan chiqishlar o‘rtasidagi o‘rtacha vaqtni baholash, datchikni keyinchalik takomillashtirish uchun konstruksiyadagi eng zaif joyni (birinchi bo‘lib ishdan chiqadigan joyni) aniqlash va butun tizimning ekspluatatsiya muddatini aniqlash.

“Tezlashgan eskirishni” aniqlashning boshqa bir mumkin bo‘lgan usuli xuddi real ekspluatatsiya qilish rejimlaridagi kabi parametrlar jamlanmasidan foydalanishdir, maksimal yuklama va yoqish/o‘chirish sikllari ham shu hisobga kiradi, biroq bunda tizimni tekshirish qurshab turuvchi shart-sharoitlarning kengaytirilgan diapazonida o‘tkaziladi (pasport ma’lumotlarida reglamentlanganiga qarab). Bunda datchiklarning ishchi tavsiflari ularning tasvirlanishida ko‘rsatilgan chegaralardan chiqishiga yo‘l qo‘yiladi, biroq normal ekspluatatsiya sharoitlarida ular talab qilinadigan qiymatlarga qaytishi lozim.

Masalan, hujjatlarda datchik +15 V maksimal kuchlanishda 50°C dan oshiq bo'lmagan haroratda va 85% eng katta nisbiy namlikda ishlashi lozimligi ko'rsatilgan bo'lsa, unissiklik rejimda 100°C harorat, 99% nisbiy namlik va +18 V kuchlanishda testdan o'tkazish lozim bo'ladi. Sikllar sonini (n) baholash uchun quyidagi empirik formuladan foydalanish mumkin:

$$n = N \left\{ \frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{test}} \right\}^{2.5} \quad (3.25)$$

bunda N – butun ekspluatatsiya davridagi sikllarning taxminiy soni; ΔT_{max} - maksimal mumkin bo'lgan harorat fluktuatsiyasi; ΔT_{test} - testdan o'tkazish paytida qayd qilingan maksimal harorat fluktuatsiyasi.

Aytaylik, datchikning normal ishchi harorati 25°C ni, tavsifda keltirilgan maksimal ishchi harorat 50°C ni tashkil qilsin, test 100°C haroratda o'tkazilgan bo'lsin. Shuningdek datchik o'zining ekspluatatsiya davri mobaynida (aytaylik 10 yilda) 20000 ta sikllarga tortiladi deb hisoblansin, shunda test sikllarining (3.25) formula bo'yicha aniqlangan soni quyidagini tashkil qiladi:

$$n = 20000 \left\{ \frac{50-25}{100-25} \right\}^{2.5} = 1283$$

Bu shuni bildiradiki, butun ekspluatatsiya qilish muddatini modellashtiradigan, yuqorida keltirilgan shart-sharoitlarda o'tkazilgan test uchun 20000 ta o'rniga 1300 ta sikl talab qilinadi. 2.5 ko'effitsiyent kavsharlash bilan ulangan joylar uchun olingan, chunki aynan shu elementlar ishdan chiqishga ko'proq tortiladi. Biroq ba'zi bir datchiklar kavsharlangan tutashuvlarga ega bo'lmaydi, boshqa ba'zi bir qurilmalarning elementlari esa 2.5 ga qaraganda yuqori ko'effitsiyentga ega bo'ladi (masalan, elektr o'tkazuvchan epoksid smolalar yordamida tutashtirishda), shu sababli amaliyotda bu ko'effitsiyent yoki biroz kamayishi, yoki biroz ortishi mumkin. “Tezlashgan eskirishga” testdan o'tkazish natijasida olingan ishonchlilik ishdan chiqishlar ehtimolligi orqali ifodalanadi. Masalan, 100 ta datchikni testdan o'tkazishda ulardan ikkitasi ishdan chiqsa (xizmat qilish muddati 10 yil deb belgilanganda), shuni ta'kidlash mumkinki,

berilgan tipdagi qurilmalarning ishonchliligi ularni ekspluatatsiya qilishning birinchi 10 yili davomida 98% ni tashkil qiladi.

Datchik qo'llanilish sohasiga bog'liq ravishda qurshab turuvchi muhitning uning ishchi tavsiflarini potensial o'zgartirishi yoki yashirin nuqsonlarni aniqlashga yordam berishi mumkin bo'lgan boshqa omillarining ta'siriga ham tortilishi mumkin. Shu sababli quyidagi turlardagi qo'shimcha sinovlardan o'tkazish qo'llaniladi:

- Maksimal oziqlantiruvchi kuchlanishda yuqori harorat va yuqori namlikda testdan o'tkazish. Masalan, datchik maksimal yo'l qo'yiladigan haroratda va 85-90% nisbiy namlikda 500 soat davomida ishlashga majbur qilinadi. Bunday testdan o'tkazish ifloslanishlarni aniqlash va qurilmalarning korpuslarining butunligini baholash uchun juda foydali bo'ladi. Datchiklarning xizmat qilish muddati ko'pincha tezlashgan eskirish testi bo'yicha aniqlanadi, u 85°C haroratda va 85% nisbiy namlikda o'tkaziladi. Bunday tekshirish ko'pincha "85-85 testi" deb ataladi.

- Simli, yelimli va hokazo tutashuvlarning ishonchliligini aniqlashda qurshab turuvchi muhitning noqulay shart-sharoitlarini modellashtirish uchun datchiklar ko'pincha mexanik zarbalar va vibratsiyalarga tortiladi. Tezlanishlarning yuqori qiymatlarini olish uchun datchikning qulab tushishi modellashtiriladi. Ko'pincha bunday sinovlarni qurilmaning turli o'qlariga nisbatan o'tkazish talab qilinadi. Vibratsion testdan o'tkazishda datchika qo'yiladigan garmonik tebranishlarning chastotasi uning o'zining chastotasini o'z ichiga oladigan intervalda o'zgarishi lozim.

- Saqlash va tashishning ekstremal shart-sharoitlarini modellashtirish uchun datchik eng kamida 1000 soat yoki juda yuqori (+100°C), yoki juda past (-40°C) haroratda ushlab turiladi. Testdan o'tkazishning bu turi, qoidaga ko'ra, qurilmalar ishlamay turgan holatda o'tkaziladi. Yuqorigi va pastki harorat chegaralarini tanlash datchiklarning fizikaviy tabiatiga muvofiq o'tkaziladi. Masalan, Philips firmasining 60°C Kapri nuqtasi bilan xarakterlanadigan TGS piroelektrik datchiklari uchun bu harorat hech qachon +50°C dan oshmasligi lozim, bu har doim ularning korpuslarida aniq ko'rsatilgan bo'lishi lozim.

- Datchiklarning ekstremal tarzda o'zgaradigan tashqi shart-sharoitlarda o'zini qanday tutishini tekshirish uchun ular issiqlik shoki (issiqlikning keskin o'zgarishi oqibatida sezgirlikning yo'qolishi) yokissiklik haroratlarning ta'siriga tortiladi. Masalan, qurilma 30 minut davomida -40°C haroratli muhitda ushlab turiladi, so'ngra tezda 30 minutga $+100^{\circ}\text{C}$ haroratli muhitga ko'chirib o'tkaziladi va bu narsa ko'p marotaba takrorlanadi. Bundayssikllarning soni, qoidaga ko'ra, 100 ... 1000 oraliqda yotadi. Bu test turli tipdagi tutashuvlarning nuqsonlarini aniqlashga yordam beradi va korpusning butunligini tekshiradi.

- Dengiz orqali tashish shart-sharoitlarini modellashtirish uchun datchiklar ma'lum bir vaqt davomida (masalan 24 soat) tuzli tumanlarning ta'siriga tortilishi mumkin. Bunday testdan o'tkazish qurilmalarning korroziyaga bardoshlilikini aniqlashga va korpusdagi nuqsonlarni topishga yordam beradi.

3.9 Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

Nazorat savollari:

1. Ma'lumotlar to'plash tizimida datchiklarning roli qanday?
2. Datchik nima? Uni o'zgartkichdan farqi nima?
3. Datchiklar nimalarga mo'ljallangan?
4. Chiqish signalining formati deb nimaga ataladi?
5. Tashqi ta'sir deganda nimani tushunasiz?
6. Datchiklarni necha guruhga ajratish mumkin? Ularni ayting.
7. Datchiklarni amalda nechta kategoriyaga ajratiladi?
8. Parametrik datchiklar deb qanday datchiklarga aytiladi?
9. Datchikning qarshiligini qanday aniqlash mumkin?
10. Tashqi ta'sirlarni ayting.
11. Datchik aniqligi deganda nimani tushunasiz? U nimaga bog'liq?
12. Eng yaxshi to'g'ri chiziq uslubining mohiyati nimada?

13. Kalibrlash deganda nimani tushunasiz? Kalibrlash xatoligi nimaga bog'liq?

14. Gisterezis sabablarini tushuntiring.

15. Qayta yaratuvchanlik qanday aniqlanadi?

16. Qo'zg'atish signali datchik uchun nimaga kerak?

17. Chiqish impedansi qanday tavsif hisoblanadi?

18. Kirish signallarining maxsus tavsiflaridan qachon foydalaniladi?

Amaliy mashg'ulotlar topshiriqlar

1. Datchiklarning asosiy tavsiflarini o'rganish.

2. Elektromagnit o'zgartkichlar konstruksiyalarini o'rganish

3. Optoelektron o'zgartkichlar konstruksiyalarini o'rganish.

Mustaqil ish mavzulari:

1. Suyuqlik sathini o'lchash optoelektron datchiklari.

2. Chiziqli va burchakli siljish optoelektron datchiklari.

3. Aylanma tezlik siljish optoelektron datchiklari.

4. Suyuqlik va gazlarni konsentratsiyasini o'lchash optoelektron datchiklari.

4-Bob. 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 energiya 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 shakllantirishlar bosqichlaridan o'tishi zarur bo'ladi. Misol sifatida shaffof bo'lmagan obyektning ko'chishini detektorlash masalasini ko'rib chiqamiz. Uni echish 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 etib boradi. Fotodiodning zanjiridagi tok kuchi yorug'lik o'tkazgichning oxiridan obyektgacha bo'lgan masofaga proporsional bo'ladi. Tasvirlashdan ko'rinib turibdiki bunday datchikning ishssikli 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.

4.1. 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 hoazolar 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 momaqaldiroq paytida uchadigan havo iloni bilan juda ajoyib, atmosferaning elektrlanishi ishqalanish kuchlarining ta'siri natijasida paydo bo'lishini tasdiklaydigan 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 evropalik 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 emirilmaydiyam, 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 1sent qiymatga ega bo‘lgan amerika mis tangasidagi elektronlar sonini sanaymiz (to‘g‘ri, hozirgi kunda 1sentlik 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 $4,6 \cdot 10^{18}$ Kl musbat zaryadga ega, elektronlar ham huddi shuncha – biroq manfiy qutbli zaryadga ega. Tanganing tarkibiga kiradigan barcha elektronlarning q yig‘indi zaryadi $(4,6 \cdot 10^{18} \text{ Kl/atom}) \cdot (2,9 \cdot 10^{22} \text{ atomlar})$ yoki $1,3 \cdot 10^5 \text{ Kl}$ 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 etadi.

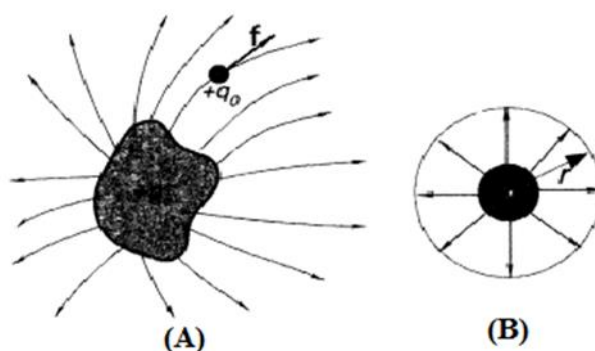
Elektr zaryadiga bo‘lgan munosabatiga ko‘ra materiallarni uchta guruhga ajratish mumkin: o‘tkazgichlar, dielektriklar va yarim o‘tkazgichlar. O‘tkazgichlarda elektr zaryadlari (elektronlar) materialning ichida erkin ko‘chadi, dielektriklarda esa ular bunday qila olmaydi. Garchi tabiatda ideal dielektriklar mavjud bo‘lmasada, turli materiallarning izolyasion tavsiflari bir-biridan sezilarli darajada farq qiladi (masalan, kvars 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. Kpemniy 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.

4.1A- 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:

$$E = \frac{f}{q_0} \quad (4.1)$$

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.



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

4.1A- 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 obyektдан 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. Misollar: 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 yoki statsionar, yoki vaqtda o'zgaradigan bo'lishi mumkin. Har qanday vektor maydonning tavsifsi unda vektorlarning taqsimlanishiga mos keladigan fizikaviy kattalik hisoblanadi, u oqim (F) deb ataladi. Oqim so'zi lotincha “oqmoq” fe'lidan kelib chiqqan. Har qanday maydondagi oqimni suyuqlikning (suvning) v vektor bilan tasvirlanadigan, har qanday berilgan nuqtada oqimning o'zgarish tezligiga mos keladigan bir tekis statsionar oqimi bilan solishtirish mumkin. Maydon elektr maydoni bo'lgan holatda v vektor E vektor bilan almashtiriladi, E vektor elektr maydonining tavsifsi 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:

$$\varepsilon_0 F_E = q \quad (4.2)$$

Bunda $\varepsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{12} \text{ Kl}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ – elektr doimiysi.

Yoki integral bog'lanish ko'rinishida:

$$\varepsilon_0 \int E ds = q \quad (4.3)$$

Bu erda 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 uning 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 adolatligi 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:

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \quad (4.4)$$

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:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (4.5)$$

Bunda r – sferaning markazidan 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:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qr}{R^3} \quad (4.6)$$

Bunda R – sferaning radiusi, r – sferaning markazidan 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:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (4.7)$$

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 (4.3B- rasm) uning yuzasiga perpendikulyar bo‘ladi, uning kuchlanganligi esa quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$E = \sigma / (2\epsilon_0) \quad (4.8)$$

Bunda σ – yuzadagi zaryadning zichligi (yuza birligiga to‘g‘ri keladigan zaryad). Biroq izolyasiyalangan o‘tkazuvchi obyekt uchun elektr maydoni ikki marta kuchliroq bo‘ladi:

$$E = \sigma / \epsilon_0 \quad (4.9)$$

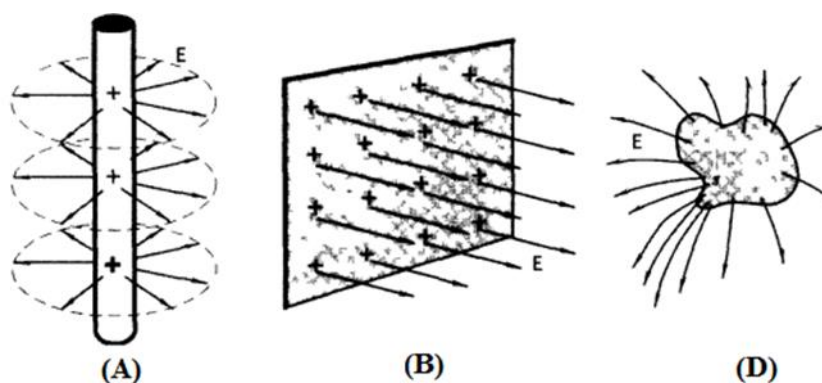
(4.8) va (4.9) tenglamalar o‘rtasidagi farq zaryadlangan obyektlarning geometriyasidagi farqlar bilan izohlanadi: birinchisi – cheksiz uzunlikdagi plastinka, ikkinchisi – ixtiyoriy shakldagi jism. Elektr zaryadlari zaryadlangan jismning faqatgina tashqi yuzasi bo‘ylab taqsimlanishi Gauss qonunining muhim 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 harakatlashadi. 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‘rtik joylar qulay bo‘lib hisoblanadi, aynan shu erda kuch chiziqlarining eng katta konsentratsiyasi kuzatiladi (4.2D- rasm). Faradey silindri – yoki erga 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 har doim 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 (4.3A- 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:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qa}{r^3} \quad (4.10)$$

Bunda r – dipolning markazidan bo'lgan masofa.



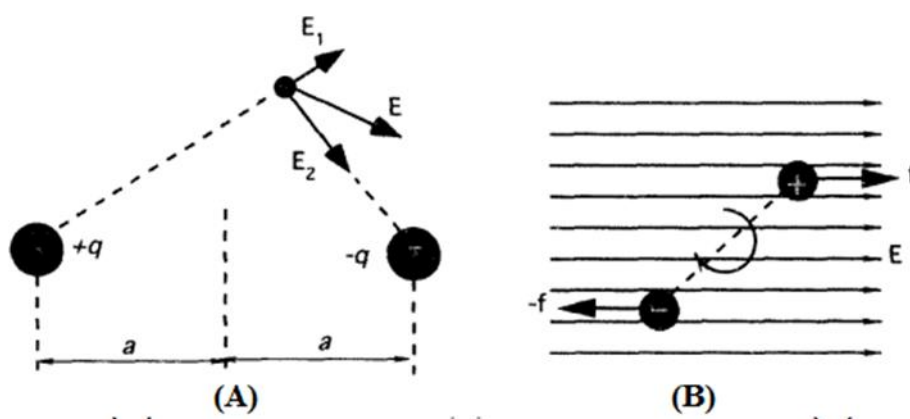
4.2 rasm. Cheksiz uzunlikdagi ingichka sterjen atrofida elektr maydoni, (A)- cheksiz uzunlikdagi plastinka atrofida elektr maydoni, (B)-elektr maydonining turlicha konsentratsiyaga ega bo'lgan, (D)-obyekt geometriyasining o'zgarishini aks ettiradigan kuch chiziqlari

Bu holda zaryadlarning taqsimlanishining muhim tavsiflari q zaryad kattaligi va $2a$ masofa bo'lib hisoblanadi. (4.10) 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 bo‘ladi. Masalan, bir paytning o‘zida q ikki marta oshirilganda va a ikki marta kamaytirilganda, elektr maydonining kattaligi o‘zgarmasdan qoladi. $2qa$ ko‘paytma r dipol momenti deb ataladi. Endi 4.10 ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{p}}{r^3} \quad (4.11)$$

Dipolning kenlikdagi 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 ($0,37 \cdot 10^{30}$ Kl·m). Kuchli dipol momentiga ega bo‘lgan moddaga misol sifatida suvni ko‘rsatish mumkin ($6,17 \cdot 10^{30}$ Kl·m).



4.3- 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 (4.3B-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:

$$\tau = pE \quad (4.12)$$

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

$$U = -pE \quad (4.13)$$

Dipolning qaratilishining o'zgarish jarayoni *qutblanish* deb ataladi. Qo'yilgan elektr maydoni materialning kristall panjarasini o'zgarishsiz saqlashga intiladigan kuchlarni engish uchun etarlicha kuchli bo'lishi lozim. Qutblanish jarayonini soddalashtirish uchun materialni isitishga murojaat qilinadi, bu uning molekulyar strukturasining 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 V *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 erda test zaryadi rolini juda kichik q_0 musbat zaryad o'ynaydi. Aytaylik, elektr zaryadi A nuqtaga joylashtirilgan bo'lsin, bu erda u muvozanat holatida bo'ladi (nazariy jihatdan, cheksiz uzoq vaqt davomida), bunda unga q_0E ga teng bo'lgan kuch ta'sir ko'rsatadi. Agar endi biz zaryadni A nuqtadan V nuqtaga ko'chirishga urinadigan bo'lsak, bu kuchni engish 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:

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad (4.14)$$

Bu ifodadan kelib chiqish bilan 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 ($1 \text{ V} = \text{J/Kl}$). 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 chiqish bilan kenglikning har qanday nuqtasidagi elektr potentsialini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V = - W/q_0 \quad (4.15)$$

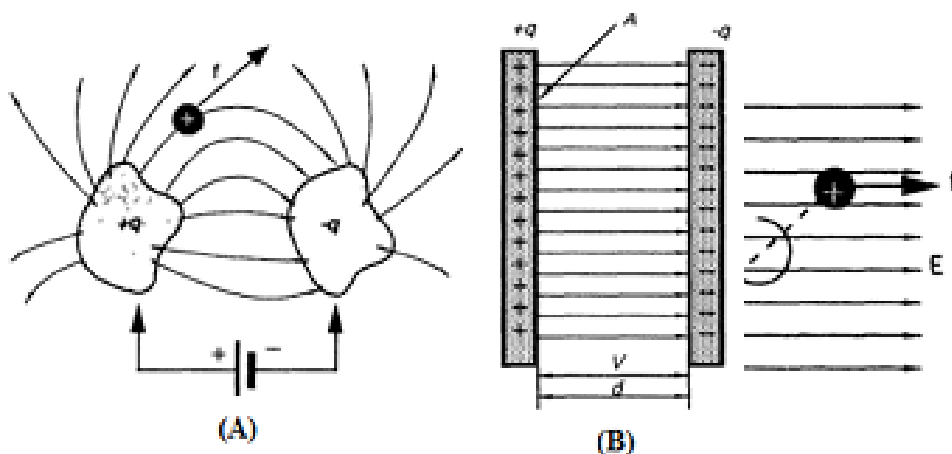
Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, musbat zaryad atrofidagi potentsial musbat bo'lib hisoblanadi. Bu shu bilan izohlanadiki, musbat test zaryadi cheksizlikdan kenglikdagi konkret nuqtaga ko'chganda itarish kuchlarini yengish uchun ish bajariladi. Shu sababli formuladan minus belgisini olib tashlash mumkin. Shuni qayd qilish lozim bo'ladiki, 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 V kattalikni o'lchashda zaryadning l yo'l bo'ylab ko'chishida V parametrning o'zgarish tezligi shu yo'nalishdagi E maydon kuchlanganligiga mos kelishi ma'lum bo'lgan, ya'ni:

$$E_0 = - dV/dl \quad (4.16)$$

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

4.2 Sig'im

Tok o'tazuvchi materialdan ishlangan ixtiyoriy shakldagi 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 izolyasiyalangan bo'lganda va vakuumda 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.



4.4- 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 – V kuchlanish bilan xarakterlanadi. Shuni qayd qilish lozimki, q kondensatorning nolga teng bo'lgan yig'indi zaryadiga mos kelmaydi, V 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:

$$q/V = C \quad (4.17)$$

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, S kattalik har doim musbat bo'lib hisoblanadi, chunki (4.17) formulada zaryad va kuchlanish bir xil belgi bilan olinadi. SI birliklar tizimida sig'im birligi Farada hisoblanadi: 1 Farada = 1 Kulon/Volt (1 F= Kl/V).

Elektron sxemaga ulashda kondensatorning sig'imini kompleks qarshilik ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$\frac{V}{i} = - \frac{1}{j\omega C} \quad (4.18)$$

Bunda $j = \sqrt{-1}$, i – ω chastotaga ega bo'lgan sinusoidal tok. Formuladan ko'rinib turibdiki, chastota ortishi bilan kondensatorning kompleks qarshiligi kamayadi. (4.18) ifoda kondensator uchun Om qonuni deb ataladi. Bu formuladagi minus belgisi kondensatordagi kuchlanish tokdan 90° ga orqada qolayotganligini bildiradi.

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. 4.4B- 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 etarlicha kichik qiymatlari uchun buni hisobga olmaslik mumkin.

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

$$C = \frac{q}{V} \quad (4.19)$$

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

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (4.20)$$

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, (4.19) va (4.20) tenglamalar faqatgina parallel plastinkali kondensatorlar uchun adolatli bo‘ladi. Plastinkalarning geometriyasining o‘zgarishi bu formulalarning modifikatsiyalanishiga olib keladi. A/d nisbat parallel plastinkali kondensatorning geometrik omili deb ataladi.

4.5A-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:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} \quad (4.21)$$

Bunda l – ikkita silindrning qoplanish zonasi (4.5B- rasm),

$\frac{2\tau l}{\ln(\frac{b}{a})}$ ko'effitsiyent esa koaksial **kondensatorning geometrik omili** deb

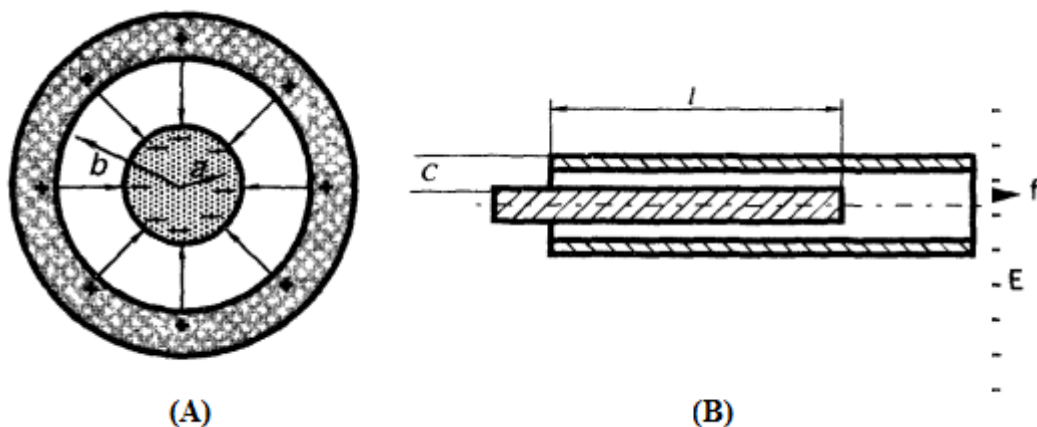
ataladi. Agar ichkissilindr tashqissilindrning ichiga siljiy olsa va undan tashqariga qarab siljiy olsa, bunday konstruksiya asosida sig'im bilan ko'chishlar o'rtasida chiziqli bog'lanishga ega bo'ladigan ko'chishlar datchigini ishlash mumkin.

Dielektrik singdiruvchanlik. (4.20) tenglama vakuumda (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 k ko'effitsiyentga oshgan, bu ko'effitsiyent materialning dielektrik konstantasi deb ataladi (rus tilidagi adabiyotlarda ko'pincha ϵ nisbiy dielektrik singdiruvchanlik tushunchasidan foydalaniladi).

Kondensatorning plastinkalari 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 4.6- rasmda ko'rsatilgan.

4.6A- rasmda dipollarning kondensatorga tashqi elektr maydoni berilguncha bo'lgan joylashishi ko'rsatilgan. 4.6B- 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 dipollarning 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 ($E = E_0 + E'$).



4.5 - rasm. A –silindrik kondensator, B – sig‘imli ko‘chishlar datchigi

Elektr maydonining kamayishi kondensatorda kuchlanishning pasayishiga olib keladi: $V = V_0/k$. Bu ifodani (4.19) formulaga o‘rniga qo‘yish bilan o‘tkazgichlarning orasida dielektrikka ega bo‘lgan kondensatorning sig‘imini topish imkonini beradigan ifodani olamiz:

$$S = k \frac{q}{V_0} = kC_0 \quad (4.22)$$

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

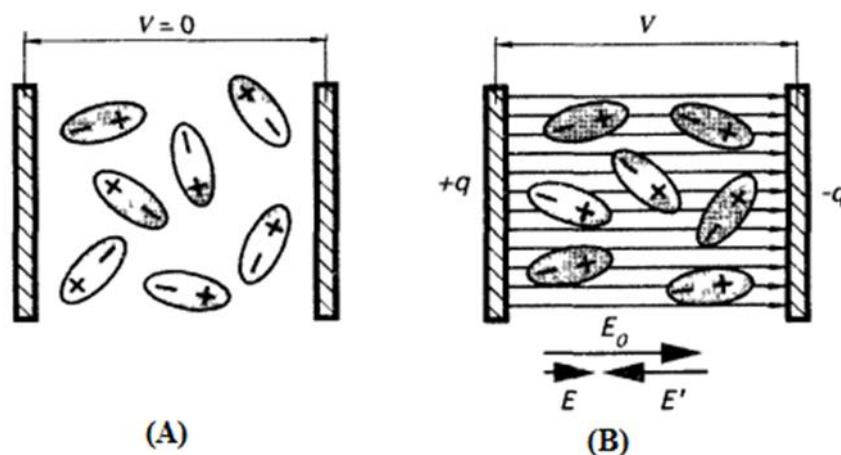
$$S = \frac{k\varepsilon_0 A}{d} \quad (4.23)$$

Ko‘proq umumiy formada ikkita obyekt o‘rtasidagi sig‘imni G geometrik omil yordamida ifodalash mumkin:

$$S = \varepsilon_0 kG \quad (4.24)$$

Bu yerda G obyektning (plastinkalarning) shakli va ular o‘rtasidagi masofa bilan belgilanadi. 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.



4.6- rasm. Dielektrikning qutblanishi. A – tashqi elektr maydoni bo'lmaganda dipollar ixtiyoriy qaratilishga ega bo'ladi, B – dipollar qo'yilgan elektr maydonining kuch chiziqlari bo'ylab saflanadi

4.3 Pyezoelektrik, piroelektrik va Xoll effekti.

Zeebek va Peltie effekti

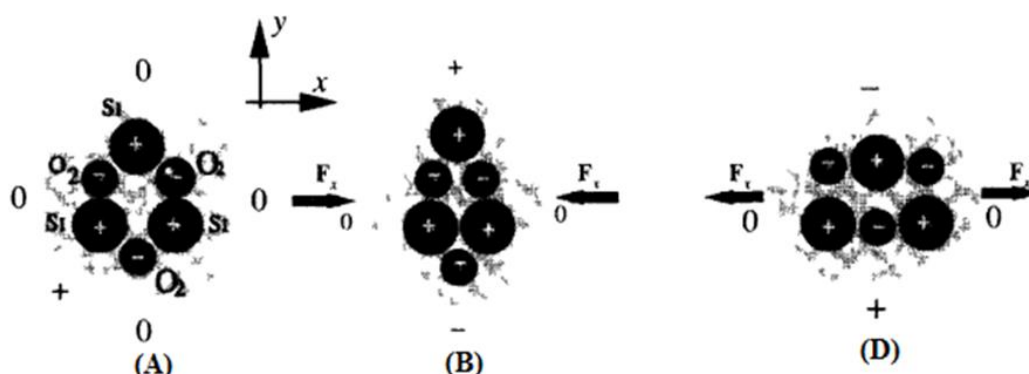
Pyezoelektrik effekt. Pyezoelektrik effekt kristall materialga mexanik kuchlanishlar qo'yilganda unda elektr zaryadari hosil bo'lishidan iborat bo'ladi. Bu hodisa kvars (kimyoviy formulasi SiO_2) kabi tabiiy kristallar, qutblangan keramik materiallar va ba'zi bir polimerlarda, masalan, poliviniliden ftoridda kuzatiladi. Aytishlaricha, pyezoelektrik materiallar ferroelektrik xususiyatlarga ega bo'ladi. *Pyezo* so'zi bosimni bildiradigan grekcha *piezen* so'zidan olingan. Aka-uka Kyurilar kvarsda pyezoelektrik effektini 1880 yilda kashf qilganlar, biroq bu kashfiyot uzoq vaqt deyarli hech qanday qo'llanilishga ega bo'lmagan. Faqat 1917 yilga kelibgina fransuz professori P. Langevin kvars plastinkasining x-qirqimidan

suvda tovush to'liqlarini qo'zg'atish va detektorlash uchun foydalangan. Uning kashfiyoti gidrolokatorning yaratilishiga olib kelgan.

1927 yilda A. Meysner pyezoelektrik effektini tushuntirish uchun soddalashtirilgan modelni taklif qilgan. Bu modelda kvars kristalli Si atomlari va juftlashgan O_2 atomlaridan tashkil topgan elementar yacheykalar ko'rinishida taqdim qilingan. Kvars kristalli x , y va z o'qlar bo'ylab qirqimlarga ega. 4.7-rasmda z o'q bo'ylab ko'ndalang kesim ko'rsatilgan. Elementar monokristall yacheykaga uchta kremniy atomi va oltita kislorod atomi kiradi. Har bir kremniy atomi to'rttadan musbat zaryadga ega, kislorod atomlarining har bir juftligi esa – to'rttadan manfiy zaryadga ega (har bir atomga ikkitadan). Shu sababli mexanik kuchlanishlar qo'yilmaganda kvars yacheykasi elektr jihatidan neytral bo'lib hisoblanadi. x o'q bo'ylab G_x tashqi kuch qo'yilganda kristall panjara deformatsiyalanadi. Oldingi mavzuda bosuvchi kuch qanday qilib kristallning atomlarini shunday siljitishi ko'rsatilgandi, bunda kremniyning musbat atomi panjaraning bir tomoniga ko'chadi, kislorod atomlarining manfiy zaryalangan juftligi esa – panjaraning boshqa tomoniga ko'chadi. Natijada u o'q bo'ylab zaryadlarning qayta taqsimlanishi kuzatiladi. Agar kristall x o'q bo'ylab cho'zilsa (4.7D- rasm), cho'zish deformatsiyasi natijasida zaryadlar u o'q bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda qayta taqsimlanadi. Bu soddalashtirilgan model kristall materialning yuzasida qo'yilgan mexanik ta'sirga javob tariqasida qanday qilib elektr zaryadlari hosil bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Bunday tushuntirishni xuddi shu bo'limda tasvirlangan piroelektrik effektga ham berish mumkin.

Elektr zaryadlarini kristallga to'plash uchun qirqimning qarama-qarshi tomonlariga elektrodlar mahkamlanadi (4.8-rasm). Shu tariqa qurilgan pyezoelektrik datchikni kondensator deb hisoblash mumkin, unda dielektrik sifatida elektrodlarda V elektr kuchlanishi paydo bo'lishiga olib keladigan elektr zaryadlari generatori sifatida ishlaydigan kristallning o'zi chiqadi. Garchi zaryad faqatgina kuch qo'yilgan joylarda shakllansada, metall elektrodlar kondensatorni tanlanmalikdan mahrum qilish bilan zaryadlarni o'zlarining butun yuzasi bo'ylab tekislaydi, biroq, agar elektrodning formasi murakkablashtirilsa, konkret

elektrodlarning signallarini detektorlash bilan tashqi kuch qo'yilgan joyni aniq topish mumkin.



4.7-rasm. Kvars kristallining pyezoelektrik effekti

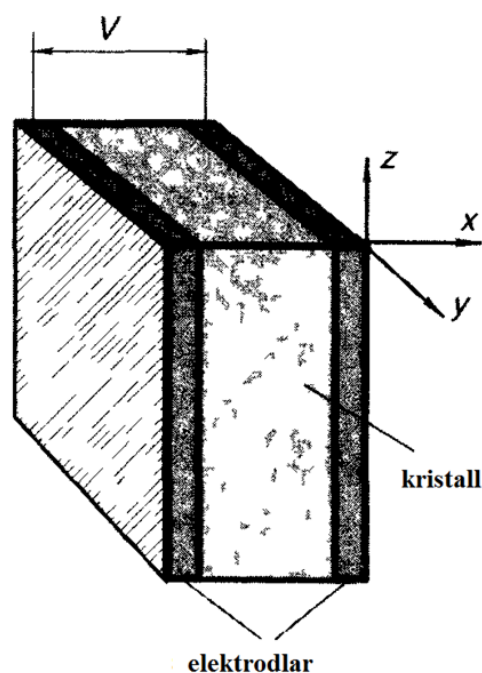
Pyezoelektrik effekt qaytar fizikaviy jarayon bo'lib hisoblanadi. bu shuni bildiradiki, kristallga qo'yilgan elektr kuchlanishi mexanik deformatsiya paydo bo'lishiga olib keladi. Agar kristallga bir nechta elektrodlar joylashtirilsa va ulardan bir juftiga kuchlanish berilsa, qolgan elektrodlar juftliklarida vujudga kelgan deformatsiya natijasida shakllangan zaryadlar to'planadi. Bunday usuldan pyezoelektrik qayta shakllantirgichlarning har xil tiplarida keng foydalaniladi.

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}_{xx} + \mathbf{P}_{yy} + \mathbf{P}_{zz} \quad (4.25)$$

Bunda x, y va z – kristallning o'qlari bilan birlashtirilgan odatdagi ortogonal tizimning koordinata o'qlari. Bu ifodadagi qo'shiluvchilar quyidagicha aniqlanadi (yanada to'liqroq formulalar siljish kuchlanishi va mos keluvchi d -koeffitsiyentlarni ham o'z ichiga oladi):

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_{xx} &= d_{11}\sigma_{xx} + d_{12}\sigma_{yy} + d_{13}\sigma_{zz} \\ \mathbf{P}_{yy} &= d_{21}\sigma_{xx} + d_{22}\sigma_{yy} + d_{23}\sigma_{zz} \\ \mathbf{P}_{zz} &= d_{31}\sigma_{xx} + d_{32}\sigma_{yy} + d_{33}\sigma_{zz} \end{aligned} \quad (4.26)$$

Bunda σ – o'q kuchlanishi, d_{mn} – kristall qirqimlarning ortogonal o'qlari bo'yicha doimiy pyezoelektrik koeffitsiyentlar. Bu koeffitsietlar Kulon/Nyuton, ya'ni kuch birligiga to'g'ri keladigan bittalik zaryad o'lchamliligiga ega.



4.8 -rasm. Qutblangan kristallga kiritilgan elektrodlar yordamida shallantirilgan pyezoelektrik datchik

Hisoblashlar qulay bo'lishi uchun ikkita qo'shimcha birlik kiritilgan. Ulardan birinchisi g -koeffitsiyent deb ataladi va mos keluvchi pyezoelektrik konstanta bilan absolyut dielektrik doimiysining nisbati sifatida aniqlanadi:

$$g_{mn} = \frac{d_{mn}}{\varepsilon_0 \varepsilon_{mn}} \quad (4.27)$$

Bu koeffitsiyent kristallda qo'yilgan bosimning har bir birligiga to'g'ri keladigan kuchlanish gradiyentini ko'rsatadi.

Boshqa h koeffitsiyent o'zida g -koeffitsiyentning kristallning har bir o'qi uchun mos keluvchi Yung moduliga ko'paytmasini taqdim qiladi.

Pyezoelektrik kristallar mexanik energiyani elektr energiyasiga to'g'ridan to'g'ri qayta shakllantirgichlar bo'lib hisoblanadi. bunday qayta shakllantirgichning samaradorligini k_{mn} bog'lanish koeffitsiyenti deb ataladigan koeffitsiyent orqali ifodalash mumkin:

$$k_{mn} = \sqrt{d_{mn} h_{mn}} \quad (4.28)$$

Bu koeffitsiyentlar energiyani uzatishning yuqori samaradorligini ta'minlash zarur bo'lgan hollarda, masalan, akustik va ultratovush datchiklarida juda muhim tavsiflar bo'lib hisoblanadi.

Pyezoelektrik kristallning yuzasida generatsiyalanadigan zaryadning kattaligi, masalan, x o'q yo'nalishida qo'yilgan kuchga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$Q_x = d_{11} F_x \quad (4.29)$$

Kristall unga kiritilgan elektrodlar bilan birgalikda o'zida S sig'imga ega bo'lgan kondensatorni taqdim qiladi. Bu kondensatordagi kuchlanish quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$V = \frac{Q_x}{C} = \frac{d_{11}}{C} F$$

O'z navbatida, sig'imni a elektrod yuzasining maydoni va kristallning qalinligi orqali ifodalash mumkin (bu yerda kristallning o'zining emas, balki elektrodning maydoni hisobga olinadi, chunki pyezoinduksiyalangan zaryad faqatgina ularda to'planadi):

$$C = k\varepsilon_0 \frac{a}{l} \quad (4.30)$$

Bunda ε_0 - elektr doimiysi, k – dielektrik singdiruvchanlik. Shunda kuchlanish uchun ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$V = \frac{d_{11}}{C} F_x = \frac{d_{11}}{k\varepsilon_0 a} F_x \quad (4.31)$$

Titanatsirkonat qo'rg'oshindan keramik pyezodatchiklarni (PZT) tayyorlash juda yuqori soflikka ega bo'lgan metall oksidlari kukunlarini (qo'rg'oshin oksidi, sirkoniy oksidi, titan oksidi va boshqalar) tayyorlashdan boshlanadi. Kukunlar talab qilinadigan holatgacha maydalanadi va qat'iy belgilangan kimyoviy proporsiyada obdon aralashtiriladi. Yetarlicha yuqori haroratda o'tadigan toblash jarayonida olingan aralashmaning tarkibiy qismlari bir-biri bilan reaksiyaga kirishadi va har bir doni kimyoviy tarkibi bo'yicha talab qilinadigan kompozitsiyaga yaqin bo'lgan kukunni hosil qiladi. Bu bosqichda kukunlar hali zaruriy kristall strukturaga ega bo'lmaydi.

Keyingi texnologik bosqich – toblangan kukunni qattiq va/yoki suyuq organik bog‘lovchi materiallar bilan (kuydirish jarayonida kuyib ketishi lozim bo‘lgan) aralashtirish va olingan aralashmadan formasi bo‘yicha yasaladigan sensorli elementga yaqin bo‘lgan strukturani qurishdan iborat bo‘ladi. Buning uchun bir nechta uslublar ishlab chiqilgan. Ulardan ba’zi birlarini sanab o‘tamiz: gidravlik press yordamida presslash, quyish (yopishqoq suyuqliklarni maxsus qoliplarga quyish va qotirish), maxsus qoliplar orqali bosish va yupqa listlarni olish uchun ikkita valik orqali prokatlash (yoyish) va lentali quyish (harakatlanuvchi silliq lentaga yopishqoq aralashmalarni surkash).

Shundan keyin shakllantirilgan struktura kuydirish uchun pechga joylashtiriladi, kuydirishda harorat qattiq nazorat qilinadi. Bu protsedura natijasida barcha organik bog‘lovchi tarkibiy qismlar kuyib ketadi, hajm esa taxminan 15% ga kamayadi. So‘ngra material qizil cho‘g‘lanish haroratigacha qizdiriladi va ushlab turish davri deb ataladigan ma’lum bir vaqt davomida shu holatda ushlab turiladi, bu paytda yakuniy kimyoviy reaksiyalar bo‘lib o‘tadi. Material sovutilgandan keyin kristall struktura shakllangan deb hisoblanadi. materialning tipiga bog‘liq ravishda issiqlik bilan to‘liq ishlov berish vaqti 24 soatgacha davom etishi mumkin. So‘ngra olingan strukturaning yuzasiga kontaktli elektrodلarni kiritish zarur bo‘ladi. Buni bir nechta usulda bajarish mumkin. Quyidagilar eng keng tarqalgan usullar bo‘lib hisoblanadi: takroriy kuydirish bilan kumush va shisha aralashmasi yordamida trafaretli bosish, kimyoviy qayta tiklash uslubi bilan maxsus reaktorlarda qoplamalar surkash, changlash (past vakuum sharoitlarida metall bug‘lari bilan ishlov berish).

Materialning kristallitlariga (elementar kristall yacheykalarga) elektr dipollari sifatida qarash mumkin. Ba’zi bir materiallarda, masalan kvarsda bunday yacheykalar odatda kristallning o‘qi bo‘ylab joylashgan bo‘ladi, shu sababli bunday strukturalar mexanik kuchlanishlarga nisbatan etarlicha yuqori sezgirlikka ega bo‘ladi. Boshqa bir materiallarda dipollar ixtiyoriy tartibda joylashgan bo‘ladi, va bunday strukturalar o‘zlarining pyezoelektrik xususiyatlarini namoyon qilishi uchun ularni oldindan qutblash zarur bo‘ladi. Qutblashning bir nechta

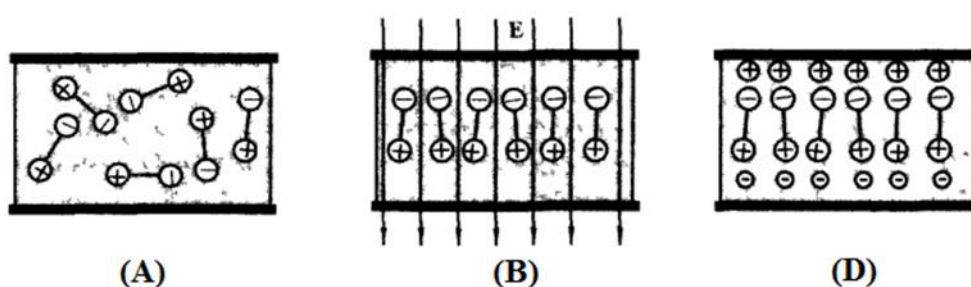
texnologiyalari mavjud. Ulardan eng keng tarqalgani issiqlik bilan qutblash bo'lib hisoblanadi, u quyidagi bosqichlardan tashkil topadi:

1. Unda dipollar ixtiyoriy joylashishga ega bo'lgan kristall material (keramik yoki polimer plenka) Kyuri nuqtasidan oshmaydigan haroratgacha asta-sekin qizdiriladi. Ba'zi bir tipdagi materiallarni, masalan, polivinilidin ftoridni kuchlangan holatga keltirish zarur bo'ladi. Yuqori harorat dipollarni qo'zg'atadi, bu ularni talab qilinadigan yo'nalishga nisbatan oson qaratishga yorlam beradi.

2. Materiallar ularda dipollar kuch chiziqlari bo'ylab saflanadigan kuchli E elektr maydoniga joylashtiriladi (4.9B rasm). Bunda to'liq tekislanish sodir bo'lmaydi va ko'pgina dipollar maydon yo'nalishidan og'adi. Biroq dipollarning statistik ustivor bo'lgan bir xil qaratilishi qaror topadi.

3. Material unga bir paytning o'zida elektr maydoni ta'sir ko'rsatishi bilan sovutiladi.

4. Material talab qilinadigan haroratgacha sovutilgandan keyin elektr maydoni bartaraf qilinadi, va qutblash jarayoni tugagan deb hisoblanadi. Material Kyuri haroratidan past haroratda bo'lgan paytda u o'zining qutblanish xususiyatlarini saqlab turadi. Dipollar dielektrik maydonda yuqori haroratda olingan qaratilishini ushlab turadi.



4.9 - rasm. Pyzeoelektrik va piroelektrik materiallari issiqlik bilan qutblash

Tojli razryad uslubi boshqa bir qutblash uslubi bo'lib hisoblanadi, u polimer pyzeoelektriklar va piroelektriklarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Polimer plenka tojli razryad ta'siriga tortiladi. Razryadning kattaligi plenkaning bir santimetr qalinligiga bir necha million voltgacha etadi, uning ta'siri esa 40-50 sekund davom

etadi. Bu qutblashning etarlicha oddiy usuli bo‘lib hisoblanadi, uni xona haroratida o‘tkazish mumkin.

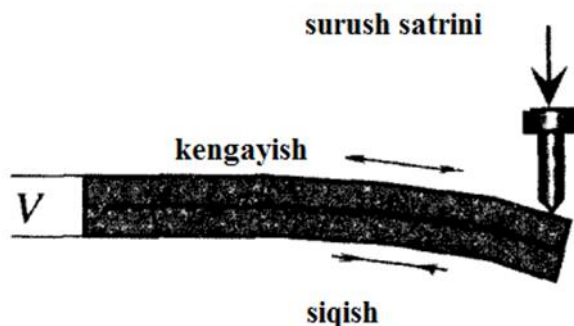
Sezgir elementni tayyorlashda oxirgi operatsiyalar unga talab qilinadigan shaklni berish va tozalash ishlovi berish bo‘lib hisoblanadi, ular qirqish, mexanik ishlov berish va silliqlashni o‘z ichiga oladi. Oxirgi ishlov berish protseduralari tugagandan keyin sezgir pyezo (piro) element datchikning korpusiga kiritiladi, uning elektrodleri elektr simlari va boshqa elektron tarkibiy qismlar bilan tutashtiriladi.

Qutblanishdan keyin kristallar doimiy qutblangan bo‘lib qoladi, biroq elektr zaryadlangan bo‘lib nisbatan qisqa vaqt oralig‘ida qoladi. Bu shu bilan izohlanadiki, qurshab turuvchi muhitda ko‘plab zaryadlangan ionlar mavjud bo‘ladi, shuningdek materialning o‘zining ichida ham etarlicha miqdorda erkin zaryad eltuvchilar mavjud bo‘ladi, ular elektr maydoni ta’siri ostida harakatlanishi mumkin va bu erkin zaryadlar dipollarning mos keluvchi uchlariga yaqinlashish bilan ularni neytrallaydi (4.9B- rasm). Shu sababli qutblangan pyezomaterial tezda razryadlangan bo‘lib qoladi va statsionar sharoitlarda qoladigan butun vaqt davomida shu holatini saqlab turadi. Biroq materialga mexanik kuchlanish qo‘yilishi bilanoq, yoki unga shamol puflanganda, muvozanat holati buziladi va pyezoelektrik yuzasida elektr zaryadi paydo bo‘ladi. Agar mexanik kuchlanish qandaydir-bir vaqt davomida ushlab turilsa, materialda zaryadlar ichki sizishlar hisobiga yana neytrallanadi. Shunday qilib, shunday xulosaga kelish mumkinki, pyezoelektrik sensorlar tenzozo‘riqishlarning doimiy darajasiga nisbatan emas, balki faqatgina ularning o‘zgarishiga nisbatan sezgir bo‘lib hisoblanadi. Boshqacha qilib aytganda, pyezoelektrik datchiklar – bu doimiy tok emas, o‘zgaruvchan tok qurilmalaridir.

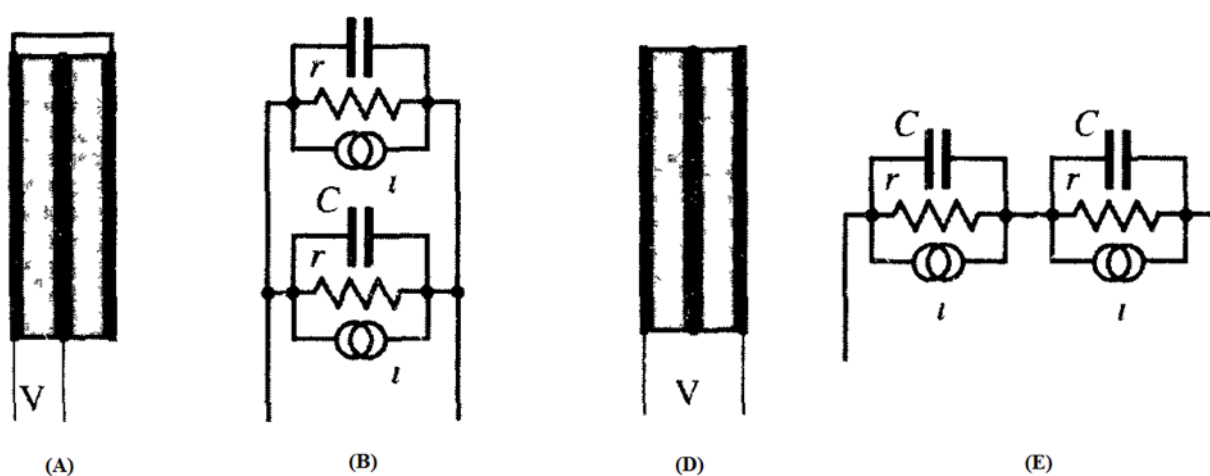
Pyezoelektriklarning yo‘naltirilgan sezgirliigi (d -koeffitsiyentlar) haroratga bog‘liq bo‘ladi. Ba’zi bir materiallar uchun (masalan kvars) harorat ortishi bilan sezgirlik $0,016\%/^{\circ}\text{C}$ tezlik bilan pasayadi. Plenkalar va keramika kabi boshqa pyezoelektriklar uchun 40°C gacha bo‘lgan haroratlarda d -koeffitsiyentlar kamayadi, yuqoriroq haroratlarda esa – ortadi. Hozirgi kunda turli tipdagi

keramikalar pyezoelektrik datchiklarni tayyorlash uchun eng keng tarqalgan materiallar bo'lib hisoblanadi. Eng birinchi ferroelektrik keramik materiallardan biri bariy titanati bo'lgan, u polikristall strukturaga ega, uning kimyoviy formulasi BaTiO_3 . Qutblanishning barqarorligi dipollarning koersitiv kuchlarining ta'siri hisobiga ta'minlanadi. Ba'zi bir materiallarda vaqt o'tishi bilan qutblanishning kamayishi sodir bo'ladi. Bu effektни pasaytirish uchun aosiy materialga qo'shimchalar kiritiladi, ularning maqsadi dipollarni ma'lum bir holatda "qulflab qo'yish" dan iborat bo'ladi. Pyezoelektrik konstanta ham, materialning dielektrik singdiruvchanligi ham ishchi haroratga bog'liq bo'ladi. Bu kattaliklar (4.31) formulaga – biri suratga, boshqasi maxrajga kirishi sababli, ularning o'zgarishi o'zaro bir-birini yo'q qiladi, bu keng haroratlar diapazonida V chiqish kuchlanishi barqarorligining ortishiga olib keladi.

Pyezoelektrik elementlardan yoki monokristall formasida, yoki unda alohida plastinkalar ularning orasiga joylashtirilgan elektrodlar yordamida tutashtirilgan ko'p qatlamli struktura ko'rinishida foydalanilishi mumkin. 4.10-rasmda ikki qatlamli kuch datchigi ko'rsatilgan. Bu datchikka tashqi kuch qo'yilganda uning qismlaridan biri kengayadi, boshqasi esa siqiladi, bu chiqish signalining ikki baravar kuchayishiga olib keladi. Qo'shaloq sensorlar yoki 4.11A-rasmda ko'rsatilganidek parallel qilib, yoki 4.11D - rasmda ko'rsatilganidek ketma-ket ulanishi mumkin. Pyezoelektrik datchikning ekvivalent elektr sxemasi o'zida r sizish qarshiligi, S sig'im va mexanik kuchlanish bilan induksiyalangan i tok manbaining parallel ulanishini taqdim qiladi. Qatlamlarni tutashtirish tipiga bog'liq ravishda qo'shaloq datchiklarning ekvivalent sxemalari 4.11B va 4.11E- rasmlarga mos keladi. Qarshilik, qoidaga ko'ra, juda katta bo'ladi ($10^{12} - 10^{14} \Omega$ atrofida). Bu datchik o'ta yuqori chiqish impedansiga ega bo'lishini bildiradi. Shu sababli keyingi elektr zanjirlari bilan muvofiqlashtirish uchun o'zlarida zaryad/tokni kuchlanishga qayta shakllantirishni taqdim qiladigan maxsus interfeyslardan, yoki yuqori kirish qarshiligiga ega bo'lgan kuchlanishni kuchaytirgichlardan foydalanish zarur bo'ladi.

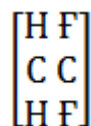


4.10- rasm. Ikki qatlamli pyezoelektrik datchik



4.11-rasm. Pyezoelektrik datchikda qatlamlarning parallel (A) va ketma-ket (B) ulanishi va ularning mos keluvchi ekvivalent sxemalari (D va E)

Pyezoelektrik plenkalalar. 1969 yilda yaponiyalik olim Kawai PVDF plenkalarda kuchli pyezoelektrik effektini aniqlagan, 1975 yilda esa Pioneer LTD kompaniyasi PVDF plenkalari asosida ishlangan birinchi ovoz kuchaytirgichlar va naushniklarni ishlab chiqara boshlagan. PVDF – bu yarim kristall polimer bo‘lib, uning kristallanish darajasi 50% ni tashkil qiladi. Huddi boshqa yarim kristall polimerlar kabi PVDF o‘zida amorf zonalarga ega bo‘lgan qatlamli strukturani taqdim qiladi. Uning kimyoviy formulasi SF_2SN_2 ning takrorlanuvchi zvenolaridan tashkil topadi:



PVDF ning molekulyar og'irligi taxminan 10 ni tashkil qiladi, bu taxminan 2000 ta takrorlanuvchi zvenoga to'g'ri keladi. Plenka amalda shaffof va infraqizil diapazonga yaqin diapazonda ko'rinuvchan bo'lib hisoblanadi va elektromagnit spektrining uzoq sohasidagi infraqizil nurlanishni yutadi. Uning zichligi 1780 kg/m^3 atrofida. PVDF mexanik jihatdan mustahkam va qayishqoq material bo'lib hisoblanadi. pyezodatchiklarda qo'llash uchun bu plenka bitta yoki birdaniga ikkita yo'nalishda shunday tortiladiki, bunda uning o'lchamlari bir necha marta oshadi. Qayishqoqlik koeffitsientlari (Yung moduli kabi) cho'zilish kattaligi bilan belgilanadi. Masalan, plenka 140°C haroratda 4:1 nisbatgacha cho'zilgan bo'lsa, uning Yung moduli 2.1 GPa ga teng bo'ladi, agar 6.8:1 nisbatgacha cho'zilgan bo'lsa, modul 4,1 GPa ni tashkil qiladi. Plenkaning solishtirma qarshiligi uning nisbiy cho'zilish kattaligiga bog'liq bo'ladi. Masalan, unchalik katta bo'lmagan cho'zilishda solishtirma qarshilik $6,3 \cdot 10^{15} \Omega\cdot\text{sm}$ ga teng bo'ladi. 7:1 cho'zilish darajasida esa u $2 \cdot 10^{16} \Omega\cdot\text{sm}$ ni tashkil qiladi.

Garchi PVDF plenkaning pyezoelektrik koeffitsiyentlari boshqa pyezomateriallarniki kabi, masalan, BaTiO_3 va PZT niki kabi unchalik yuqori bo'lmasada, ular hatto ularga elektr maydonlarining juda kuchli o'zgaruvchilari ta'sir ko'rsatgan taqdirda ham qutblanishni saqlab qolishdek noyob xususiyatga ega. Bu shuni bildiradiki, PVDF plenkaning d_{31} qiymati PZT ga qaraganda qariyb 10 marta kichik bo'lishiga qaramasdan, uning maksimal deformatsiyasi xuddi o'sha PZT ga qaraganda anchagina katta bo'lishi mumkin, chunki PVDF uchun elektr maydoning eng chekka yo'l qo'yiladigan kattaligi PZT uchun xuddi shunday tavsifdan 100 baravar oshiq. Buning ustiga PVDF plenklar vaqtda juda yaxshi barqarorlikka ega, 60°C haroratda saqlanganda ular olti oyda bor-yo'g'i 1-2% sezgirlikni yo'qotadi.

Pyezoplenkalarning pyezokeramikaga qaraganda boshqa bir afzalligi ularning past akustik impedansi bo'lib hisoblanadi, u qiymati bo'yicha suv, odam tanasining

to'qimalari va boshqa organik moddalarga yaqin bo'ladi. Masalan, pyezoplenkaning akustik impedansi suvning impedansidan bor-yo'g'i 2,6 martaga farq qiladi, pyezokeramika uchun esa u, qoidaga ko'ra, 11 martaga katta. Impedanslarning yaqin qiymatlari suvda va to'qimalarda akustik signallarni samaraliroq uzatishni amalga oshirish imkonini beradi. Pyezoelektrik plenkalar quyidagi noyob xususiyatlarga ega:

- Keng chastotalar diapazoni: $0,001 \dots 10^9$ Hz.
- Katta dinamik diapazon: $10^8 \dots 10^6$ psi (kvadrat dyuymga funt) yoki mkTorr dan Mbar gacha.
- Past akustik impedans: suv, odam tanasining to'qimalari va boshqa organik moddalarga yaqin.
- Yuqori qayishqoq beriluvchanlik.
- Yuqori chiqish kuchlanishi: bir xil kuchlar qo'yilganda pyezokeramikaga qaraganda 10 martaga oshiq.
- Dielektrikning yuqori elektr mustahkamligi: 75 V/mkm gacha bo'lgan maydonlarga bardosh beradi, bunda aksariyat pyezokeramik materiallar qutblanishni yo'qotadi.
- Yuqori mexanik mustahkamlik va zarbaga bardoshlilik: $10^9 \dots 10^{10}$ mustahkamlik darajasi.
- Yuqori barqarorlik: namlikka (namlikni yutish 0,02% dan kam), aksariyat kimyoviy reaktivlarga, oksidlovchilarga, qudratli ultrabinafsha va yadro nurlanishiga barqarorlik.
- Ulardan ixtiyoriy formadagi strukturani olish mumkin.
- Ularni odatdagi elimlar bilan tutashtirish mumkin.

Huddi boshqa ferroelektrik materiallar kabi PVDF ham piroelektrik xususiyatlarga ega, ya'ni haroratning o'zgarishiga javob tariqasida uning yuzasida elektr signali paydo bo'ladi. PVDF plenkalar 7...20 mkm to'liq uzunliklari diapazonida infraqizil nurlarni kuchli tarzda yutadi. Bu diapazon spektrning odam

tanasi tomonidan nurlatiladigan to'liq uzunliklariga mos keladi. Biroq PVDF plenkalarning o'zlari issiqlik nurlanishini yutishiga qaramasdan, piroelektrik datchiklarda ular ba'zan qiziqtiruvchi diapazonning to'liqlarini kuchli tarzda qaytaradigan ikkita yupqa elektrodlar orasiga joylashtiriladi. Bunday hollarda issiqlik nurlanishi manbaiga yaqinroq joylashgan elektrod yoki issiqlikni yutadigan qatlam bilan qoplanadi, yoki nixromdan (yuqori yutish qobiliyatiga ega bo'lgan qotishma) tayyorlanadi. PVDF plenkalari asosida odamlarning ko'chishini nazorat qiladigan datchiklar, shuningdek tunda kuzatish uchun mo'ljallangan videokameralar va lazerli nusxa ko'chirish priborlari kabi boshqa murakkabroq qurilmalar uchun piroelektrik datchiklar ishlanadi. Yaqinda PVDF plenka asosidagi, polimerlarga xos bo'lgan piroeffektdan foydalanadigan, barmoq izlarini identifikatsiyalash imkonini beradigan infraqizil matritsalar namoyish qilindi. PVDF ning keyingi yillarda ishlab chiqilgan yangi sopolimerlari pyezoelektrik polimer datchiklarda keng qo'llanilish sohasiga ega bo'lgan. Bunday polimerlardan anchagina yuqori haroratlarda (135°C) foydalaniladi, ulardan datchiklarning yangi formalarini – silindrik va yarim sferik datchiklarni olish mumkin. Ulardan ularning qalinligi PVDF plenkalari asosidagi qurilmalar uchun eng chekka qiymatlardan oshiq bo'lgan sensorlarni, masalan, ultraqalin qoplamali kremniyli datchiklarni va devorlarining qalinligi 1200 mkm dan oshiq bo'lgan silindrik gidrolokatorlarni tayyorlash mumkin. Pyezoelektrik kabellar ham ularning sopolimerlaridan foydalanadi.

Pyezoelektrik plenkalari asosidagi datchik, pyezokeramik qayta shakllantirgichlardan farqli o'laroq, anchagina keng dinamik va chastota diapazonlariga ega. Keng polosalar chastotasi (amalda 0 dan 2 GHz gacha) polimerlarga xos bo'lgan yumshoqlik bilan izohlanishi mumkin. Tovush signallarini uzatgichlarda ikkita uchidan qotirilgan plenkali pyezoelement d_{31} koeffitsiyent bilan belgilanadigan chastotada qaltiraydi (vibratsiyaga uchraydi). Bunday datchiklar 50 kHz gacha bo'lgan chastotada ishlaydigan ultratovush texnikalarida keng qo'llanilishga ega bo'lgan. Ultratovush uzatgichlarida (chastota 500 kHz dan oshiq) foydalanilganda pyezodatchiklarning chastotasi d_{33}

koeffitsiyent bilan belgilanadi. Maksimal uzatish koeffitsiyentiga qalinlik bo'yicha rezonans chastotasida erishiladi. 28 mkm qalinlikdagi plyonkali pyezoelektrik sensorning asosiy yarim to'liq rezonansi 40 MHz atrofida chastotada boshlanadi. Rezonans chastotasi har doim plenkaning qalinligiga bog'liq bo'ladi: u qalin plenklar uchun (1000 mkm) MHz birliklaridan to'yupqa plenklar uchun (bir necha mkm) >100 MHz gacha o'zgaradi.

Pyezoelektrik plenkalarda ishlangan datchiklar bir qator chegaralashlarga ham ega. Ular pyezokeramik sensorlarga qaraganda, ayniqsa rezonans chastotasi va past chastotalarda etarlicha kuchsiz elektromexanik bog'lanish koeffitsiyentiga ega bo'ladi, sopolimerlardan ishlangan plenkalardan 135°C dan oshiq bo'lmagan haroratlarda foydalanish va ularni shundan oshiq bo'lmagan haroratlarda saqlash mumkin, PVDF plenkalardan esa 100°C dan oshiq bo'lmagan haroratlarda foydalanish tavsiya qilinadi. Plenkaga elektrodlar kiritilishi bilanoq, olingan sensor elektromagnitik nurlanishga sezgir bo'lib qoladi. Qurilmalarni yuqori chastotali elektromagnitik xalaqit beruvchilar va radiochastotali shovqinlardan himoyalash uchun ekranlash uslubini qo'llash zarur bo'ladi. Pyezoelektrik plenklar past zichlik, ajoyib sezgirlik va mexanik mustahkamlikka ega. Pyezoplenkalarining qayishqoq deformatsiyasi keramikaning xuddi shunday tavsiflaridan 10 baravar oshiq. Pyezoelektrik polimerlarni yupqa plenkali strukturalarga, ularning mexanik ko'chishiga xalaqit bermasdan to'g'ridan-to'g'ri mahkamlash mumkin. Pyezoplenklar keng chastotalar diapazonida yuqori sezgirlikka ega bo'lishi lozim bo'lgan deformatsiya datchiklarida foydalanish uchun juda qo'l keladi. Polimerlarning past akustik impedansi keng polosalar chastotasida energiyani havoga va boshqa gazlarga samarali uzatadigan qayta shakllantirgichlarni tayyorlash imkonini beradi.

Juda kichik yarim o'tkazgichli datchiklarda pyezoelektrik effekt mexanik energiyani elektr signallariga va aksincha aylantirishning asosiy vositasi bo'lib hisoblanadi. biroq bu effektни o'zgaruvchan kirish signallarini qayta shakllantirish uchun qo'llash mumkin, uni statsionar va sekin o'zgaradigan tashqi ta'sirlar uchun qo'llab bo'lmaydi.

Kremniy oʻz-oʻzicha pyezoelektrik xususiyatlarga ega boʻlmasligi sababli unga bu xususiyatlarni pyezomateriallarning kristall qatlamlarini surkash bilan berish mumkin. Buning uchun koʻpincha quyidagi materillardan foydalaniladi: rux oksidi (ZnO), alyuminiy nitridi (AlN) va (PZT ($\text{Pb}(\text{ZnTi})\text{O}_3$)). Odatdagi pyezoelektrik datchiklarni qurish uchun asosan xuddi oʻsha materiallar qoʻllaniladi.

Rux oksidi faqatgina pyezoelektrik xususiyatlarga ega boʻlib qolmasdan, balki piroelektrik material ham boʻlib hisoblanadi. undan koʻpincha ultratovushli akustik datchiklar, yuzadagi akustik toʻlqinlarda ishlaydigan qurilmalar, mikrotarozilar va hokazolarni qurish uchun foydalaniladi. Rux oksidining asosiy yutugʻi kimyoviy eritishning osonligidir, rux oksidi koʻpincha changlash yoʻli bilan kremniyga surkaladi.

Alyuminiy nitridi yuqori akustik oʻtkazuvchanlik, namlikka va yuqori haroratga bardoshlilik tufayli ajoyib pyezoelektrik material boʻlib hisoblanadi. uning pyezoelektrik koeffitsiyenti rux oksidiga qaraganda biroz pastroq, biroq boshqa plenkali pyezomateriallarga qaraganda (keramika bu hisobga kirmaydi) yuqori. Alyuminiy nitridning akustik xususiyatlari undan gigagersli chastota diapazonida foydalanish imkonini beradi. Alyuminiy nitridning yupqa plenkalari odatda gaz fazasidan kimyoviy oʻtirgʻizish texnologiyalari yoki reaktiv epitaksiya uslubi bilan tayyorlanadi. Bu usullarning kamchiligi – taglikni yuqori darajagacha qizdirish zarurligidir (1300°C gacha).

Yupqa PZT plenkalari rux oksidi va alyuminiy nitridiga qaraganda katta pyezoelektrik koeffitsiyentga ega, bu ulardan issiqlik nurlanish detektorlarida foydalanishning istiqbolini belgilaydi.

Piroelektrik effekt. Piroelektriklar – bu kristall strukturali materiallar boʻlib, ularga issiqlik oqimi bilan taʼsir koʻrsatilganda ularda elektr zaryadlari paydo boʻladi. Piroelektrik effekt pyezoelektrik effektga juda yaqin. Shu bois oldingi boʻlimda aytilgan koʻpgina gaplar piroelektriklar uchun ham adolatlidir.

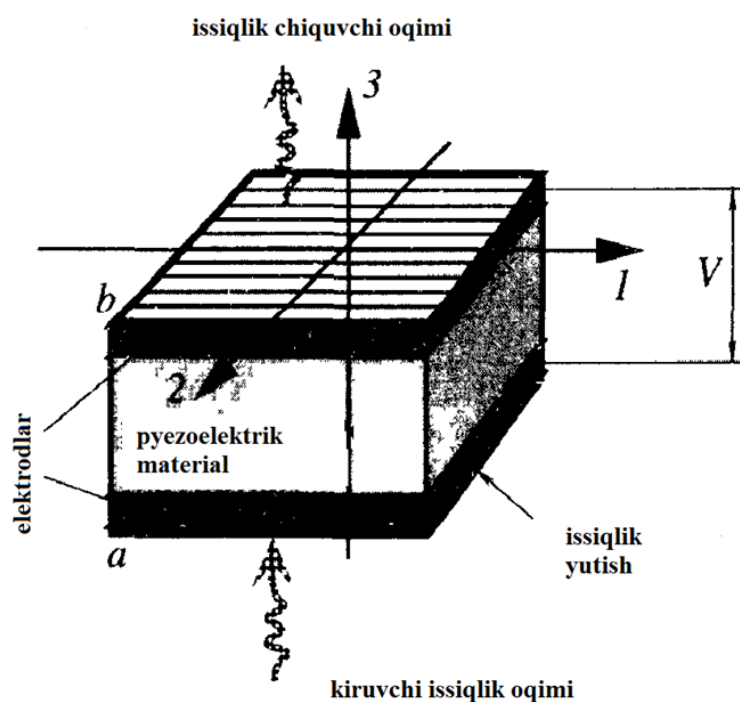
Xuddi pyezoelektriklar kabi piroelektriklardan ham qarama-qarshi tomonlariga issiqlik tomonidan induksiyalangan zaryadlarni to'plash uchun mo'ljallangan elektrodlar kiritilgan yupqa plenklar ko'rinishida foydalaniladi (4.12-rasm). Piroelektrik detektorni issiqlik oqimidan elektr zaryadlanadigan kondensator ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Bunday datchik hech qanday tashqi qo'zg'atish signallariga muhtoj bo'lmaydi, unga faqatgina zaryadni o'lchash uchun mos keluvchi interfeys elektron sxema talab qilinadi. Turli metallardan ishlangan ikkita elektrod statsionar, biroq har xil haroratda joylashgan bo'lganda ularning chiqishida doimiy kuchlanish paydo bo'ladigan termojuftliklardan (termoelektrik qurilmalar) farqli o'laroq, piroelektriklarda zaryad *haroratning o'zgarishiga* javob tariqasida paydo bo'ladi. Haroratning o'zgarishi issiqlik to'lqinlarining ko'chishi natijasida sodir bo'lishi sababli piroelektrik qurilmalar *issiqlik oqimining detektorlari* bo'lib hisoblanadi. Ularni ba'zan dinamik datchiklar deb atashadi, bu ularning fizikaviy tabiatiga mos keladi. Piroelektrik kristall tashqi issiqlik oqimining (masalan, infraqizil manbadan chiqayotgan nurlanish) ta'siriga tortilganda uning harorati ortadi, uning o'zi ham issiqlik manbaiga aylanadi. Shu sababli kristallning qarama-qarshi tomonida issiqlik oqib chiqishi sodir bo'ladi, bu 4.12- rasmda ko'rsatilgan.

Agar harorat o'zgarganda unda spontan qutblanish paydo bo'lsa, kristall piroelektrik xususiyatlarga ega deb hisoblanadi. 32 ta tipdagi kristallardan 21 tasi markazga nisbatan simmetriyaga ega emas, ulardan bor-yo'g'i 10 tasi piroelektrik xususiyatlarni namoyon qiladi. Bu kristallarning hammasi piroelektrik xususiyatlarga qo'shimcha ravishda u yoki bu darajada pyezoelektriklar bo'lib hisoblanadi, ya'ni ularda zaryad mexanik kuchlanishga javob tariqasida paydo bo'ladi.

Piroelektrik turmalin kristallida 18 asrdayoq ochilgan (biroq greklar bu hodisani bundan 23 asr oldin bilganligi to'g'risida ma'lumotlar bor). Keyinroq, 19 asrda piroelektrik datchiklarni tayyorlash uchun segnet tuzlarining kristallaridan foydalanilgan. 1915 yildan keyin piroelektriklar sifatida quyidagi materiallar qo'llanila boshlagan: KDP (KH_2PO_4), ADP ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) va PZT nomi bilan

ma'lum bo'lgan PbZnO_3 va PbTiO_3 kompozitsiyalar. Hozirgi kunda qaytar qutblanish xususiyatlariga ega bo'lgan 1000 dan oshiq materiallar ma'lum. Ular ferroelektrik kristallar deb ataladi. Ulardan eng qiziqarlilari triglitsin sulfat (TGS) va litiy tantalat (LiTaO_3) bo'lib hisoblanadi. 1969 yilda yaponiyalik olim Kawai ba'zi bir plastmassalar, masalan, polivinil ftorid (PVF) va polivinilidin ftorid (PVDF) kuchli pyezoelektrik xususiyatlarga ega ekanligini aniqlagan. SHuningdek bu materiallar piroelektriklar ham bo'lib hisoblanishi ma'lum bo'lgan.

4.12-rasmdagi piroelektrik datchik kristallning qarama-qarshi tomonlarida joylashgan ikkita elektrodga ega. Issiqlik pastdan 3 o'q bo'ylab kirib keladi va oqib chiqib ketadi. Har qanday piroelektrikni ularning har. biri o'zini xuddi kichkina elektr dipollari kabi tutadigan ko'p sonli kristallitlar kompozitsiyasi ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Bu dipollarning barchasi ixtiyoriy qaratilishga ega bo'ladi (4.9A- rasm). *Kyuri nuqtasidan* yuqori bo'lgan haroratda kristallitlarda dipol momenti bo'lmaydi. Piroelektriklarni tayyorlash pyezoelektriklarni ishlab chiqarish bilan bir xil bo'ladi.



4.12- rasm. Piroelektrik datchik

Nima uchun haroratning o'zgarishi piroelektrik effektga olib kelishini tushuntiradigan bir nechta mexanizmlar mavjud. Haroratning o'zgarishi alohida dipollarning uzayishi yoki kaltarishiga olib kelishi mumkin. Dipollarning qaratilishiga ularning haroratning ortishidan qo'zg'alishi ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu hodisalar *birlamchi piroelektrik* nomini olgan. SHuningdek *ikkilamchi piroelektrik* ham mavjud, uni soddalashtirilgan ko'rinishda pyezoelektrik effektning oqibati deb hisoblash mumkin (masalan, issiqlikdan kengayish natijasida materialda kuchlanish vujudga kelishi). 4.12-rasmda hajmning har qanday nuqtasida bir xil T_0 haroratga ega bo'lgan piroelektrik datchik ko'rsatilgan. Elektr qutblangan bo'lib qolganidan keyin dipollar shunday qaratilishga ega bo'ladiki, materialning bir tomoni musbat zaryadlangan, ikkinchi tomoni esa – manfiy zaryadlangan bo'lib qoladi. Biroq statsionar sharoitlarda erkin zaryad eltuvchilar (elektronlar va tuynuklar) qutblanish natijasida vujudga kelgan zaryadlarni neytrallaydi, elektrodlar va piroelektrik bilan hosil qilingan kondensator esa razryadlanadi (4.9D- rasm), bu datchikning chiqishida nolinch zaryadning paydo bo'lishiga olib keladi. Issiqlik sensorga issiqlik nurlanishi ko'rinishida kirib kelishi mumkin, u pastki elektrod tomonidan yutiladi va issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmidan foydalanish bilan piroelektrik bo'ylab tarqaladi. Pastki elektrod ba'zan qoraytirilgan oltin yoki organik bo'yoqdan tayyorlangan issiqlikni yutadigan qatlam bilan qoplanadi. Issiqlikni yutish natijasida sensorning pastki qismi qiziydi (uning yangi harorati T ga teng bo'lib qoladi), bu uning kengayishiga olib keladi, va o'z navbatida datchikning bukilishini chaqiradi. Hosil bo'lgan deformatsiya mexanik kuchlanish vujudga kelganligini, va shundan kelib chiqqan holda, dipollarning qaratilishi o'zgarganligini bildiradi. Sensorning materiali ham pyezoelektrik xususiyatlarga ega bo'lganligi sababli uning kuchlangan holati elektrodlarda qarama-qarshi belgili zaryadlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Bundan ko'rinib turibdiki, ikkilamchi piroelektrik effektning hodisalarning quyidagi ketma-ketligi bilan tasvirlash mumkin:

issiqlik nurlanishi $\rightarrow$ issiqlikning yutilishi $\rightarrow$ issiqlik bilan induksiyalangan mexanik kuchlanish $\rightarrow$ elektr zaryadi.

Hajmiy piroelektrik datchikning M dipol momentini quyidagi ifoda bo'yicha topish mumkin:

$$M = \mu Ah \quad (4.32)$$

Bunda μ – hajm birligiga to'g'ri keladigan dipol momenti, A – datchikning maydoni, h – uning qalinligi. Elektrodlarda to'plangan Q_a zaryad materiallarda quyidagi dipol momentining paydo bo'lishiga olib keladi:

$$M_0 = Q_a h \quad (4.33)$$

$M = M_0$ bo'lishi mumkin. Shu sababli:

$$Q_a = \mu Ah \quad (4.33)$$

Harorat o'zgarishi sababli dipol momenti ham doimiy bo'lib qolmaydi, bu zaryad induksiyanishiga olib keladi.

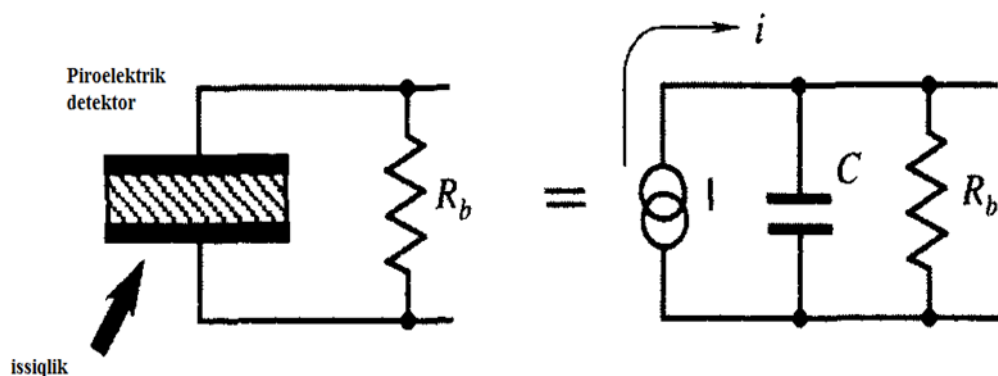
Yutilgan issiqlik miqdorini dipol momentining o'zgarishi orqali ifodalash mumkin, bunda μ T_a haroratga ham, material tomonidan yutilgan issiqlik energiyasining ΔW o'sishiga ham bog'liq bo'ladi:

$$\Delta Q_a = A\mu (T_a, \Delta W) \quad (4.34)$$

4.13-rasmda yoki ichki qarshiligini aks ettiradigan, yoki datchikning chiqishiga ulangan interfeys sxemaning kirish qarshiligini aks ettiradigan R_b rezistorga ulangan piroelektrik detektor ko'rsatilgan. Rasmning o'ng tomonida bunday sensorning ekvivalent elektr sxemasi ko'rsatilgan. U quyidagi uchta tarkibiy qismdan tashkil topgan:

- 1) i tok manbai, u issiqlik hosil bo'lishiga olib keladi (tok – bu elektr zaryadlarining harakati ekanligini esdan chiqarmaslik lozim);
- 2) C detektorning sig'imi;
- 3) R_b qarshiligi.

Konkret qo'llanilishga bog'liq ravishda piroelektrik detektorning chiqish signali yoki zaryad (tok), yoki kuchlanish bo'lishi mumkin. Piroelektrik datchik kondensator bo'lib hisoblanishi sababli, u R_b qarshilik orqali razryadlanadi. Bu rezistor orqali o'tadigan elektr tokining kattaligi va undagi kuchlanish issiqlik oqimi tomonidan induksiyanlangan zaryadga mos keladi.



4.13- rasm. Piroelektrik detektor va uning ekvivalent sxemasi

Piroelektrik effekt ikkita ko'effitsiyent bilan xarakterlanadi:

$$P_Q = \frac{dP_S}{dT} - \text{zaryad bo'yicha piroelektrik ko'effitsiyent}$$

$$P_V = \frac{dE}{dT} - \text{kuchlanish bo'yicha piroelektrik ko'effitsiyent} \quad (4.35)$$

Bunda P_S - spontan qutblanish (boshqacha qilib aytganda, *elektr zaryadi*), E – elektr maydonining kuchlanganligi, T – harorat, Kelvinlarda. Ikkita ko'effitsiyentning o'zaro munosabatini ϵ_r dielektrik singdiruvchanlik va ϵ_0 elektr doimiysi orqali ifodalash mumkin:

$$\frac{P_Q}{P_V} = \frac{dP_S}{dE} = \epsilon_r \epsilon_0 \quad (4.36)$$

Qutblanish haroratga bog'liq bo'ladi va shu sababli har ikkala piroelektrik ko'effitsiyent haroratning funksiyalari bo'lib hisoblanadi.

Piroelektrikka issiqlik manbai ta'sir ko'rsatganda uning harorati ΔT ga ortadi, bunda zaryad va kuchlanishning mos keluvchi o'zgarishlari sodir bo'ladi:

$$\Delta Q = P_Q A \Delta T \quad (4.37)$$

$$\Delta V = P_V h \Delta T \quad (4.38)$$

Agar datchikning sig'imi quyidagi ko'rinishda ifodalansa:

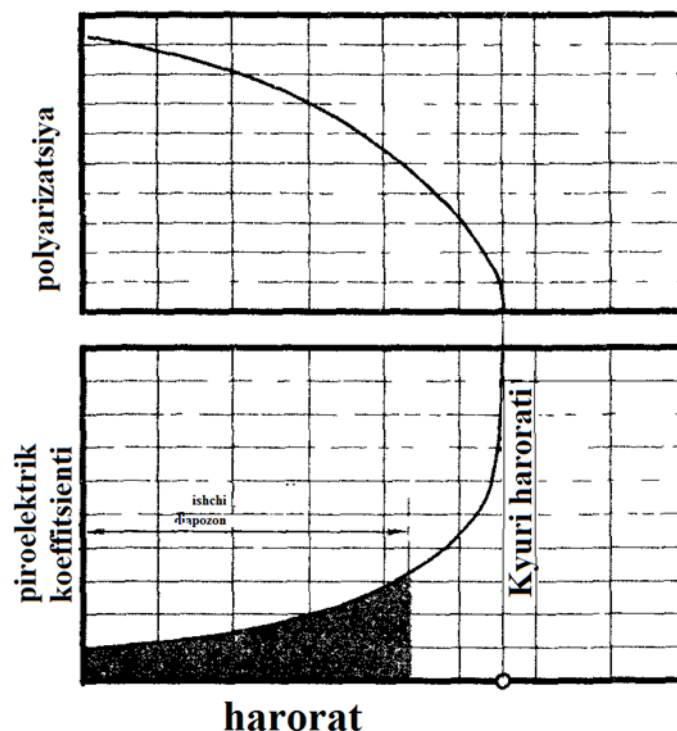
$$C_e = \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{h} \quad (4.39)$$

(4.37-4.39) tenglamalardan quyidagi munosabatni chiqarish mumkin:

$$\Delta V = P_Q \frac{A}{C_e} \Delta T = P_Q \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{h} \Delta T \quad (4.40)$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, datchikning chiqish kuchlanishi haroratning ortishiga va zaryad bo‘yicha piroelektrik koeffitsiyentga to‘g‘ri proporsional va uning qalinligiga teskari proporsional bo‘ladi.

Piroelektrik sezgir element haroratlarda o‘zgarishga tortilganda, harorat o‘zgarishi bilan uning qutblanishi ham (kristallning ichida induksiyalanadigan elektr zaryadi ham) o‘zgaradi. 4.14- rasmda qutblanishning haroratga tiplashgan bog‘lanishi ko‘rsatilgan. P_V kuchlanish bo‘yicha piroelektriklik koeffitsiyenti qutblanish egri chizig‘ining egilishiga mos keladi. Kyuri nuqtasiga yaqinlashganda bu koeffitsiyent keskin o‘sadi, bu mazkur harorat diapazonida qutblanishning g‘oyib bo‘lishi va piroelektriklikning yo‘qolishi bilan izohlanadi. Qutblanish egri chizig‘ining noxiziqiligi harorat ortishi bilan datchikning sezgirligining ortishi bilan tushuntiriladi deb taxmin qilinadi.



4.14 - rasm. Piroelektrik kristallning qutblanishi

Piroelektrik materialni tanlashda issiqlik energiyasining elektr energiyasiga aylanishining samaradorligini hisobga olish zarur bo'ladi, uni k_p^2 bog'lanish piroelektrik koeffitsiyenti bo'yicha baholash mumkin ($k_r - k$ bog'lanish pyezoelektrik koeffitsiyentining analogi bo'lib hisoblanadi). Bu koeffitsiyent piroelektrik samaradorlik $\Delta T/T_a$ eng chekka Karno qiymatidan necha marta past ekanligini ko'rsatadi.

Piroelektrik datchiklarni ishlab chiqarish uchun boshqa materiallardan ham, masalan, litiy tantalat va piroelektrik keramikadan ham foydalaniladi. Polimer plenkalarni qo'llash etarlicha keng ommalashmoqda. Keyingi yillar mobaynida yupqa piroelektrik plenkalalarni ishlab chiqarish texnologiyalari intensiv ravishda ishlab chiqildi. Qo'rg'oshin titanatini (PbTiO_3) qo'llash ayniqsa istiqbolli bo'lib hisoblanadi, u ferroelektrik keramik materiallar sinfiga kiradi va yuqori piroelektrik koeffitsiyentga va Kyuri haroratiga (490°C atrofida) ega.

4.15-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 lahzada 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 S issiqlik sig'iminining 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:

$$\tau_T = CR = cAhR \quad (4.41)$$

Bunda s – 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.

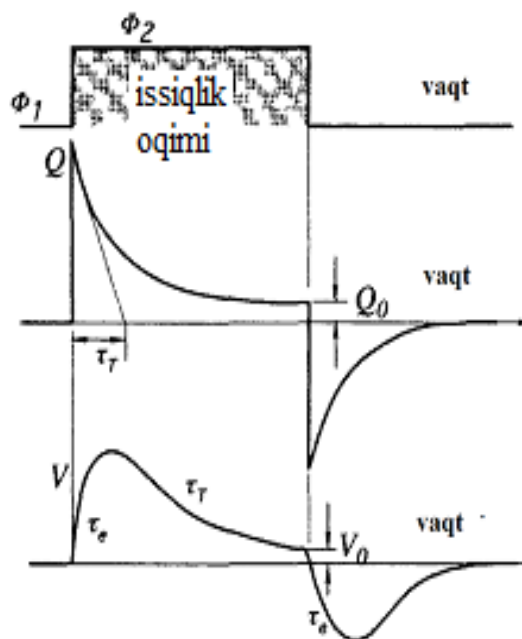
Piroelektrik datchikka juda katta issiqlik sig‘imiga ega bo‘lgan issiqlik manbai ta’sir ko‘rsatadi deb faraz qilamiz, shu sababli uning o‘zining issiqlik sig‘imini hisobga olmaslik mumkin bo‘ladi. Shunda muhitning T_b harorati o‘lchashlarni o‘tkazish paytida doimiy bo‘ladi, datchikning harorati esa vaqtning 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:

$$i = i_0 e^{-t/\tau_T} \quad (4.42)$$

bunda i_0 - tokning yuqori qiymati.

4.15- rasmda Q zaryad va V kuchlanish hech qachon nolgacha pasaymasligi ko‘rsatilgan. Nima uchun shunday bo‘lishini ko‘rib chiqamiz: piroelektrik issiqlik energiyasini datchikning a tomonidan oladi (4.12- rasm), 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.



4.15- 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:

$$F = qvB \quad (4.43)$$

Bunda $q = 1,6 \cdot 10^{19}$ Kl – elektron zaryadining kattaligi, V – 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. V

ning o'lchov birligi tesla bo'lib hisoblanadi: $1 \text{ Tesla} = 1 \text{ Nyuton}/(\text{amper} \times \text{metr}) = 10^4 \text{ Gauss}$.

Elektronlar V magnit maydoniga joylashtirilgan elektr o'tkazuvchan plastinkaning ichida harakatlanadi deb faraz qilamiz (4.16- rasm). Plastinkaning har ikkala tomoniga voltmetrqa 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 V_H 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:

$$V_H = h i B \sin a \quad (4.44)$$

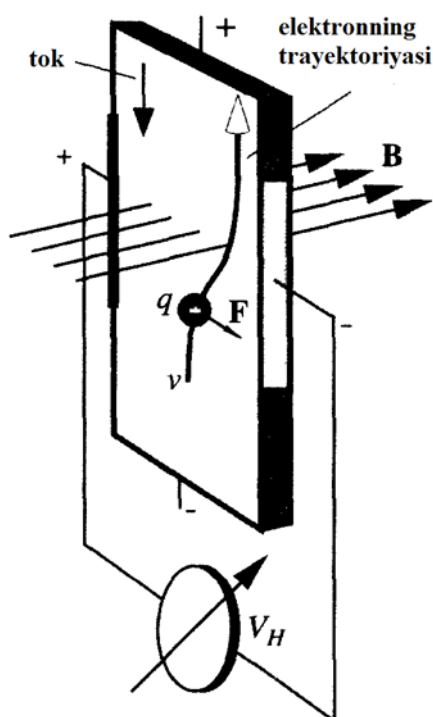
Bunda a – magnit maydoni vektori bilan Xoll plastinkasi tekisligi o'rtasidagi burchak (4.17- rasm), h – datchikning to'liq sezgirliqi, uning qiymatiga plastinka materialining tipi, uning geometriyasi (faol zonaning maydoni) va harorati ta'sir ko'rsatadi.

Xoll datchigining to'liq sezgirliqi *Xoll koeffitsiyentiga* bog'liq bo'ladi, u ko'ndalang elektr potensialining 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:

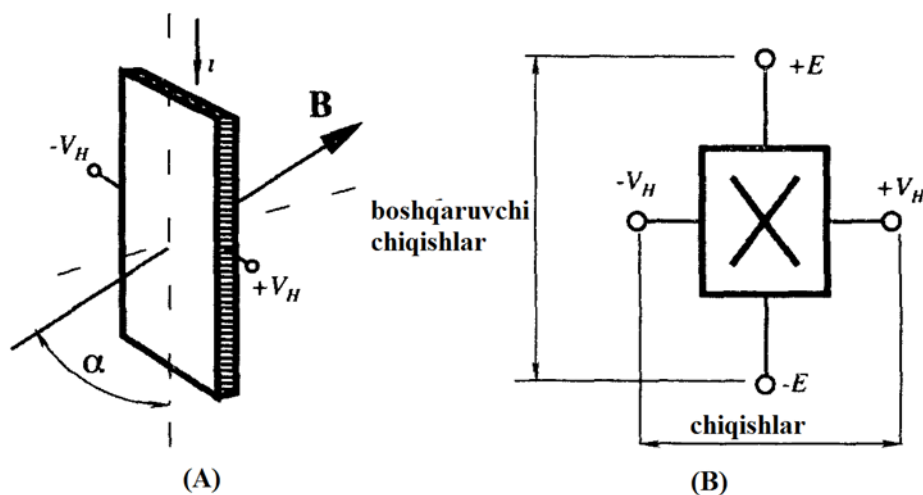
$$N = \frac{1}{N e q} \quad (4.45)$$

Bunda N - hajm birligidagi erkin elektronlar soni, s – yorug'lik tezligi. Materialning kristall strukturasiga bog'liq ravishda zaryadlar yoki elektronlar

(manfiy), yoki tuynuklar (musbat) bo‘lishi mumkin. Shu sababli Xoll effekti yoki musbat, yoki manfiy bo‘ladi.

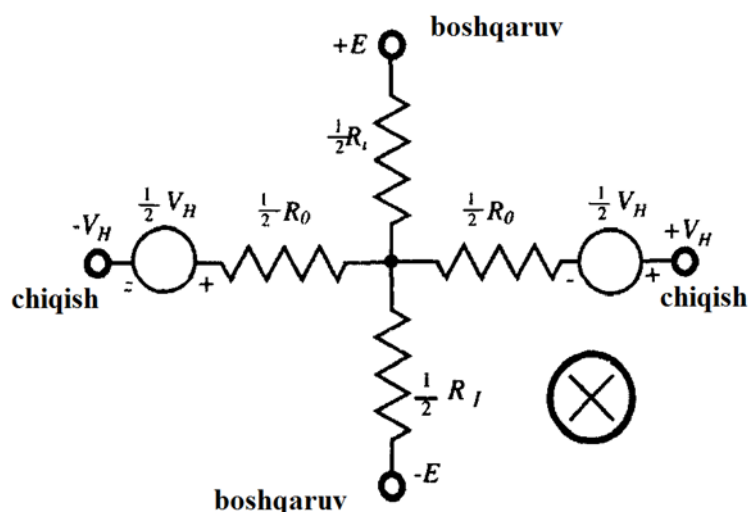


4.16- rasm. Xoll datchigi



4.17- rasm. A – Xoll datchigining chiqish signali 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 *boshqaruvchi chiqishlar*, ularning o'rtasidagi qarshilik esa – R_1 *boshqaruvchi zanjirning qarshiligi* deb ataladi. Chiqish kuchlanishini o'lchash uchun mo'ljallangan chiqishlar *differensial chiqishlar*, ularning o'rtasidagi qarshilik esa – R_0 *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 (4.18-rasm). 4.17B va 4.18- rasmdagi $\otimes$ belgi V vektor kuzatuvchidan teskari tomonga qarab yo'nalganligini bildiradi.



4.18- 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 erda yotgan kompasning strelkasi kutilmaganda burilgan (4.19A-rasm). 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 tok 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:

$$dV_a = a_a \frac{dT}{dx} dx \quad (4.46)$$

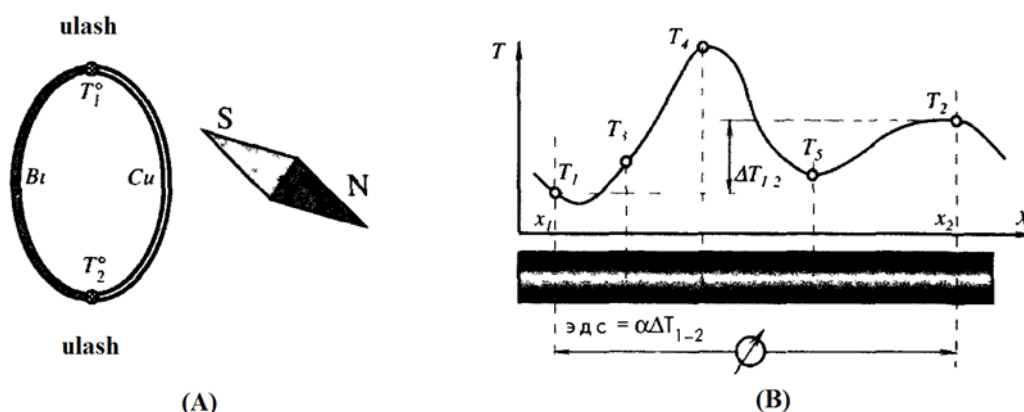
Bunda dT – unchalik katta bo'lmagan dx uzunlikdagi uchastkada harorat gradienti, a_a – materialning *absolyut Zeebek koeffitsiyenti*.

Agar material bir jinsli bo'lsa, a_a uning uzunligiga bog'liq bo'lmaydi, va (4.46) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

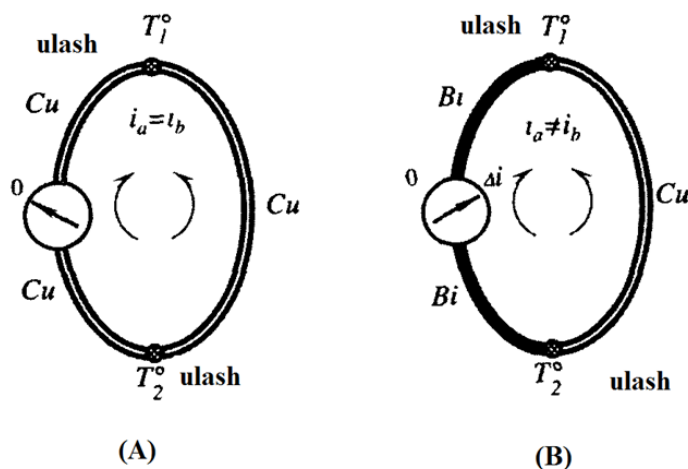
$$dV_a = a_a dT \quad (4.47)$$

(4.47) tenglama termoelektrik effektning asosiy matematik ifodasi bo'lib hisoblanadi. 4.19B-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 vol'tmetr o'tkazgichga 4.19B-rasmda ko'rsatilgandek qilib ulanadi. Bu bir qarashda osonday bo'lib tuyuladi, 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 (4.20A -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-qrshi 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.



4.19- rasm. A – Zeebek tajribasi, B – o'tkazgich bo'ylab o'zgaradigan harorat



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

Termoelektrlikni 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‘lish zarur bo‘ladi. Faqat shundagina ularning termoelektrik xususiyatlaridagi farqlarni aniqlash mumkin bo‘ladi. 4.20B-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‘rnita kuchlanish o‘lchansa, potentsiallar farqi faqatgina materiallarning tipi va ularning harorati bilan belgilanadi va boshqa hech qanday omilga bog‘liq bo‘lmaydi. Issiqlik tomonidan induksiyalangan potentsiallar farqi Zeebek kuchlanishi deb ataladi.

Ikkita o‘tkazgich bir-biri bilan tutashtirilsa nima sodir bo‘ladi? Metalldagi erkin elektronlar o‘zlarini huddi 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 koeffitsiyent esa – materialning noyob tavsifsi bo‘lib hisoblanadi. Ikkita turli materialni (A va V)

kombinatsiyalashda har doim Zeebek kuchlanishini aniqlash talab qilinadi. Buni *Zeebek differensial koeffitsiyenti* yordamida bajarish mumkin:

$$\alpha_{AV} = \alpha_A - \alpha_B \quad (4.48)$$

SHunda tutashuvdagi kuchlanish quyidagiga teng bo'ladi:

$$dV_{AV} = \alpha_{AB} dT \quad (4.49)$$

(4.49) tenglama ba'zan differensial koeffitsiyentni aniqlash uchun qo'llaniladi:

$$\alpha_{AV} = \frac{dV_{AB}}{dT} \quad (4.50)$$

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

$$V_{AV} = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 = -0,0543 + 4,094 \cdot 10^{-2} T + 2,874 \cdot 10^{-5} T^2 \quad (4.51)$$

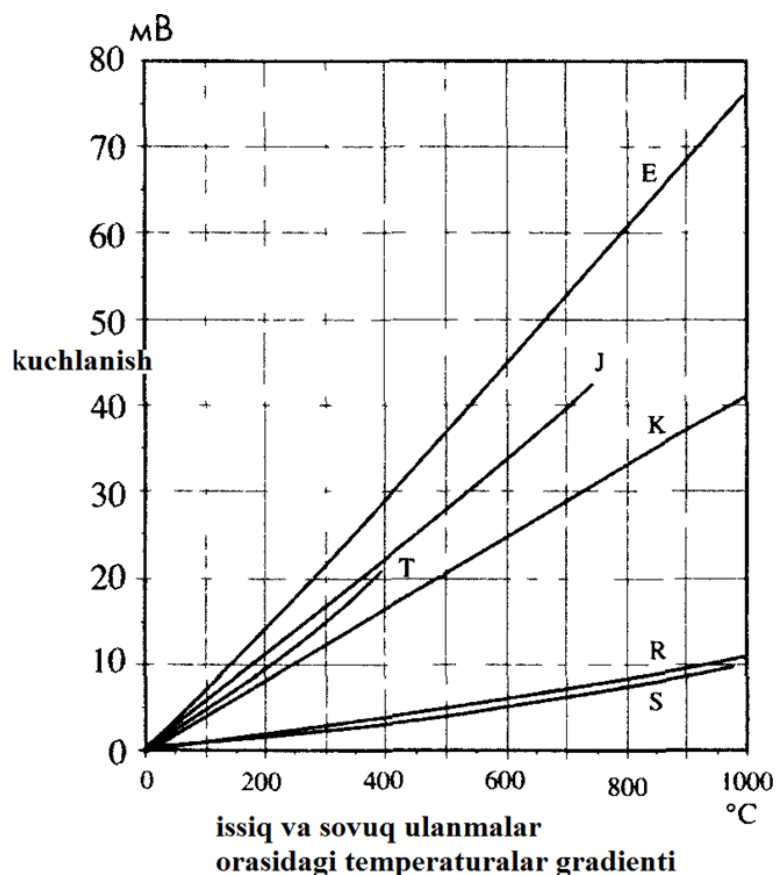
Shunda Zeebek differensial koeffitsiyenti uchun ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$a_T = \frac{dV_{AB}}{dT} = \alpha_1 + 2 \alpha_2 T = 4,094 \cdot 10^{-2} + 5,748 \cdot 10^{-5} T \quad (4.52)$$

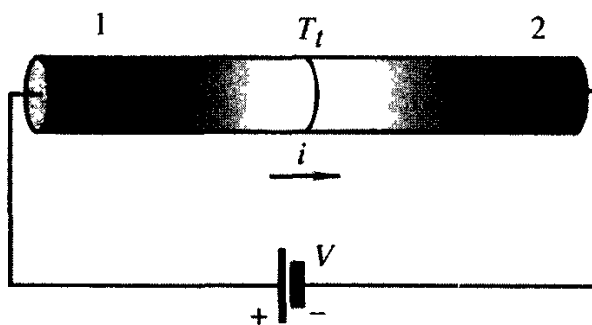
Tenglamadan ko'rinib turibdiki, koeffitsiyent haroratdan chiziqli funksiya bo'lib hisoblanadi. u ba'zan termojuft tutashmaning *sezgirligi* deb ataladi. Qoidaga ko'ra, sovuqroq haroratda joylashadigan etalon tutashma *sovuq ulanma*, ikkinchi tutashma esa – *issiq ulanma* deb ataladi. Zeebek koeffitsiyenti 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 energiyasiga 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-Shatellye 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, 4.21- 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.



4.21- rasm. Standart termojuftliklarda chiqish kuchlanishining sovuqlik va issiqlik kavsharlar o'rtasidagi haroratlar gradientiga bog'lanishi



4.22- rasm. Peltie effekti

Hozirgi kunda Zeebek effekti integrallangan datchiklarda qoʻllaniladi, ularda mos keluvchi materiallar juftliklari yarim oʻtkazgich tagliklar yuzasiga surkaladi. Bunday datchiklarga misol boʻlib issiqlik nurlanishlarini aniqlaydigan termoelement xizmat qila oladi. Kremniy etarlicha katta Zeebek koeffitsiyentiga ega boʻlganligi sababli, uning asosida yuqori sezgirlikka ega boʻlgan termoelektrik detektorlar tayyorlanadi. Zeebek effekti E_G Fermi energiyasining harorat bogʻlanishi bilan bogʻlanadi, shu sababli n -tipidagi kremniy uchun Zeebek koeffitsiyentini qiziqtiradigan harorat diapazonidagi (xona haroratidagi datchiklar uchun) solishtirma elektr qarshiligidan funksiya bilan approksimatsiyalash mumkin:

$$a_a = \frac{mk}{q} \ln \left\{ \frac{p}{p_0} \right\} \quad (4.53)$$

bu yerda $p_0 = 5 \cdot 10^{-6} \, \Omega \cdot m$ va $m = 2,5$ konstantalar boʻlib hisoblanadi. k – Bolsman doimiysi, q - elektr zaryadi. Legirlaydigan qoʻshimchalar yordamida 0,3 ... 0,6 mV/K atrofida Zeebek koeffitsiyentiga ega boʻlgan materiallar olinadi.

Oʻn toʻqqizinchi asrning boshlarida keyinchalik fizikka aylangan fransuz soatsozi Jan Sharl Atanas Peltie (1785-1845) elektr tokining bir materialdan ikkinchisiga oʻtishida ularning tutashuv joyida yoki issiqlik ajralishi, yoki issiqlik yutilishi sodir boʻladi, bu tokning yoʻnalishiga bogʻliq boʻlishini aniqlagan:

$$dQ_p = \pm p i dt \quad (4.54)$$

Bunda i – tok kuchi, t – vaqt, p koeffitsiyent kuchlanish o‘lchamliligiga ega va materialning termoelektrik xususiyatlari bilan belgilanadi. Shuni qayd qilish lozimki, issiqlik miqdori boshqa tutashuvlarning haroratiga bog‘liq bo‘lmaydi.

Peltye 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 induksiyalanadigan holat uchun ham xarakterlidir.

Peltye effekti ikkita vaziyatda qo‘llaniladi: yoki 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 xususiyat haroratni pretsizion nazorat qilishni amalga oshirish talab qilinadigan qurilmalarda qo‘llanilishga ega bo‘lgan. Peltye va Zeebek effektlari bir hil tabiatga ega deb hisoblanadi. biroq shuni yaxshi anglash kerakki, Peltye va Joul issiqligi bir-biridan farq qiladi. Peltye issiqligi, Joul issiqligidan farqli o‘laroq, tok kuchiga chiziqli bog‘liq bo‘ladi (Joul 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: $P = i^2/R$, R – o‘tkazgichning qarshiligi). Peltye 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. Peltye 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 Furye issiqlik o‘tkazuvchanlik hodisasi hamrohlik qiladi, elektr toki o‘tganda esa Joul issiqligi ajraladi. Shu bilan birgalikda elektr tokining o‘tishi Peltye 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 Peltze effektlari) Zeebekning elektr yurituvchi kuch uchun ifodasida to‘rtta tarkib topuvchi ko‘rinishida ifodalanadi:

$$E = p_{AB}|T_2 - p_{AB}|T_1 + \int_{T_1}^{T_2} \sigma_A dT - \int_{T_1}^{T_2} \sigma_B dT = \int_{T_1}^{T_2} a_{AB} dT \quad (4.55)$$

Bunda σ – Tompson koeffitsiyenti deb ataladigan kattalik, uni Tompsonning o‘zi σ bilan termodinamikada qabul qilingan odatdagi s issiqlik sig‘imini solishtirish bilan solishtirma elektr issiqlik sig‘imi deb atagan. σ kattalik haroratlar farqi birligiga va massa birligiga to‘g‘ri keladigan issiqlik ajralishi qanday tezlik bilan sodir bo‘lishini ko‘rsatadi.

4.4 Tovush to‘lqinlari

Tovush to‘lqinlari deb muhitning (qattiq jismlar, suyuqliklar va gazlarning) ma’lum bir chastota bilan sodir bo‘ladigan davriy siqilishlari va kengayishlariga aytiladi. Muhitning tarkibiy qismlari to‘lqinning tarqalish yo‘nalishida tebranma harakatlarni sodir qiladi, shu sababli bunday to‘lqinlar bo‘ylama mexanik to‘lqinlar deb ataladi. *Tovush to‘lqini* 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‘lqinlar *infratovushlar*, 20 kHz dan yuqorilari esa – *ultratovushlar* deb ataladi. Agar to‘lqinlarni klassifikatsiyalash boshqa jonivorlarga, masalan, itlarga nisbatan olib borilganda edi, tovush to‘lqinlarining diapazoni anchagina keng bo‘lgan bo‘lar edi.

Infratovush to‘lqinlarini detektorlash qurilish konstruksiyalarini tadqiq qilish, er qimirlashlarini oldindan aytilish va katta geometrik o‘lchamlarga ega bo‘lgan boshqa obyektlarni o‘rganishda qo‘llaniladi. Odamlar, garchi ularni eshitmasada, katta amplitudali infratovush to‘lqinlarini his qiladilar, bunda ularda sarosimaga tushish, qo‘rquv kabi va boshqa psixologik holatlar paydo bo‘ladi. Tovush diapazonidagi to‘lqinlarga torlarning tebranishi (torli musiqa asboblari), havo ustunining vibratsiyasi (puflab chalinadigan musiqa asboblari), plastinkalarning

ovozi (zarba berib chalinadigan musiqa asboblari, tovush bog‘lamlari, ovoz kuchaytirgich) misol bo‘lib hisoblanadi. tovushlarning vujudga kelish tabiati qanday bo‘lishidan qat’iy nazar, bunda havoning navbatma-navbat siqilishi va siyraklashishi sodir bo‘ladi, bunda to‘lqinlar hamma tomonga tarqaladi. Tovush to‘lqinlarining spektri o‘ta turli-tuman – metronomning oddiy bir xil tovushidan skripkaning boy 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:

$$B = \frac{\Delta p}{\Delta V/V} = p_0 v^2 \quad (4.56)$$

Bunda p_0 – siqilish zonasidan tashqaridagi zichlik, v – tovushning muhitdagi tezligi. Bundan tovushning tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$v = \sqrt{\frac{B}{p_0}} \quad (4.57)$$

Shundan kelib chiqqan holda, tovushning tezligi muhitning qayishqoqligi (V) va inersion xususiyatlariga (r_0) bog‘liq bo‘ladi. Har ikkala o‘zgaruvchi haroratning funksiyasi bo‘lib hisoblanishi sababli, tovushning tezligi ham haroratga bog‘liq bo‘ladi. Bu hususiyat akustik termometrlarning asosiga qo‘yilgan. Qattiq jismlar uchun bo‘ylama tezlik E Yung moduli va W Puasson koeffitsiyenti orqali aniqlanishi mumkin:

$$V = \sqrt{\frac{E(1-W)}{p_0(1+W)(1-2W)}} \quad (4.58)$$

Shuni qayd qilish lozimki, tovushning tezligi haroratga bog‘liq bo‘ladi, buni konkret datchiklarni ishlab chiqishda har doim hisobga olish zarur bo‘ladi.

Tovush to‘lqinining organ trubasida tarqalishini ko‘rib chiqamiz, bunda havoning har bir kichkina hajmiy elementi muvozanat holatining atrofida tebranma

harakatlarni sodir qiladi. Sof garmonika uchun elementar hajmning muvozanat holatiga nisbatan siljishini quyidagi ifoda bilan tasvirlash mumkin:

$$y = y_m \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x-vt) \quad (4.59)$$

bunda x – muvozanat holati, u – muvozanat holatidan siljish, y_m – amplituda, λ – to‘lqinning uzunligi. Amaliyotda tovush to‘lqinida bosimning o‘zgarishini ko‘rib chiqish qulayroq bo‘ladi:

$$p = (k p_0 v^2 y_m) \sin(k x - \omega t) \quad (4.60)$$

bunda $k = 2\pi/\lambda$ – to‘lqinning tartibi, ω – burchak chastotasi, birinchi qavsdagi a’zolar esa tovush bosimining p_m amplitudasiga mos keladi. Shuni qayd qilish lozimki, (4.59) va (4.60) tenglamalardagi sin va cos siljish to‘lqinlari 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‘lqin tarqalayotgan paytda havoning vibratsiyalanayotgan zarrachalari muvozanat holatining atrofida ξ lahzalik tezlik binoan tebranma harakatlarni sodir qiladi. Akustik bosim bilan lahzalik tezlikning (to‘lqinning tezligi bilan adashtirmang!) nisbati akustik impedans deb ataladi:

$$Z = \frac{P}{\xi} \quad (4.61)$$

U amplituda va faza bilan xarakterlanadigan kattalik bo‘lib hisoblanadi. Ideal muhit uchun (yo‘qolishlar bo‘lmagan muhit uchun) Z – to‘lqinning tezligi bilan

$$Z = p_0 v \quad (4.62)$$

munosabat bilan bog‘lanadigan haqiqiy son bo‘ladi.

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

$$I = P \xi = \frac{p^2}{Z} \quad (4.63)$$

Biroq amaliyotda tovush ko‘pincha intensivlik bilan emas, balki tovushning darajasi deb ataladigan β parametr bilan xarakterlanadi, u $I_0 = 10^{12} \text{ Wt/m}^2$ standart intensivlikka nisbatan aniqlanadi:

$$\beta = \log_{10} \left\{ \frac{I}{I_0} \right\} \quad (4.64)$$

I_0 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 biln atalgan. $I = I_0$ bo‘lganda $\beta = 0$ bo‘ladi. Bosim darajalarini ham detsibellar orqali ifodalash mumkin:

$$P = \log_{20} \left\{ \frac{p}{p_0} \right\} \quad (4.65)$$

Bunda $p_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ (0,0002 mkbar) = $2,9 \cdot 10^9 \text{ psi}$.

4.1-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_0 intensivlik uchun keltiriladi, bu erda eshitish sezgirliigi maksimal bo‘ladi.

4.1- jadval

1000 Hz chastotaga mos keladigan I_0 intensivlik uchun β tovush darajalari

Tovush manbai	dB	Niagara sharsharasi	85
Raketa dvigateli 50 m masofada	200	Tiqilinch avtomobil yo‘li	80
Tovush to‘sig‘idan oshib o‘tish	160	Avtomobil 5 m masofada	75
Gidravlik press 1 m masofada	130	Idish yuvish mashinasi	70
Og‘riq ostonasi	120	1 m masofadan gaplashish	60
10 Wt Hi-Fi ovoz kuchaytirgich 3 m masofada	110	Hisob-kitob byurosi	50
Ovoz so‘ndirgichsiz mototsikl	110	Shahar ko‘chasi (transportsiz)	30
Rok-n-roll	100	1 m masofadan shivirlash	20
Metro poyezdi 5 m masofada	100	Barglarning shitirlashi	10
Pnevmatik drel 3 m masofada	90	Eshitish ostonasi	0

4.5. 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 nochiziqli 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 ularda 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. Bularning 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 yoki 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 (oziq-ovqatlarning to'yimlilikini o'lchaydigan 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 qiziqtirmagan. 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

harorati odamning millati va boshqa ko‘plab omillarga bog‘liq bo‘lishini hisobga olmagan. Hozirgi kunda sog‘lom odamning harorati $97 \dots 100^{\circ}\text{G}$ ($36 \dots 37,7^{\circ}\text{C}$) oraliqda 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 $1^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$, $0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$):

$$^{\circ}\text{S} = ^{\circ}\text{K} - 273,15^{\circ} \quad (4.66)$$

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:

$$^{\circ}\text{G} = 32 + 1,8^{\circ}\text{C} \quad (4.67)$$

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

Issiqlikdan kengayish. Harorat ortishi bilan barcha qattiq obyektlarning hajmi ortadi, bu atomlar va molekulalarning tebranma harakati natijasida sodir bo‘ladi. Harorat oshganda atomlar o‘rtasidagi o‘rtacha masofa ortadi, bu butun qattiq jismning kengayishiga olib keladi. Har qanday chiziqli o‘lchamning o‘zgarishi (uzunlik, kenglik yoki balandlik) *chiziqli kengayish* deb ataladi. T_2 haroratda obyektning l_2 uzunligi T_1 haroratga mos keladigan l_1 boshlang‘ich uzunlikka quyidagi munosabat orqali bog‘lanadi:

$$l_2 = l_1[1 + a(T_2 - T_1)] \quad (4.68)$$

Bunda a chiziqli kengayish koeffitsiyenti deb ataladi. Turli materiallar uchun uning qiymati bir xil emas. Bu koeffitsiyentni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$a = \frac{\Delta l}{l} \frac{1}{\Delta T} \quad (4.69)$$

bunda $\Delta T = T_2 - T_1$. Issiqlikdan kengayishni yanada aniqroq qilib yuqori tartibli polinomlar yordamida tasvirlash mumkin: $l_2 = l_1[1 + a_1(T_2 - T_1) + a_2(T_2 - T_1)^2 + a_3(T_2 - T_1)^3 + \dots]$, biroq amaliyotda chiziqli approksimatsiyalash odatda etarli bo‘ladi. Qat’iy qilib aytadigan bo‘lsak, a koeffitsiyent amaldagi haqiqiy haroratga bog‘liq bo‘ladi. Biroq amaliyotda aksariyat hollarda a ning kichik o‘zgarishlarini hisobga olmaslik mumkin. *Izotrop materiallar* deb ataluvchi materiallar uchun kengayish koeffitsiyentlari har qanday yo‘nalishda teng bo‘ladi. Obyektning maydoni va uning hajmining unchalik katta bo‘lmagan o‘zgarishini yuqori aniqlik darajasi bilan quyidagi ifoda yordamida ifodalash mumkin:

$$\Delta A = 2aA\Delta T \quad (4.70)$$

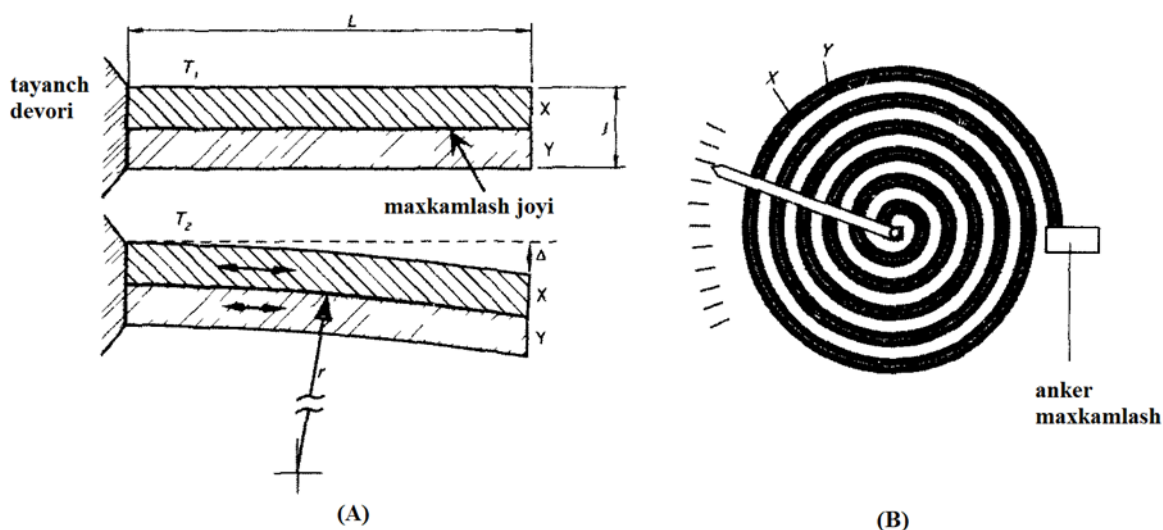
$$\Delta V = 3aV\Delta T \quad (4.71)$$

Issiqlikdan kengayish – juda foydali fizikaviy hodisa bo‘lib hisoblanadi, uning asosida ko‘plab datchiklar ishlab chiqilgan, ular yoki issiqlik energiyasini o‘lchaydi, yoki undan qo‘zg‘atish signali sifatida foydalanadi. Bir-biriga elimlangan X va Y plastinkalardan tashkil topgan ko‘p qatlamli strukturani ko‘rib chiqamiz (4.23A- rasm). Plastinkalar bir xil qalinlik va yuza maydoniga va bir xil

qayishqoqlik moduliga ega, biroq a_1 va a_2 issiqlikdan kengayish koeffitsiyentlari har xil: $a_1 > a_2$. Plastinkalar chap tomondan tayanch devorga mahkamlangan. Plastinka qiziganda, ya'ni uning harorati T_1 dan T_2 ga o'zgarganda X plastinka Y plastinkaga qarganda ko'proq kengayadi. Ikki plastinkaning mahkamlanish zonasi X plastinkaga bir tekis kengayish imkonini bermaydi, shu bilan birgalikda Y plastinkani uning a koeffitsiyentiga qaraganda ko'proq kengayishga majbur qiladi. Bularning barchasi ichki kuchlanish vujudga kelishiga olib keladi, natijada struktura pastga qarab bukiladi. Bukilish radiusini quyidagi ifoda yordamida baholash mumkin:

$$r = \frac{2j}{3(a_X - a_Y)(T_2 - T_1)} \quad (4.72)$$

Bukilish natijasida maksimal chetlashish konstruksiyaning erkin uchida kuzatiladi. Bu chetlashish harorat o'zgarishining o'lchovi bo'lib xizmat qilishi mumkin. Kalibrlash haroratida struktura gorizontol holatni egallaydi deb faraz qilinadi, biroq bu har doim ham shunday bo'lavermaydi, chunki kalibrlashda strukturaning formasi aniq vazifaning shartlari bilan belgilanadi. Amalda biometall struktura haroratni siljishga qayta shakllantirgich bo'lib hisoblanadi.



4.23- rasm. A – ikki qatlamli strukturaning egilishi, B – harorat datchigi sifatida foydalaniladigan biometall spiral

Bunday qayta shakllantirgichlarning aksariyati temir-nikel-xrom qotishmalaridan biometall plastinkalar ko‘rinishida ishlanadi. Ular $-75 \dots +600^{\circ}\text{C}$ harorat daipazonida o‘zini yaxshi tomondan ko‘rsatgan. Biroq unchalik katta bo‘lmagan harorat o‘zgarishlarini o‘lchash uchun biometall plastinkalar to‘g‘ri kelmaydi, chunki juda katta bukilish radiusiga (bir necha metr) va shundan kelib chiqqan holda, strukturaning uchining juda kichik chetlashishiga ega bo‘ladi. Biometall plastinkaning uchining chetlashishini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$\Delta = r \left\{ 1 - \cos \left\{ \frac{180L}{\pi r} \right\} \right\} \quad (4.73)$$

Bu yerda r (4.73) tenglamadan topiladi, L esa plastinkaning uzunligiga mos keladi. Masalan, latun ($a = 20 \cdot 10^6$) va xromdan ($a = 6 \cdot 10^6$) tayyorlangan, uzunligi $L = 50$ mm, qalinligi $j = 1$ mm bo‘lgan biometall plastinka uchun harorat 10°C ga oshganda chetlashish $\Delta = 0,26$ mm ni tashkil qiladi. Bunday chetlashishni qurollanmagan ko‘z bilan sezish juda qiyin, shu sababli sanoat termometrlarida biometall plastinka spiral formasida ishlanadi (4.23B-rasm). Bu L uzunlikni anchagina oshirish, va shundan kelib chiqqan holda, Δ chetlashish kattaligini ham oshirish imkonini beradi. Yuqorida keltirilgan misol uchun $L = 200$ mm bo‘lganda chetlashish 4,2 mm ga teng bo‘ladi, bu oldingi qiymatga qaraganda anchagina katta. Zamonaviy datchiklarda biometall strukturalar mikrotexnologiyalar uslublari bilan tayyorlanadi.

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:

$$C = cm \quad (4.74)$$

Bunda s – materialning issiqlik xususiyatlari bilan belgilanadigan konstanta. U *solishtirma issiqlik sig'imi* deb ataladi va uning uchun quyidagi nisbat adolatli bo'ladi:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (4.75)$$

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 sig'imi deyarli doimiy bo'lib hisoblanadi. Deyarli – biroq butunlay emas, u muzlash harorati atrofida biroz yuqoriroq, 35°C oralig'ida va 38 ... 100°C intervalda biroz pastroq bo'lib qoladi. Shuningdek suvning eng past solishtirma issiqlik sig'imi 37°C ga, barcha issiq qonli mavjudotlarning biologik optimal haroratiga mos kelishi qayd qilingan.

Shuni qayd qilish mumkinki, qoidaga ko'ra, material qanchalik og'ir bo'lsa, uning solishtirma issiqlik sig'imi shunchalik past bo'ladi.

4.6. Issiqlik uzatilishi

Issiqlikning ularni bilish zarur bo'lgan ikkita fundamental xususiyati mavjud:

1. Issiqlikda hech qanday spetsifik tavsiflar yo‘q: bu shuni bildiradiki, u turlicha fizikaviy tabiatga ega bo‘lishi mumkin, uni o‘lchash mumkin, biroq bunda uni ajratib bo‘lmaydi.

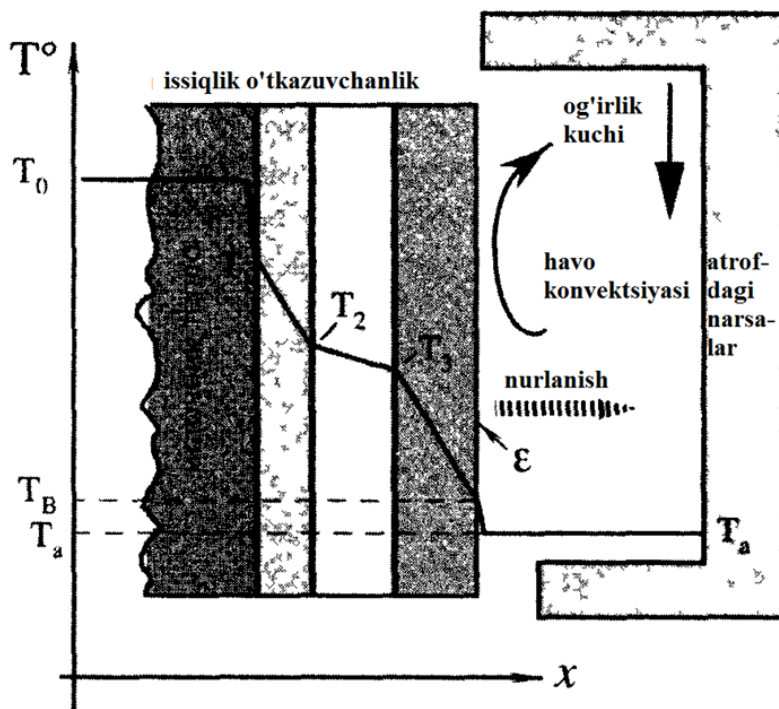
2. Issiqlikni chegaralab bo‘lmaydi: bu shuni bildiradiki, u tizimning issiq qismlarilan sovuq qismlariga erkin uzatiladi.

Issiqlik energiyasi bir obyektidan boshqa obyektga uchta usul bilan uzatilishi mumkin: issiqlik o‘tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish. Obyektlardan biri, issiqlikni olgan yoki bergan obyekt issiqlik detektori bo‘lishi mumkin. Uning funksiyasi obyekt to‘g‘risida ma’lum bir ma’lumot olish uchun obyekt ajratadagan yoki obyekt tomonidan yutiladigan issiqlik miqdorini o‘lchashdan iborat bo‘ladi. Bunday ma’lumot obyektning harorati, kimyoviy reaksiyalarning issiqligi, obyektning joylashuvi yoki ko‘chishi va hokazolar bo‘lishi mumkin.

Sendvich ko‘rinishidagi ko‘p qatlamli strukturani ko‘rib chiqamiz, bu erda har bir qatlam boshqa-boshqa materialdan tayyorlangan. Qatlamlar orqali issiqlik o‘tganda strukturaning harorat profili har bir qatlamning qalinligi va issiqlik o‘tkazuvchanligi bilan belgilanadi. 4.24-rasmda uch qatlamli struktura ko‘rsatilgan, unda birinchi qatlam issiqlik manbai bilan (cheksiz issiqlik sig‘imi va yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan qurilma bilan) kontaktida bo‘ladi. O‘zini xuddi “cheksiz” issiqlik manbai kabi tutadigan eng qo‘l keladigan qattiq obyektlardan biri nazorat qilinadigan haroratga ega bo‘lgan katta hajmli mis jism bo‘lib hisoblanadi. Issiqlik manbaining ichidagi harorat qatlamli struktura bilan yonma-yon joylashgan juda tor zonadan tashqari hamma joyda doimiy va yuqori bo‘ladi. Issiqlik bir materialdan ikkinchi materialga issiqlik uzatilish mexanizmi orqali uzatiladi. Har bir qatlamning ichida haroratning tushish tezligi materialning issiqlik hususiyatlari bilan belgilanadi. Oxirgi qatlam issiqlikni konveksiya mexanizmi orqali havoga va infraqizil nurlanish yordamida yon-atrofdagi obyektlarga beradi. Shunday qilib, 4.24-rasm issiqlikning bir obyektidan boshqasiga uzatilishining mumkin bo‘lgan uchta usulini xam 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 mexanizmi orqali issiqlik uzatilishi suvning oqishi yoki elektr tokiga o'xshaydi. Masalan, issiqlikning sterjenъ orqali o'tishi Om qonuniga o'xshash bo'lgan ifoda bilan tasvirlanadi.



4.24- 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") (dT/dx) proporsional bo'ladi:

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (4.76)$$

Bunda k – materialning *issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti* 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:

$$H = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (4.77)$$

Bunda L – simning uzunligi.

Amaliyotda ko‘pincha issiqlik o‘tkazuvchanlik koefitsiyentining o‘rniga issiqlik qarshiligidan foydalaniladi, u quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \frac{L}{k} \quad (4.78)$$

Bu holda (4.77) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$H = A \frac{T_1 - T_2}{R} \quad (4.79)$$

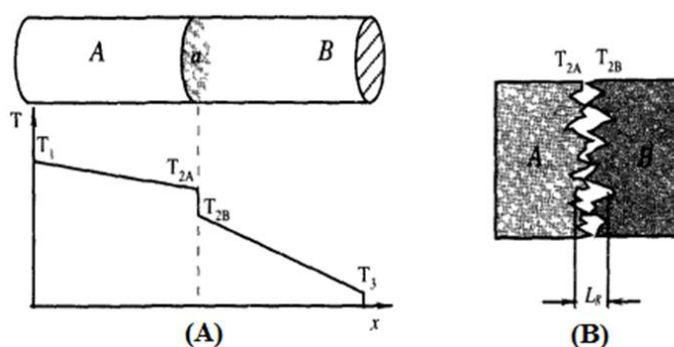
4.25- rasmda turlicha issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan materiallardan tashkil topgan ko‘p qatlamli strukturaning ichidagi ideal harorat profili ko‘rsatilgan. Biroq real hayotda ikkita materialni tutashtirish orqali issiqlik uzatilishi butunlay boshqachasiga sodir bo‘lishi mumkin. Agar ikkita material birgalikda tutashtirilsa va bunday konstruksiyada issiqlikning tarqalishi kuzatilsa, olingan harorat profili 4.26A-rasmda ko‘rsatilganidek ko‘rinish hosil qilishi mumkin. Agar tutashtiriladigan obyektlarning yon yuzalari yaxshi izolyasiyaga ega bo‘lsa, statsionar sharoitlarda har ikkala materialdagi issiqli oqimlari teng bo‘lishi lozim. Maydoni a ga teng bo‘lgan kontakt zonasida haroratning keskin tushishi *o‘tish sohasining issiqlik qarshiligining* bo‘lishi bilan tushuntiriladi. Ikki qatlamli struktura orqali issiqlik uzatilishini quyidagi ifoda bilan tasvirlash mumkin:

$$H = A \frac{T_1 - T_3}{R_A + R_C + R_B} \quad (4.80)$$

Bunda R_A va R_B – ikkita materialning issiqlik qarshiliklari, R_C - o'tish qarshiligi.

$$R_C = \frac{1}{h_c a} \quad (4.81)$$

h_c kattalik o'tish koeffitsiyenti deb ataladi. Ikkita turli materialdan tayyorlangan elementlarning mexanik tutashuvi bor bo'lgan ba'zi bir datchiklar uchun bu koeffitsiyent muhim ahamiyat kasb etadi. Mikroskop ostida tutashuv zonasi 4.26B- rasmda ko'rsatilganidek manzara kasb etishi mumkin. Real yuzalar hech qachon ideal silliq bo'lmasligi sababli, ulardagi barcha notekisliklar o'tish qarshiligining kattaligiga ta'sir ko'rsatadi.



4.26- rasm. A – ikkita obyektning kontakt zonasidagi harorat grafigi, B – kontakt yuzasining mikroskop ostida ko‘rinishi

Kontakt zonasida issiqlik uzatilishi quyidagi omillar bilan belgilanadi:

1. Ikkita materialning real fizik tutashuvining issiqlik o'tkazuvchanligi.
2. Yuzalarning notekisliklaridan hosil bo'lgan g'ovaklardagi gazlarning (havoning) issiqlik o'tkazuvchanligi.

Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligi, qoidaga ko'ra, qattiq materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligiga qaraganda anchagina kichik bo'lishi sababli, g'ovaklardagi gaz issiqlik uzatilishida eng katta qarshilikni hosil qiladi. SHu sababli o'tish koeffitsiyenti uchun ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$h_c = \frac{1}{L_g} \left\{ \frac{a_c}{a} \frac{2k_A k_B}{k_A + k_B} + \frac{a_v}{a} k_j \right\} \quad (4.82)$$

Bunda L_g - g'ovak sohaning qalinligi, k_j - g'ovaklarni to'ldiradigan gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, a_c va a_v - kontakt zonalar va g'ovak sohalarning maydonlari, k_A va k_B - mos keluvchi materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari. Bu formulani a_c va a_v maydonlarni, shuningdek L_g masofani eksperimental yo'l bilan aniqlash qiyinligi sababli amaliyotda qo'llash etarlicha murakkab. Biroq (4.82) formulani tahlil qilish bilan shunday xulosaga kelish mumkin: qurshab turuvchi gazlarning bosimi kamayganda o'tish qarshiligi ortadi. Boshqa tomonlama esa, tutashuv zonasida bosim ortishi bilan o'tish qarshiligi kamayadi, bu kontakt yuzalarida baland bo'rtiklarning deformatsiyalanishi bilan bog'lanadi, buning oqibatida a_s ning ortishi, demak materiallar o'rtasida kontakt maydonining ortishi sodir bo'ladi. Issiqlik qarshiligini kamaytirish uchun tizimning elementlari o'rtasida quruq kontaktdan qochish lozim bo'ladi, shu sababli ikkita yuzani tutashtirishdan oldin ularni past issiqlik qarshiligiga ega bo'lgan suyuqlik bilan qoplash tavsiya qilinadi. Ushbu maqsad uchun ko'pincha silikonli moylash qo'llaniladi.

Issiqlik konveksiyasi. Issiqlik uzatishning boshqa bir usuli konveksiya bo'lib hisoblanadi. buning uchun oraliq agent (suyuqlik yoki gaz) talab qilinadi, u issiq obyektдан issiqlikni oladi, uni sovuq obyektgacha eltadi, issiqlik energiyasini sovuq obyektga beradi va shundan keyin yangi issiqlik porsiyasi uchun issiq obyektga qaytib keladi (qaytib kelmasligi ham mumkin). Qattiq jismdan harakatlanuvchi agentga yoki harakatlanuvchi agentning ichida issiqlik uzatilishi konveksiya deb ataladi. Konveksiya tabiiy (og'irlik kuchlarining ta'siri ostida) yoki sun'iy (mexanik yo'l bilan amalga oshiriladigan) bo'lishi mumkin. Havoning tabiiy konveksiyasida uning molekulalariga ikkita kuch – og'irlik kuchi va itaruvchi kuch ta'sir ko'rsatadi. Issiq havo o'zi bilan issiq yuzalardan issiqlikni olib ketish bilan yuqoriga ko'tariladi. Sovuqroq havo pastga, issiq obyektlarga qarab tushadi. Havoning sun'iy konveksiyasi fen yoki ventilyator yordamida amalga oshiriladi. U ham qurilmaning ichida haroratning talab qilinadigan darajasini

ushlab turish uchun suyuqlikli termostatlarda tashkil qilinadi. Konveksiya usuli bilan issiqlik uzatilishining samaradorligi oraliq agentning harakatlanish tezligi, harorat gradienti, obyekt yuzasining maydoni va qurshab turuvchi muhitning issiqlik xususiyatlari bilan belgilanadi. Uning harorati tashqi haroratdan farq qiladigan obyekt issiqlikni oladi yoki beradi, buni issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmi bo'yicha issiqlik uzatilishining ifodasiga o'xshash bo'lgan tenglama yordamida tasvirlash mumkin:

$$N = aA (T_1 - T_2) \quad (4.83)$$

Bunda a – oquvchi muhitning (suyuqlik yoki gaz) solishtirma issiqlik sig'imi, uning yopishqoqligi va harakatlanish tezligi bilan belgilanadigan konveksiya koeffitsiyenti. Bu koeffitsiyent faqatgina og'irlik kuchiga bog'liq bo'lib qolmasdan, harorat gradientiga ham bog'liq bo'ladi. Havoda gorizontaal joylashgan plastinka uchun a ning qiymatini quyidagi formula yordamida baholash mumkin:

$$a = 2,49 \sqrt[4]{T_1 - T_2}, \frac{Wt}{m^2 K} \quad (4.84)$$

Vertikal joylashgan plastinka uchun esa formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$a = 1,77 \sqrt[4]{T_1 - T_2}, \frac{Wt}{m^2 K} \quad (4.85)$$

Shuni qayd qilish lozimki, bu ifodalar plastinkaning faqat bir tomoni uchun yaroqli bo'ladi, bu erda plastinka o'zida cheksiz issiqlik manbaining (ya'ni uning harorati issiqlik yo'qolishiga bog'liq bo'lmaydigan) yuzasini taqdim qiladi, qurshab turuvchi muhit esa doimiy haroratga ega deb faraz qilinadi. Agar havoning hajmi kichik bo'lsa, masalan, turlicha haroratga ega bo'lgan ikkita plastinkaning orasidagi havo tiroqishi kichik bo'lsa, gaz molekulalarining harakati juda cheklangan bo'lib qoladi, shunda issiqlikning konvektiv uzatilishini hisobga olmaslik mumkin bo'ladi. Bunday holda issiqlik uzatilishi havoning issiqlik o'tkazuvchanligi va nurlanish orqali sodir bo'ladi.

Issiqlik nurlanishi. Yuqorida aytib o'tilganidek, har qanday obyektning atomlari va molekulalari tebranma harakatlarni sodir qiladi. Vibratsiyalanayotgan zarrachalarning o'rtacha kinetik energiyasi absolyut harorat bilan bog'lanadi.

Termodinamika qonunlariga ko‘ra harakatlanayotgan elektr zaryadi o‘zgaruvchan elektr tokining paydo bo‘lishini chaqiradi, u o‘zgaruvchan magnit maydoni paydo bo‘lishiga olib keladi. O‘z navbatida, magnit maydonidagi o‘zgarishlar natijasida u bilan bog‘liq bo‘lgan elektr maydonida ham o‘zgarishlar sodir bo‘ladi va hokazo. SHunday qilib, vibratsiyalanayotgan zarrachalar optika qonunlariga bo‘ysunadigan va yorug‘lik tezligi bilan tarqaladigan elektromagnit maydonining manbalari bo‘lib hisoblanadi. Elektromagnit to‘lqinlari qaytarilishi, filtrlanishi, fokuslanishi mumkin va hokazo ta’sirlarga tortilishi mumkin. 4.27- rasmda elektromagnitik nurlanishning γ nurlardan tortib radioto‘lqinlargacha bo‘lgan to‘liq spektri ko‘rsatilgan.

To‘lqin uzunligi konkret muhitda yorug‘likning v chastotasi va s tezligi bilan bog‘lanadi:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (4.86)$$

To‘lqin uzunligi bilan harorat o‘rtasidagi bog‘lanish Plank tomonidan 1901 yilda ochilgan qonunga bo‘ysunadi (1918 yilda nemis fizigi Plank kvant energiyasini kashf qilganligi uchun Nobel mukofotiga sazovor bo‘lgan). Plank W_λ nurlanish oqimining zichligi, λ to‘lqin uzunligi va T absolyut harorat o‘rtasidagi bog‘lanishni aniqlagan. Nurlanish oqimining zichligi – bu to‘lqin uzunligi birligiga to‘g‘ri keladigan elektromagnit oqimining quvvatidir:

$$W_\lambda = \frac{\varepsilon(\lambda)C_1}{\pi\lambda^5\{e^{C_2/\lambda T} - 1\}} \quad (4.87)$$

Bunda $\varepsilon(\lambda)$ - obyektning nurlatish qobiliyati, $C_1 = 3,74 \cdot 10^{12} \text{ Wt} \cdot \text{sm}^2$ va $S_2 = 1,44 \text{ sm} \cdot \text{K}$ – konstantalar, e – natural logarifmning asosi.

Harorat – bu ulkan sonli vibratsiyalanayotgan zarrachalarning kinetik energiyalarini o‘rtalashtirish natijasidir. Biroq hamma zarrachalar ham bir xil chastota va amplituda bilan vibratsiyalanmaydi. Ruxsat etilgan chastotalar (shuningdek to‘lqin uzunliklari va energiyalar ham) bir-biriga juda yaqin joylashgan, shu sababli materiallar nurlanish chiqarishi mumkin bo‘lgan chastotalarning soni amalda cheksiz kattalik bo‘lib hisoblanadi. Nurlatiladigan

to'liqlarning uzunliklari har qanday – juda uzun to'liqlardan juda qisqa to'liqlargacha bo'lishi mumkin. Harorat o'rtacha kinetik energiyaning statistik ifodasi bo'lib hisoblanishi sababli, u tebranayotgan zarrachalarning ko'proq mumkin bo'lgan chastotasi va to'liq uzunligini belgilaydi. Ko'proq mumkin bo'lgan to'liq uzunligi Vin qonuni bilan aniqlanadi (1911 yilda nemis olimi Vilgelm Vin issiqlik nurlanishi qonunlarini kashf qilganligi uchun Nobel mukofotiga sazovor bo'lgan). Uni topish uchun (4.87) tenglamadan birinchi hosilani nolga tenglashtirish kerak bo'ladi. Hisoblashlar natijasida uning atrofida nurlanishlarning eng katta quvvati sodir bo'ladigan to'liq uzunligini olish mumkin:

$$\lambda_m = \frac{2898}{T} \quad (4.88)$$

Bunda λ_m - mkm da o'lchanadi, T esa – Kelvinlarda. Vin qonuni shuni tasdiqlaydiki, harorat qanchalik yuqori bo'lsa, nurlanish to'liqining uzunligi shunchalik qisqa bo'lib boradi (4.26- rasm). (4.86) tenglamani hisobga olish bilan shunday hulosaga kelish mumkinki, ko'proq mumkin bo'lgan nurlanish chastotasi absolyut haroratga proporsional bo'ladi:

$$\nu_m = 10^{11} T, \text{ Hz} \quad (4.89)$$

Masalan, normal xona haroratida infraqizil energiyaning katta qismi 30 THz ($30 \cdot 10^{12}$ Hz) atrofida chastotaga ega bo'lgan obyektlar tomonidan nurlatiladi. Nurlanish chastotasi va to'liq uzunligi faqatgina harorat bilan belgilanadi, nurlanish amplitudasi esa yana yuzaning $\varepsilon(\lambda)$ nurlatish qobiliyatiga ham bog'liq bo'ladi.

Nazariy jihatdan, issiqlik nurlanishlarining chastota diapazoni cheksiz bo'lib hisoblanadi. Biroq issiqlik nurlanishlarini detektorlashda real datchiklarning tavsiflarini hisobga olish zarur bo'ladi, ular nurlanishlarning chegaralangan diapazonini o'lchashga qodir bo'ladi. To'liq uzunliklarining konkret intervalida nurlanishning to'liq quvvatini aniqlash uchun (4.87) tenglamani ko'rsatilgan diapazonning ichida λ_1 dan λ_2 gacha integrallash zarur bo'ladi:

$$F_{b0} = \frac{1}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\varepsilon(\lambda) C_1 \lambda^5}{e^{C_2/\lambda T} - 1} d\lambda \quad (4.90)$$

4.28-rasmda uchta turlicha harorat uchun ideal nurlatgichning ($\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = \infty$) nurlanishlar oqimining zichligi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, nurlanish quvvati spektral diapazonda juda notekis taqsimlanadi, uning maksimumi esa Vin qonuni bo'yicha aniqlangan maksimumga mos keladi. Issiq obyekt o'zining energiyasining katta qismini ko'rinadigan diapazonda nurlatadi, sovuqroq obyektlar tomonidan nurlatiladigan quvvat esa spektrning infraqizil va uzoq infraqizil diapazonlariga siljiydi.

(4.90) tenglama juda murakkab, uni amalda analitik yo'l bilan yechishning iloji yo'q. Yechim yoki sonli uslublar bilan, yoki approksimatsiyalar yordamida olinishi mumkin. Spektrning keng polosasida (λ_1 va λ_2 butun nurlatiladigan quvvatning 50% dan oshig'ini qamrab olganda) to'rtinchi tartibli parabola ko'rinishida approksimatsiyalash *Stefan-Bolsman qonuni* nomi bilan ma'lum:

$$F_{b0} = A\varepsilon\sigma T^4 \quad (4.91)$$

Bu yerda $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-6} \text{ Wt/m}^2\text{K}^4$ – Stefan-Bolsman doimiysi, A – nurlatuvchi yuzaning maydoni, ε esa – to'lqin uzunligiga bog'liq emas deb hisoblanadi.

Nurlatiladigan yorug'likning to'lqin uzunligi haroratga bog'liq bo'lgani holda, nurlanish amplitudasi yuzaning *nurlatish qobiliyatining* funksiyasi bo'lib hisoblanadi, u ε *nurlatish koeffitsiyenti* deb ataladi, u 0 ... 1 diapazonda o'zgaradi. Bu koeffitsiyent yuzadan chiqayotgan nurlanishlar oqimining xuddi o'sha haroratdagi ideal nurlatgichdan chiqayotgan nurlanishlar oqimiga nisbati bo'lib hisoblanadi. ε nurlatish koeffitsiyenti, r qaytarish koeffitsiyenti va γ o'tkazish koeffitsiyentini bog'laydigan fundamental munosabat chiqarilgan:

$$\varepsilon + \gamma + r = 1 \quad (4.92)$$

1860 yilda Kirxgoff nurlatish va yutish qobiliyatlari o'sha bitta fizikaviy kattalik bo'lib hisoblanishini aniqlagan. Shu sababli absolyut qora jism uchun ($\gamma = 0$) (4.92) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$r = 1 - \varepsilon \quad (4.93)$$

Stefan-Bolsman qonuni T haroratga ega bo'lgan yuzadan absolyut nolga teng bo'lgan haroratga ega bo'lgan sovuq cheksiz kenglikka nurlatiladigan nurlanishning quvvatini aniqlaydi. Issiqlik nurlanishlarini issiqlik datchiklari bilan detektorlashda datchikdan obyektga nurlanishni ham hisobga olish zarur bo'ladi. Issiqlik datchiklari faqatgina issiqlik nurlanishining foydali quvvatini (ya'ni obyektning nurlatish quvvati minus datchikning o'zining nurlatish quvvati) aniqlashga qodir bo'ladi. Datchikning obyekt tomonga qaragan yuzasi ε_s nurlatish qobiliyatiga ega bo'ladi, va shundan kelib chiqqan holda, uning qaytarish qobiliyati $p_s = 1 - \varepsilon_s$ ga teng bo'ladi. Datchik nurlanishni qisman yutishi sababli butun F_{b0} nurlatish quvvati foydali bo'lib hisoblanmaydi. Quvvatning F_{ba} qismi datchik tomonidan yutiladi, qolgan F_{br} qismi obyektga qaytariladi (4.29- rasm). Bu mulohazalarda datchikning yon-atrofida boshqa nurlatish obyektlari yo'q deb faraz qilinadi.

Qaytarilgan nurlanishlar oqimi datchikning qaytarish koeffitsiyentiga proporsional bo'ladi:

$$F_{br} = - p_s F_{b0} = - A\varepsilon(1 - \varepsilon_s)\sigma T^4 \quad (4.94)$$

Minus belgi qaytarilgan oqim asosiy nurlanish oqimiga qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi. Natijada obyektning foydali nurlatish quvvatini quyidagi ifodadan topish mumkin:

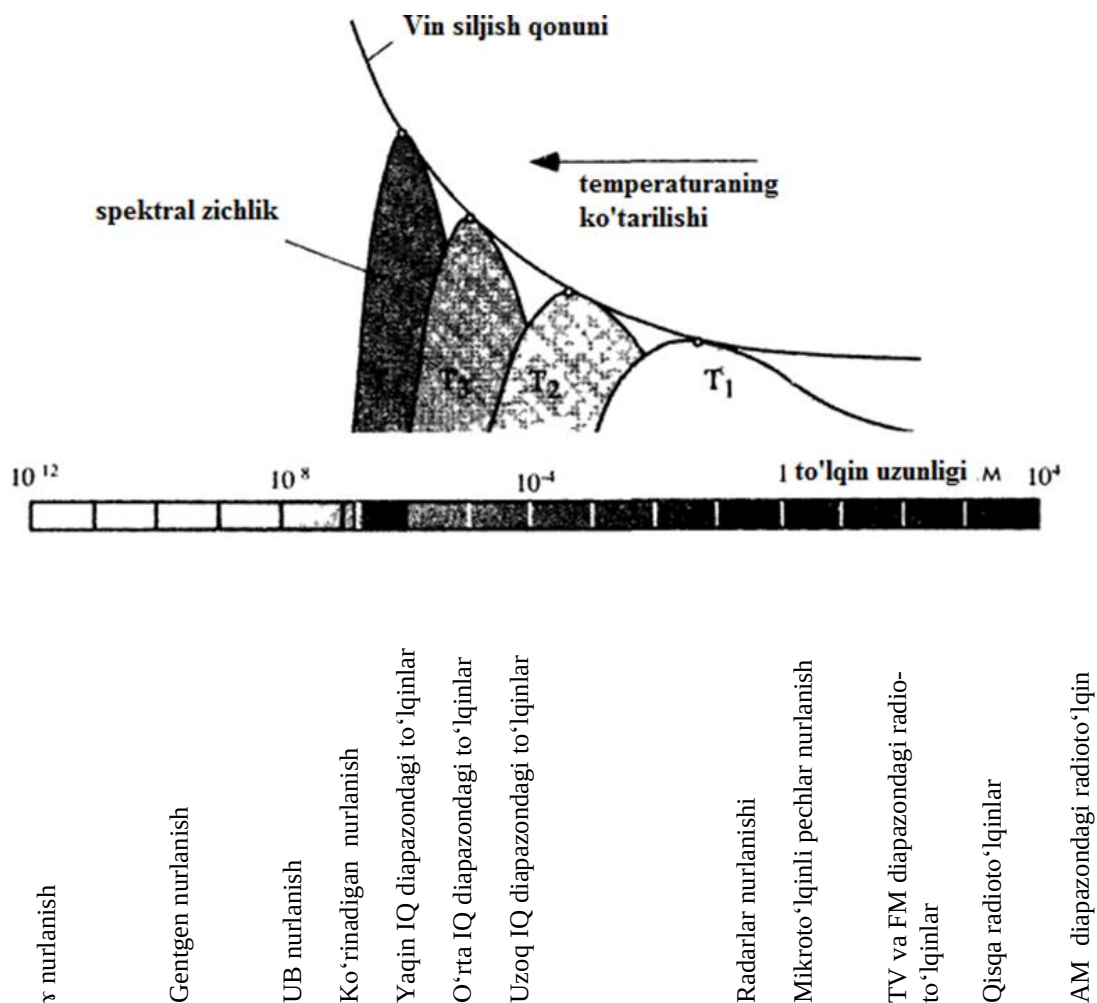
$$F_b = F_{b0} + F_{br} = A\varepsilon\varepsilon_s\sigma T^4 \quad (4.95)$$

O'zining yuzasining T_s haroratiga bog'liq ravishda datchik obyektga o'zining issiqlik oqimini nurlatadi:

$$F_s = - A\varepsilon\varepsilon_s\sigma T_s^4 \quad (4.96)$$

Qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bu ikkita oqim ikkita yuza orasida harakatlanadigan foydali oqimni shakllantiradi:

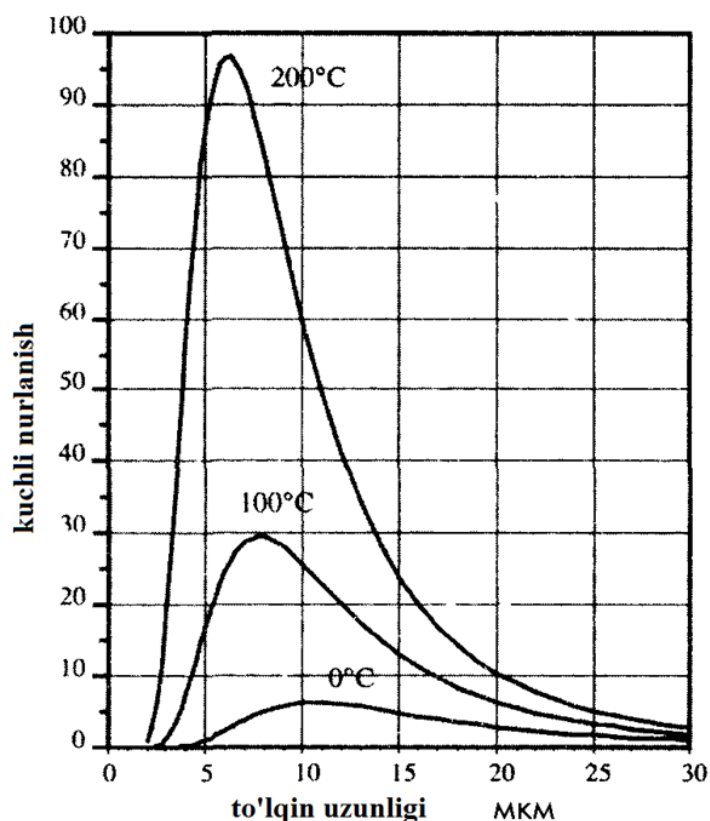
$$F = F_b + F_s = A\varepsilon\varepsilon_s\sigma (T^4 - T_s^4) \quad (4.97)$$



4.27- rasm. Elektromagnitik nurlanish spektri

Bu ifoda issiqlik nurlanishining foydali quvvatini chiqish elektr signaliga qayta shakllantiradigan issiqlik datchigining ishini tasvirlaydi. U shuningdek datchik tomonidan yutilgan F issiqlik oqimi bilan obyekt va datchikning absolyut haroratlari o'rtasidagi bog'lanishni o'rnatadi.

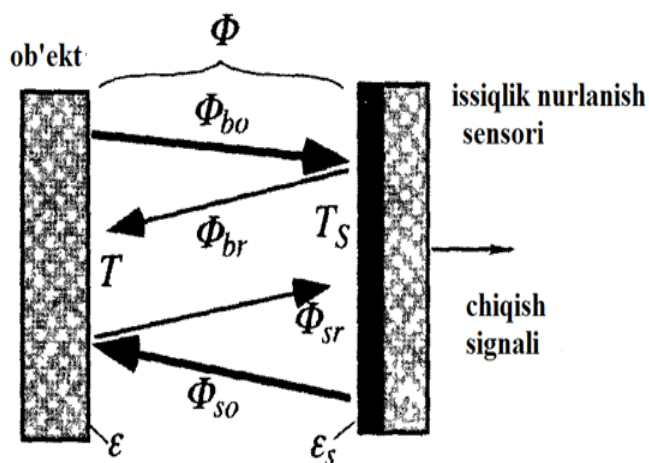
Nurlatish qobiliyati. Muhitning nurlatish qobiliyati uning dielektrik singdiruvchanligining, va shundan kelib chiqqan holda, n sindirish koeffitsiyentining funksiyasi bo'lib hisoblanadi. maksimal nurlatish qobiliyati 1 ga teng bo'ladi. U qora jism deb ataluvchi jismga – ideal elektromagnitik nurlanishlar manbaiga mos keladi. Bunday deb atalishining sababi obyektlarning normal xona haroratidagi ko'rinishi bo'lib hisoblanadi.



4.28- rasm. Uchta turlicha harorat uchun sovuq cheksiz kenglik bilan qurshalgan nurlatgich uchun olingan nurlanishlar oqimining spektral zichligi

Agar jism shaffof bo'lmasa ($\gamma = 0$) va hech narsani qaytarmasa ($p = 0$), u holda (4.92) tenglamaga ko'ra u o'zida elektromagnitik nurlanishlarni ideal nurlatgich va yutgichni taqdim qiladi ($a = \varepsilon$ bo'lganligi sababli). Biroq shuni qayd qilish lozimki, obyektning nurlatish qobiliyati, qoidaga ko'ra, nurlanishlarning to'liqin uzunligiga bog'liq bo'ladi (4.30-rasm). Masalan, oq qog'oz varag'i spektrning ko'rinadigan diapazonida juda yaxshi qaytarish qobiliyatiga ega bo'ladi va deyarli ko'rinadigan yorug'likni nurlatmaydi. Biroq uzoq infraqizil diapazonda uning qaytarish qobiliyati sezilarli darajada kamayadi, nurlatish qobiliyati esa aksincha 0,92 gacha ortadi, bu oq qog'ozni yaxshi infraqizil nurlanish manbai qilib qo'yadi. Uzoq infraqizil diapazon linzalarini tayyorlash uchun keng foydalaniladigan polietilen juda tor diapazon – 3,5, 6,8 va 13 mkm ga teng bo'lgan to'liqin uzunliklari atrofida to'liqlarni kuchli tarzda yutadi (nurlatadi), spektrning boshqa sohalarida esa u shaffof (nurlatmaydigan) material bo'lib hisoblanadi.

Issiqlik nurlanishlarining nisbatan tor spektral diapazonida (masalan, 8 dan 16 mkm gacha) nurlatish qobiliyati ko‘pincha doimiy kattalik deb hisoblanadi. Biroq issiqlik nurlanishlarini 1% dan yaxshiroq aniqlik bilan aniqlash zarur bo‘ladigan pretsizion o‘lchashlar uchun yuzaning nurlatish qobiliyati yoki oldindan ma’lum bo‘lishi lozim, yoki ikki diapazonli infraqizil detektordan foydalanish kerak bo‘ladi (bu detektor infraqizil nurlanishlar oqimini ikkita tor spektral diapazonlarda o‘lchashni bajaradi. So‘ngra ikkita signalning nisbati bo‘yicha obyektning haroratini aniqlaydi. Hisoblashlar jarayonida nurlatish koeffitsiyenti va boshqa mul’tiplikativ tarkib toptiruvchilar qisqartiriladi).



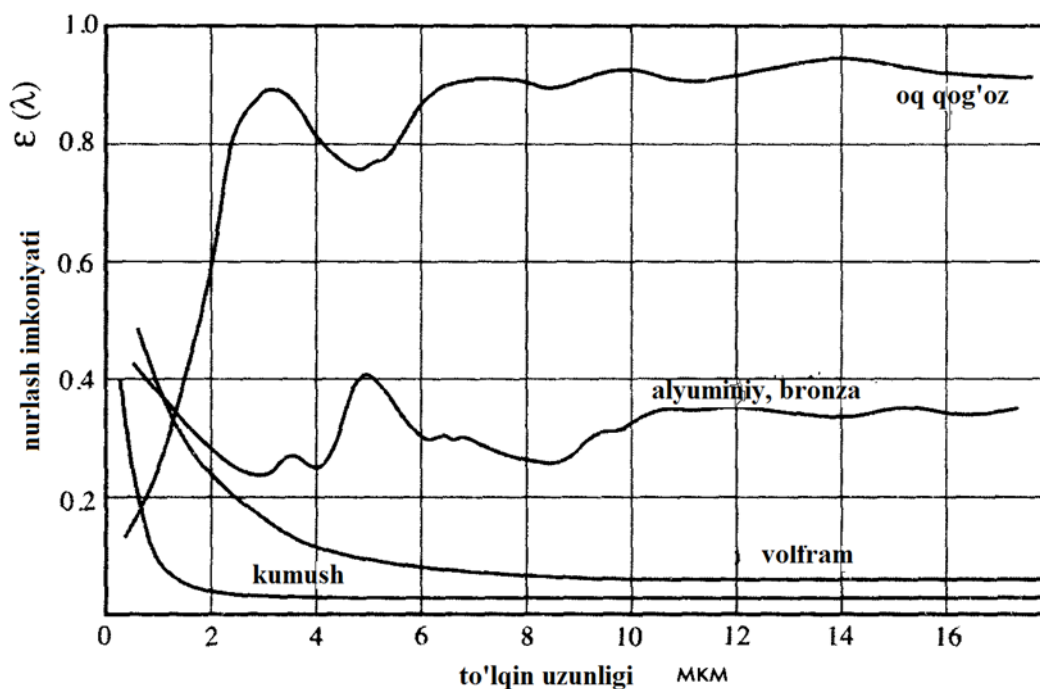
4.29- rasm. Obyekt bilan issiqlik nurlanishlari datchigi o‘rtasida issiqlik almashinishi

Uzoq infraqizil diapazonning yuzaga perpendikulyar yo‘naltirilgan qutblanmagan yorug‘ligi uchun nurlatish qobiliyati quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = \frac{4n}{(n+1)^2} \quad (4.98)$$

Barcha nometall materiallar juda yaxshi diffuzion issiqlik nurlanishi manbalari bo‘lib hisoblanadi, ular (4.98) tenglama bilan aniqlanadigan $\pm 70^\circ$ jism burchagi doirasida amalda doimiy nurlatish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Bu burchakning chegaralaridan tashqarida to 90° gacha nurlatish koeffitsiyenti shiddat

bilan pasayadi. 90^0 atrofida u amalda nolga teng bo'ladi. 4.31A-rasmda havoda nurlanishlar yo'nalganligining nometall materiallar uchun tipik bo'lgan diagrammasi ko'rsatilgan. Shuni ta'kidlash lozimki, yuqorida aytilganlarning barchasi spektrning uzoq infraqizil diapazonidagi to'lqin uzunliklari uchun adolatlidir, ko'rinadigan yorug'lik to'lqinlari uchun esa umuman o'rinli bo'lmaydi.

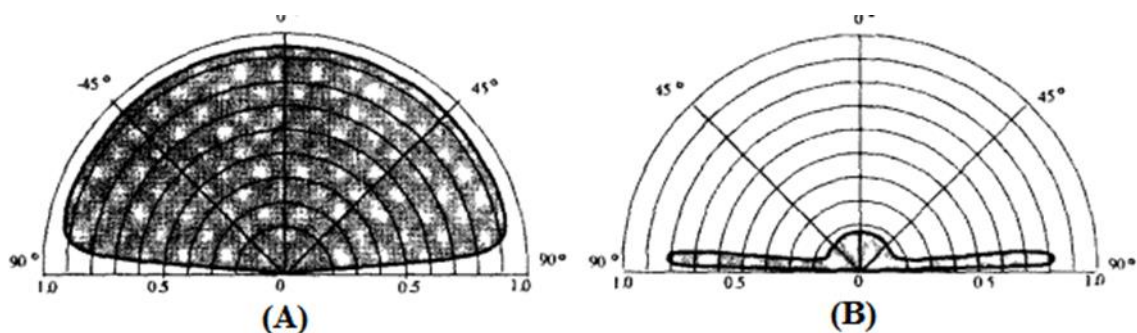


4.30- rasm. Nurlatish qobiliyatining to'lqin uzunligiga bog'lanishi

Metallar o'zlarini butunlay boshqacha tutadi. Ularning nurlatish qobiliyati yuzaga ishlov berish usuliga kuchli tarzda bog'liq bo'ladi. Qoidaga ko'ra, yaxshidab silliqlangan metallar $\pm 70^0$ jism burchagi doirasida yomon nurlatadi, burchaklar katta bo'lganda esa ularning nurlatish qobiliyati sezilarli darajada ortadi (4.31B-rasm). Bu shuni bildiradiki, hatto eng yaxshi oynalar ham normaldan 90^0 atrofidagi burchaklarda nurlanishni yomon qaytaradi.

Aksariyat qattiq jismlardan farqli o'laroq, gazlar ko'pgina hollarda issiqlik nurlanishi uchun shaffof bo'lib hisoblanadi. Ular faqatgina ma'lum bir tor spektral diapazonning nurlanishlarini yutadi va chiqaradi. Qutblanmagan simmetrik molekulyar strukturalardan tashkil topgan O_2 , N_2 kabi va boshqa ba'zi bir gazlar

elektromagnit to‘lqinlarini faqatgina past haroratlarda o‘tkazadi. SO₂, N₂O va uglevodorod gazlari esa kengroq diapazonda to‘lqinlarni nurlatadi va yutadi.



4.31- rasm. Nometall materiallar (A) va yaltiragan metallar (B) uchun nurlanishlarning yo‘nalganlik diagrammalari

Infraqizil yorug‘lik gaz qatlamiga tushganda uning yutish qobiliyati *Lambert-Ber* qonuniga bo‘ysunish bilan eksponenta bo‘yicha pasayadi:

$$\frac{\Phi_x}{\Phi_0} = e^{-a_\lambda x} \quad (4.99)$$

Bunda F_0 – tushayotgan issiqlik oqimi, F_x – x chuqurlikdagi oqim, a_λ – spektral yutish koeffitsiyenti. Bu munosabat ma’lum bir λ to‘lqin uzunligining γ_λ monoxromatik o‘tkazish qobiliyati (singdiruvchanligi) deb ham ataladi. Agar gazning qaytarish qobiliyati nolga teng bo‘lsa, uning nurlatish koeffitsiyenti quyidagi ko‘rinishda aniqlanadi:

$$\varepsilon_\lambda = 1 - \gamma_\lambda = 1 - e^{-a_\lambda x} \quad (4.100)$$

Shuni ta’kidlash lozimki, gazlar faqatgina tor spektral diapazonda nurlanishni yutishi sababli, nurlatish va o‘tkazish koeffitsiyentlari konkret to‘lqin uzunliklariga mos keladi. Masalan, suv bug‘i 1,4, 1,8 va 2,7 mkm to‘lqin uzunliklarida yuqori yutish koeffitsiyentiga ega bo‘ladi va 1,6, 2,2 va 4 mkm to‘lqin uzunliklarida amalda shaffof bo‘lib hisoblanadi.

Haroratni kontaktsiz o‘lchashda infraqizil datchikdan foydalanishda obyektning nurlatish qobiliyatini bilish zarur bo‘ladi. Kontaktsiz termometrni kalibrlash uchun yoki uning aniqligini tekshirish uchun laboratoriya etalon issiqlik

manbalaridan foydalanish zarur bo‘ladi. Bunday manbalar uchun ularning nurlatish qobiliyatini bilish kerak bo‘ladi, shuningdek ularning nurlatish koeffitsiyenti birga yaqin bo‘lishi maqsadga muvofiq bo‘ladi. Bu shartga rioya qilmaslik signalning katta chetlashishlariga olib keladi ((4.93) tenglama). Bu infraqizil nurlanishlar oqimini detektorlash xatoligini anchagina oshirishi mumkin. Biroq, taassufki, nurlatish koeffitsiyenti 1 ga teng bo‘lgan material mavjud emas. Absolyut qora jismni modellaydigan yuzani *rezonatorlardan* foydalanish bilan olish mumkin.

Rezonans effekti. Elektromagnitik nurlanishni rezonator deb ataluvchi chuqurlikda o‘lchashda qiziq hodisa kuzatiladi. Rezonator o‘zida ichki devorlarining butun yuzasi bo‘ylab bir tekis haroratga ega bo‘lgan jismning ichidagi ixtiyoriy shakldagi bo‘shliqni taqdim qiladi (4.32A- rasm). Rezonator aperturasining nurlatish qobiliyati (unig ichki qismida emas) yassi yuzaga qaraganda anchagina ortadi, ba’zi bir to‘lqin uzunliklarida esa birga yaqinlashadi. Agar rezonatorning ichki devorlari etarlicha yuqori nurlatish koeffitsiyentiga ega bo‘lsa, bu effekt yanada kuchayadi. Barcha no metallar diffuzion nurlatgichlar bo‘lib hisoblanadi. Rezonatorning harorati va nurlatish qobiliyati uning har qanday ichki nuqtasida bir hil deb faraz qilaylik. Uning nurlatish qobiliyati birga teng bo‘lgan ideal obyekt *qora jism* deb ataladi. Qora jism yuza maydonidan infraqizil fotonlarning quyidagiga teng bo‘lgan a oqimini chiqaradi:

$$F_0 = a\sigma T_b^4$$

Biroq real obyekt ε_b nurlatish koeffitsiyentiga ega bo‘ladi, shu sababli uning yuzasining xuddi shunday maydonidan kamroq oqim chiqadi:

$$F_r = \varepsilon_b F_0$$

Obyektning huddi shunday a maydonli boshqa qismlari tomonidan nurlatiladigan issiqlik oqimi ham F_r ga teng bo‘ladi (chunki obyektning harorati hamma joyda bir xil deb hisoblanadi, oqimning kenglikda taqsimlanishi hisobga olinmaydi). Tushayotgan F_r oqimning katta qismi yuzaning a maydoni tomonidan yutiladi, diffuzion oqimning kichikroq qismi esa qaytariladi:

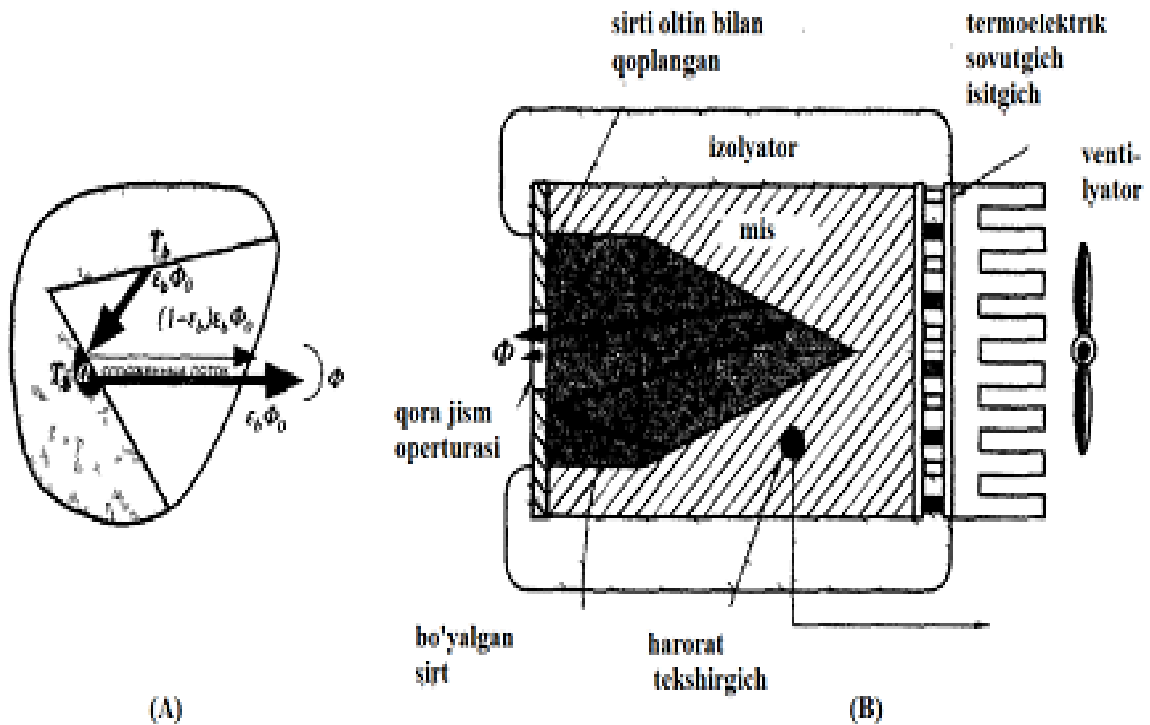
$$F_r = rF_r = (1 - \varepsilon_b)\varepsilon_b F_0 \quad (4.101)$$

a maydondan nurlatilgan va qaytarilgan oqimlarni qo‘shish bilan quyidagini olamiz:

$$F = F_r + F_r = \varepsilon_b F_0 + (1 - \varepsilon_b)\varepsilon_b F_0 = (2 - \varepsilon_b)\varepsilon_b F_0 \quad (4.102)$$

Bundan samarali nurlatish qobiliyati uchun ifodani topamiz:

$$\varepsilon_e = \frac{\Phi}{\Phi_0} = (2 - \varepsilon_b)\varepsilon_b \quad (4.103)$$



4.32- rasm. A – rezonator yordamida nurlatish qobiliyatini kuchaytirish,

B – amaliyotda qo‘llaniladigan qora jism modelining konstruksiyasi

(4.103) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, bir marta qaytarishda rezonatorning nurlatish qobiliyati tekis yuzadan nurlanishga qaraganda $(2 - \varepsilon_b)$ martaga ortadi. Biroq rezonatorida bir necha marta qayta qaytarish sodir bo‘lishi mumkin, shu sababli a maydonga tushayotan nurlanishlar oqimi rezonatorning ko‘plab qismlaridan nurlatishlar va qaytarishlarning yig‘indisini o‘zida taqdim qiladi. Natijalovchi oqimning intensivligi, qoidaga ko‘ra, nurlanishlarning boshlang‘ich oqimining intensivligidan yuqori bo‘ladi.

Rezonator samarali ishlashi uchun uning chiqish teshigining joylashgan joyini va datchikning o'zining holatini aniq aniqlash zarur bo'ladi. Agar datchik rezonatorda juda chuqur joylashgan bo'lsa, u uning barcha devorlaridan nurlanishni to'g'ridan-to'g'ri to'playdi, shu sababli shunday bo'lishi mumkinki, rezonans effekti yo'qoladi, va samarali nurlatish qobiliyati rezonator bo'shlig'ining ichki yuzasidan nurlanishga teng bo'lib qoladi, u qayta qaytaradigan tizimdagiga qaraganda har doim past bo'ladi.

Rezonans effekti real nurlatish koeffitsiyentini o'zgartiradi, nurlatish quvvatini baholashda xatolar vujudga kelishining oldini olish uchun buni har doim hisobga olish zarur bo'ladi.

4.7. Yorug'lik tarqalishi

Yorug'lik nurlanishi – energiyaning juda samarali formasi bo'lib, uning o'zgarishi bo'yicha ko'plab tashqi ta'sirlar: masofa, harakat, harorat, kimyoviy tarkib va hokazolar to'g'risida fikr yuritish mumkin. Yorug'lik elektromagnitik tabiatga ega. Unga kvantlar yoki elektromagnitik to'lqinlar energiyasining tarqalishi sifatida qarash mumkin. Spekrning turli zonalariga o'zlarining nomlari berilgan: ultrabinafsha nurlanish, ko'rinadigan yorug'lik, uzoq, o'rta va yaqin infraqizil nurlanishlar diapazonlari, mikroto'lqinlar, radioto'lqinlar va hokazolar. "Yorug'lik" so'zi 0,1 ... 100 mkm diapazondagi to'lqin uzunliklariga ega bo'lgan elektromagnitik nurlanishga mos keladi. Ko'rinadigan diapazonning eng qisqa to'lqin uzunligidan (binafsha) kichik uzunlikdagi to'lqin uzunligi bilan nurlanish ultrabinafsha nurlanish, yorug'likning eng katta to'lqin uzunligidan (qizil) katta uzunlikdagi to'lqin uzunligi bilan nurlanish – infraqizil nurlanish nomini olgan. Infraqizil diapazon o'z navbatida yana uchta tagdiapazon – yaqin (0,9-1,5 mkm), o'rta (1,5-4 mkm) va uzoq (4-100 mkm) infraqizil nurlanish tagdiapazoniga ajratilgan.

Elektromagnitik nurlanishlar spektrining turli sohalari fizikaning turli bo'limlarida o'rganiladi. 4.33- rasmda eng qisqa to'lqinlardan tortib (γ nurlar) eng uzun to'lqinlargacha (radioto'lqinlar) butun spektr keltirilgan. Mazkur bo'limda nurlanishning asosan elektromagnitik spektrning ko'rinadigan va yaqin infraqizil nurlanish sohalari uchun xarakterli bo'lgan hususiyatlari qisqacha ko'rib chiqiladi. Yorug'likning vakuumdagi s_0 tezligi to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lmaydi va $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m erkin kenglikning magnit doimiysi va uning $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m elektr doimiysi orqali ifodalanishi mumkin:

$$s_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 299,7924587 \pm 1,1 \text{ m/s} \quad (4.104)$$

Yorug'lik to'lqinlarining chastotasi vakuumda yoki boshqa har qanday muhitda ularning to'lqin uzunligi bilan tenglama bilan bog'lanadi, uni quyidagi ko'rinishda ko'chirib yozish mumkin:

$$v = \frac{c}{\lambda} \quad (4.105)$$

bunda c – yorug'likning muhitdagi tezligi.

Fotonning energiyasi uning chastotasiga bog'liq bo'ladi:

$$E = h\nu \quad (4.106)$$

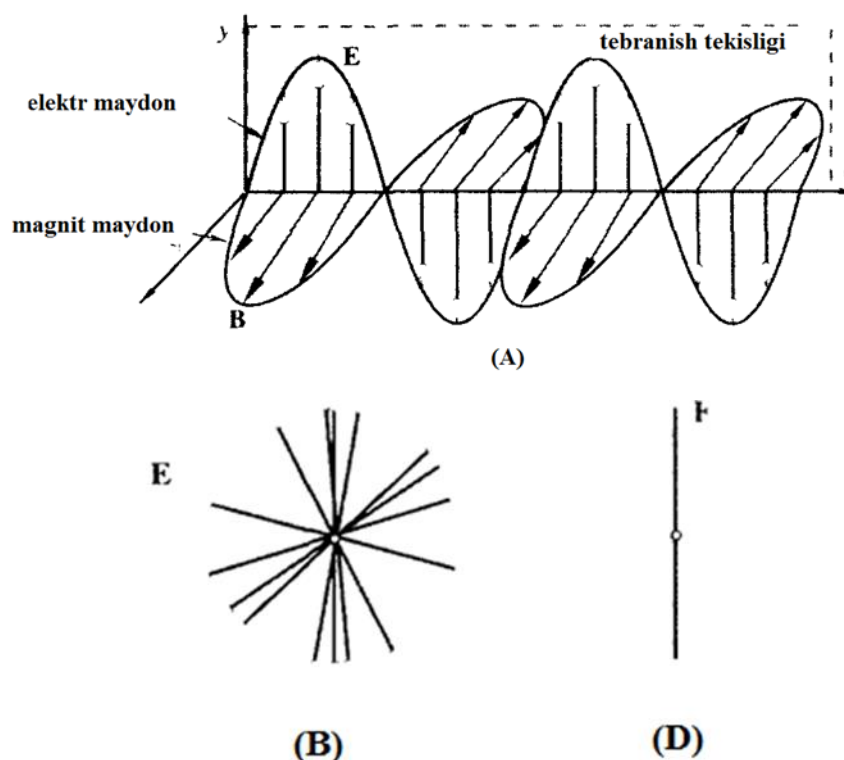
Bunda $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Dj yoki $4,13 \cdot 10^{-15}$ eV – Plank doimiysi deb ataladi. E energiya elektron voltlarda (eV) o'lchanadi: $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Dj.

Ultrabinafsha va ko'rinadigan nurlanishning fotonlari etarlicha katta energiyalarga ega, shu sababli ularni detektorlash qiyin emas. Biroq to'lqin uzunligi spektrning infraqizil zonasiga o'tishi bilan fotonlarning energiyasi kamayadi (masalan, yaqin infraqizil diapazondagi fotonning energiyasi to'lqin uzunligi 1 mkm bo'lganda 1,24 eV ni tashkil qiladi), bu optik kvant detektorlarining ishini anchagina murakkablashtiradi. To'lqin uzunligi qanchalik oshsa, nurlanishning energiyasi shunchalik kuchli pasayadi. Odamning terisi 37°C haroratda yaqin va uzoq infraqizil diapazonlarda fotonlarni nurlatadi, ular 0,13 eV atrofida energiyaga ega, bu qizil yorug'lik energiyasidan anchagina kichik va

ularni aniqlash qiyin bo'ladi. Shu sababli kichik quvvatli nurlanishlar kvant detektorlari bilan emas, issiqlik detektorlari bilan aniqlanadi.

Elektromagnit to'liqlari (endi yorug'likning kvant tavsiflaridan chetlashamiz) qo'shimcha xususiyat – *qutblanishga* (yanada aniqroq qilib aytadigan bo'lsak, *tekislikda qutblanishga*) ega bo'ladi. Bu shuni bildiradiki, o'zgaruvchan elektr maydonining kuchlanganlik vektorlari to'liqning har qanday nuqtasida bir-biriga parallel bo'ladi. Bunda magnit maydonining vektorlari ham bir-biriga parallel bo'ladi, biroq ushbu holatda elektr qutblanishi bizni ko'proq qiziqtiradi, chunki elektromagnit nurlanish detektorlari ko'pincha elektr maydonlarining o'zgarishlariga ko'proq sezuvchan bo'ladi. Unda to'liqlar x o'q yo'nalishida ko'chadi. Bunday holda to'liq u o'q yo'nalishida qutblangan deyiladi, chunki elektr maydonining vektorlari aynan shu o'qqa parallel bo'ladi. To'liqning tarqalish yo'nalishi (x o'q) va qutblanish yo'nalishi (y o'q) bilan belgilanadigan tekislik *tebranishlar tekisligi* deb ataladi. Qutblangan yorug'likda maydonning vektorlari uchun boshqa yo'nalishlar bo'lmaydi.

4.33B-rasmda ihtiyoriy qutblanishga ega bo'lgan yorug'lik ko'rsatilgan, uning manbai yoki quyosh, yoki turli cho'g'lanma lampalar bo'lishi mumkin, biroq lazer nuri qat'iy qutblangan bo'lib hisoblanadi. Agar qutblanmagan yorug'lik qutblaydigan filtrga yo'naltirilsa, u orqali hamma to'liqlar ham o'tmaydi va chiqishda 4.33B-rasmda ko'rsatilgan elektr maydoni olinadi. Qutblaydigan filtr to'liqlarning faqatgina ularning elektr maydonining vektorlari filtrning qaratilish yo'nalishiga parallel tebranadigan tarkibiy qismlarini o'tkazadi va ularning tebranish tekisligi bu yo'nalishga burchak ostida qaratilgan tarkibiy qismlarini yutadi. Filtr orqali o'tadigan yorug'lik filtrning qaratilishi bilan mos tushadigan qutblanishga ega bo'ladi. Filtrning qutblash yo'nalishi uni tayyorlash jarayonida beriladi. Buning uchun qayishqoq plastmassa listlarga ma'lum bir uzun zanjirli molekulalar kiritiladi va ular cho'zilishga tortiladi, buning natijasida molekulalar bir-biriga parallel tarzda saflanadi. Qutblaydigan filtrlardan suyuq kristalli matritsalar va ko'pgina optik datchiklarda ko'proq keng foydalaniladi.



4.33- rasm. A – tarqalayotgan elektromagnit to‘lqini magnit maydoni va elektr maydonining vektorlari bilan; B – x o‘q bo‘ylab kuzatiladigan qutblanmagan elektr maydoni; D – vertikal qutblangan elektr maydoni

4.8. 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 impulʼsli 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.

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

$$S(t) = Gs(t) \quad (4.107)$$

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

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

$$a_1 \frac{dS(t)}{dt} + a_0 S(t) = s(t) \quad (4.108)$$

Bunda a_1 va a_0 - konstantalar. Bu tenglama avval 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;

$$S(t) = S_0(1 - e^{t/\tau}) \quad (4.109)$$

Bunda S_0 – datchikning statik reaksiyasi, τ – tizimning inersionliligini tavsiflaydigan vaqt doimiysi.

Ikkinchi tartibli tenglamalarga o‘tamiz:

$$a_2 \frac{d^2 S(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dS(t)}{dt} + a_0 S(t) = s(t) \quad (4.110)$$

Bunday differensial tenglamalar ularning tarkibiga ikkitadan energiya to'pdaydigan 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_0 chastota va b so'ndirish ko'effitsiyenti bilan belgilanadi, ular (4.110) tenglamaning mustaqil ko'effitsiyentlari bilan quyidagi munosabatlar orqali bog'lanadi:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{a_0}{a_2}} \quad (4.111)$$

$$b = \frac{a_1}{2\sqrt{a_0 a_2}} \quad (4.112)$$

Tizimning kritik dempirlashi $b = 1$ so'ndirish ko'effitsiyentiga mos keladi. $b > 1$ bo'lganda oshiqcha dempirlash, $b < 1$ bo'lganda esa – to'liq dempirlamaslik sodir bo'ladi.

Datchikni matematik modellashtirish uni tavsiflarini modellashtirish uchun qudratli vosita bo'lib hisoblanadi. Modellashtirish 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 modellar 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 tasvirlydigan yagona modelga birlashtiriladi.

Mexanik elementlar. Dinamik mexanik elementni prujina va dempirlaydigan qurilma bilan tutashtirilgan massa (inersion tarkibiy qism) ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Yopishqoq dempirlash va to'g'ri chiziqli ko'chishda tutib turuvchi

kuch harakat tezligiga proporsional bo'ladi. Huddi 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. 4.34A-rasmda bunday akselerometrning mexanik modeli ko'rsatilgan. M massa k qattqlik koeffitsiyentiga ega bo'lgan prujina bilan ushlab turiladi. Massaning harakati b so'ndirish koeffitsiyentini ta'minlaydigan tinchlantiruvchi qurilma bilan dempfirlanadi. Inersion element akselerometrning korpusida faqatgina gorizontaal yo'nalishda siljiy oladi. Xarakat paytida qurilmaga d^2x/dt^2 tezlanish ta'sir ko'rsatadi, chiqish signali esa massaning x_0 masofaga chetlashishiga proporsional bo'ladi.

Inersion element faqatgina bitta yo‘nalishda siljiy olishi sababli akselerometr faqatgina bitta erkinlik darajasiga ega bo‘ladi. 4.34B-rasmda M massaning erkin jismiga ta’sir ko‘rsatuvchi kuchlarning diagrammasi ko‘rsatilgan. Shuni qayd qilamizki, x jismning muvozanat holatdan siljishi va qandaydir bir qayd qilingan masofaning yig‘indisiga teng bo‘ladi. Nyutonning ikkinchi qonunini qo‘llash bilan quyidagi munosabatni olamiz:

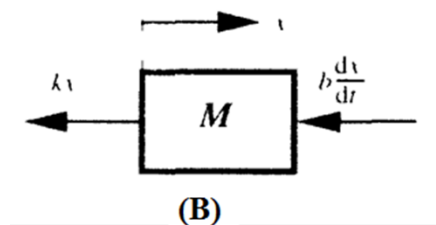
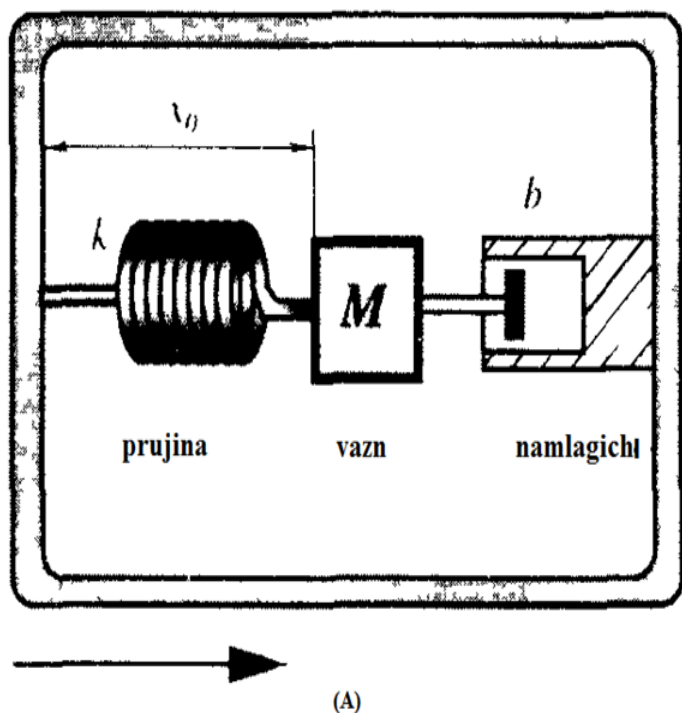
$$Mf = -kx - b \frac{dx}{dt} \quad (4.113)$$

Bu erda f – inersion massaning tezlanishi, erkin tushish tezlanishini hisobga olish bilan:

$$f = \frac{d^2x}{dt^2} - \frac{d^2y}{dt^2} \quad (4.114)$$

Bu ifodani (4.113) ga o‘rniga qo‘yish bilan talab qilinayotgan harakat tenglamasini olamiz:

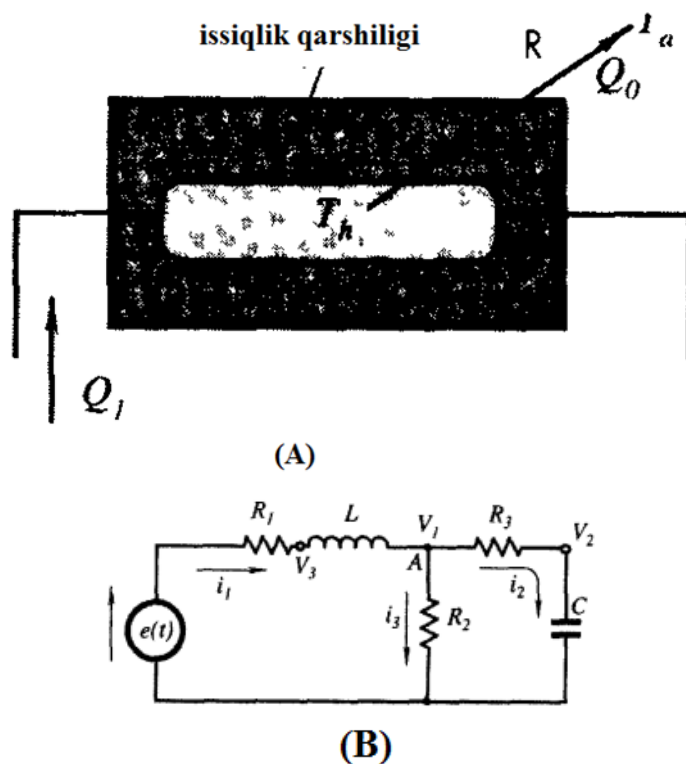
$$M \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = M \frac{d^2y}{dt^2} \quad (4.115)$$



4.34- rasm. A - akselerometrning mexanik modeli; B – M massaning erkin jismiga ta’sir ko‘rsatuvchi kuchlarning diagrammasi

Shuni qayd qilamizki, (4.115) tenglamadagi har bir a'zo Nyuton (N) o'lchamlilikka ega. Bu ifoda ikkinchi tartibli differensial tenglama bo'lib hisoblanadi, bu akselerometrning chiqishida hohlanmaydigan tebranishlar paydo bo'lishi mumkinligini bildiradi. Amaliyotda b so'ndirish koeffitsiyentini rostlash bilan kritik dempfirlash holatiga erishiladi.

Issiqlik elementlari. Issiqlik elementlari – bu radiatorlar, isitadigan elementlar, issiqlik izolyatorlari, issiqlikni qaytargichlar va yutgichlardir. Issiqlik tavsiflarini o'rganishda datchikka o'lchash tizimining tarkibiy qismi sifatida qaraladi, bunda quyidagilar hisobga olinadi: qurilmaning korpusi va montaj elementlari orqali issiqlik uzatilishi, havoning konveksiyasi, qolgan obyektlar bilan issiqlik nurlanishlarini almashinish va hokazolar.



4.35- rasm. A – isitadigan elementning issiqlik modeli, B – rezistiv, sig'imli va induktiv elementlarga ega bo'lgan elektr sxemasi

Shuni eslatamizki, issiqlik uchta usul bilan uzatiladi: issiqlik o'tkazuvchanlik, tabiiy va majburiy konveksiya, issiqlik nurlanishi orqali. Jamlangan parametrlarga ega bo'lgan oddiy modelni qurishda obyekt haroratining o'zgarishini aniqlash

uchun termodinamikaning birinchi qonunidan foydalanish mumkin, unga ko'ra jismning ichki energiyasining o'zgarish tezligi kirayotgan va chiqayotgan issiqlik oqimlarining farqiga teng bo'ladi. Bu bitta trubadan suv quyiladigan, ikkinchisidan esa chiqib ketalgan rezervuardagi (idishdagi) suvning sathi to'g'risidagi masalaga juda o'xshaydi. Shunda issiqlik balansini quyidagi tenglama ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$C \frac{dT}{dt} = \Delta Q \quad (4.116)$$

Bunda $C = M \cdot s$ – jismning issiqlik sig'imi (Dj/K), T – harorat (K), ΔQ - issiqlik oqimining intensivligi (Wt), M – jismning massasi (kg), s – materialning solishtirma issiqlik sig'imi (Dj/kg·K). Jism orqali o'tadigan issiqlik oqimining intensivligi jismning amaliyotda ko'pincha chiziqli deb hisoblanadigan issiqlik qarshiligining funksiyasi bo'lib hisoblanadi:

$$\Delta Q = \frac{T_1 - T_2}{R} \quad (4.117)$$

Bunda R - issiqlik qarshiligi (K/Wt), $T_1 - T_2$ esa – uning issiqlik o'tkazuvchanligi ko'rib chiqilayotgan elementdagi harorat gradiyenti.

Buni ko'rsatish uchun T_h harorotga ega bo'lgan isitadigan elementni tahlil qilamiz. Element issiqlik izolyasion material qatlami bilan qoplangan. Qurshab turuvchi muhitning harorati T_a ga teng. Q – bu elementga qo'yilgan issiqlik, Q_0 – issiqlik yo'qolishlari. (4.117) tenglamadan:

$$C \frac{dT_h}{dt} = Q_1 - Q_0 \quad (4.118)$$

ekanligi kelib chiqadi. (4.118) tenglamadan esa:

$$Q_0 = \frac{T_b - T_a}{R} \quad (4.119)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Bu ikkita ifodani birlashtirish bilan quyidagi differensial tenglamani olamiz:

$$\frac{dT_h}{dt} + \frac{T_h}{RC} = \frac{Q_1}{C} + \frac{T_a}{Rc} \quad (4.120)$$

Bu birinchi tartibli tenglama issiqlik tizimlari uchun tipik bo'lib hisoblanadi. Issiqlik elementlari, agar qaytar bog'lanishli konturga ega bo'lgan qurilmalarning tarkibiga kirmasa, juda barqaror bo'ladi. Oddiy issiqlik elementining bosqichli tashqi ta'sirga chiqish reaksiyasi vaqt doimiysi bilan xarakterlanadi, u issiqlik sig'imining issiqlik qarshiligiga ko'paytmasiga teng bo'ladi: $\tau_r = CR$. Vaqt doimiysi sekundlarda o'lchanadi, passiv sovutadigan elementlar uchun u chiqish signali boshlang'ich harorat gradientidan 37% darajaga etadigan vaqtga teng bo'ladi.

Elektr elementlari. Uchta asosiy elektr elementlari mavjud: kondensator, induktiv g'altak va rezistor. Energiyaning saqlanish qonuniga asoslangan Kirxgof qonunlari quyidagilar:

Kirxgofning birinchi qonuni: uzelga oqib kiradigan to'liq tok undan oqib chiqadigan toklarning yig'indisiga teng bo'ladi (ya'ni, uzelda toklarning algebraik yig'indisi har doim nolga teng bo'ladi).

Kirxgofning ikkinchi qonuni: yopiq elektr zanjirida kuchlanishlarning algebraik yig'indisi zanjirning barcha uchastkalarida qo'yilgan elektr yurituvchi kuchning kattaligiga teng bo'ladi.

4.9 Datchiklarning materiallari

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 Erdagi ikkinchi material bo'lib hisoblanadi, 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 bilan pechda qizdirish yo'li bilan olinadi. Kristall kremniy metall yaltiroqligi va kul rangiga ega (kremniyning organik xloridlarini, shuningdek kremniy dimetil xloridni gidrolizlashda olinadigan silikon bilan chalkashtirmaslik lozim). Kremniy olishning boshqa uslublari ham bor. Qattiq jisimli yarim o'tkazgichli detektorlar va mikrodatchiklarni tayyorlash uchun foydalaniladigan kremniy monokristallari ko'pincha Choxralskiy uslubi bo'yicha etishtiriladi. Kremniy nisbatan inert material bo'lib hisoblanadi, u faqatgina galogenlar va ishqor eritmalari bilan reaksiyaga kirishadi. Aksariyat kislotalar, ftor-vodorod 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. 4.2- jadvalda kremniy uchun xarakterli bo'lgan, datchiklarni qurish uchun foydalanish mumkin bo'lgan fizikaviy hodisalar keltirilgan.

Garchi monokristall kremniy xuddi ko'pchilik metallar kabi plastik deformatsiyaga berilmaydigan etarlicha 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 kvars va aksariyat shishalarga qaraganda yuqori. Kremniyning mo'rtligi to'g'risidagi xato tasavvurlar 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.

4.2-jadval

Kremniyli datchiklar uchun tashqi ta'sirlar

Tashqi ta'sirlar	Fizikaviy hodisalar
Nurlanishli	Fotovolt va fotoelektrik hodisalar, fotoo'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.

4.36A-rasmda polikremniyning solishtirma qarshiligi borning konsentratsiyasiga bog'liq ravishda qanday o'zgarishi ko'rsatilgan. Shu erning 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 (4.36B-rasm). Odatda qarshilikning harorat koeffitsiyenti legirleydigan aralashmalarning konsentratsiyasi kamayishi bilan kamayadi. Har

qanday haroratda polikremniy qatlamining qarshiligini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

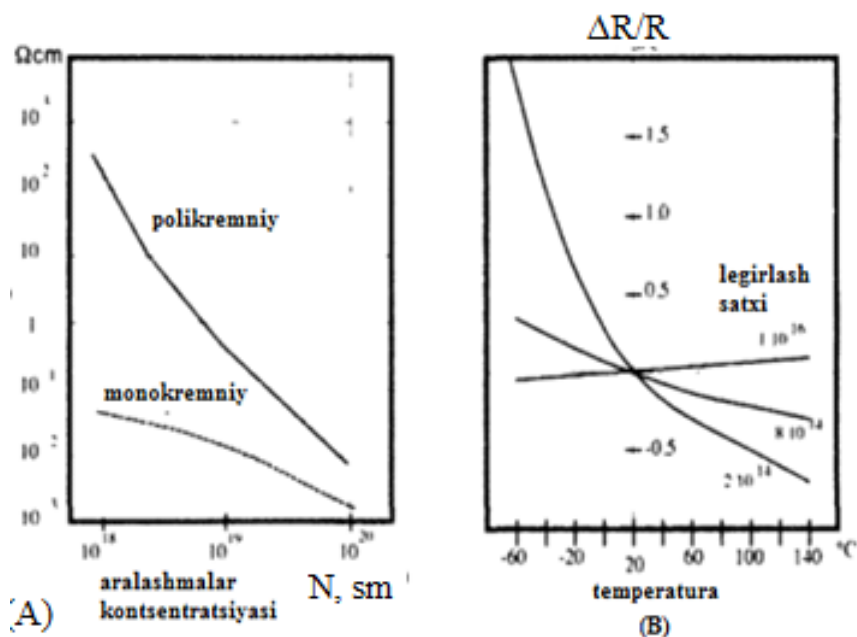
$$R(T) = R_{20} e^{a_R(T-T_0)} \quad (4.121)$$

Bunda $a_R = \frac{1}{R_{20}} \frac{dR(T)_0}{dT}$ - harorat koeffitsiyenti; R_{20} - 20°C haroratda kalibrlashdagi qarshilik. 4.37A -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 qiziqarliki, borning ma'lum bir konsentratsiyasida (Z nuqta) qarshilik haroratga bog'liq bo'lmay qoladi.

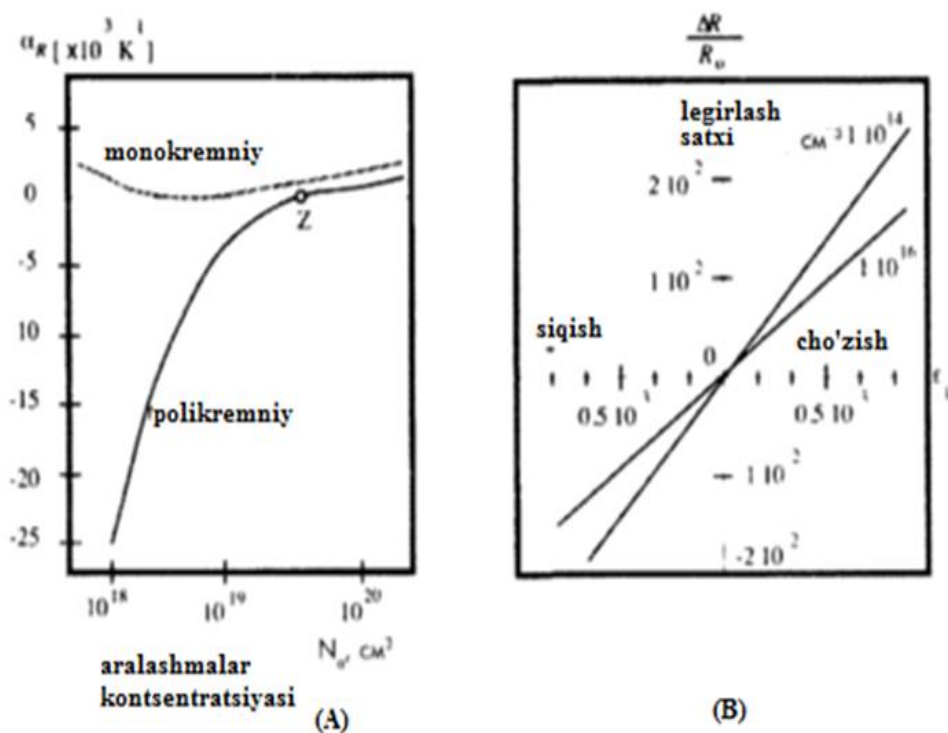
Bosim, kuch va tezlanish datchiklarini ishlab chiqishda polikremniyli rezistorlarning tenzosezgirlik koeffitsiyentini bilish muhim bo'ladi. 4.37B - rasmda bor bilan legirlangan polikremniyli rezistorlarning qarshiligining ε_1 bo'ylama deformatsiya kattaligiga bog'liq ravishda nisbiy o'zgarishlari ko'rsatilgan. 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 (4.37B- 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 qurilmaning 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 (4.38- rasm).



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



4.37- rasm. Harorat koeffitsiyentining legiraydigan aralashmalarning konsentratsiyasiga bog'liqligi (A), kremniyning pyezorezistiv sezgirligi (B)

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

4.38- 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, N-N va N-G' molekulalar barqaror molekulalar, S-N 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 (S_2N_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'rtta pentanga (S_5N_{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 SN_2 guruhlarini yana qo'shish yanada og'irroq polimer suyuqliklarning

shakllanishiga olib keladi. Tarkib $S_{18}N_{38}$ ga etganda polimer qattiq moddaga aylanadi ($S_{18}N_{38}$ – bu parafin mumi). Polimer molekulalari kattalashib borishi bilan mum yanada og‘irlashib boraveradi. 1402 molekulyar og‘irlikka ega bo‘lgan $S_{100}N_{202}$ tarkibli polimer *polietilen* deb ataladi, u eng oddiy termoplastik bo‘lib hisoblanadi. SN_2 guruhlar 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 bo‘lib 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-butadien-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 shaklbarqarorlikka 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, PFDF). Biroq ular o'rtacha mustahkamlikka ega va ularning narxi qimmat.

Neylon (poliamid) – yuqori mustahkamlik va edirilishga bardoshlilikka, shuningdek past ishqalanish koeffitsiyentiga ega. U yaxshi elektr va kimyoviy xususiyatlarga ega, biroq uning gigroskopikligi va shaklbarqarorligi 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.

Poliester – yuqori shaklbarqarorlikka ega. Biroq undan xonadan tashqarida yoki qaynoq suvda foydalanib bo'lmaydi.

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

Polipropilen – bukilishlar va uzuvchan yuklamalarga nisbatan barqaror, a'lo darajadagi kimyoviy va elektr xususiyatlariga, shuningdek yuqori termobarqarorlikka ega. U engil, arzon va uzoq IQ diapazonning nurlari uchun

shaffof. Biroq o'rta IQ diapazonda uning yutish koeffitsiyenti va fotonlarning sochilishi polietilenga qaraganda yuqori.

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

Plastik materiallarning boshqa bir tipi *termoreaktiv plastmassalar* 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 hisoblanadi, ular talab qilinadigan strukturani shakllantirishda bosim ostida eritiladi. Bunda keyinchalik qizdirilganda emirilmaydigan 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 shaklbarqarorlik, 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 bo‘lib 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 yoki yuqori kuchlanish, yoki tojli razryad yordamida qutblanadi. Plenkaning ikki tomonidan yoki trafaretli bosish uslubi bilan, yoki vakuumli metallashtirish uslubi bo‘yicha metall elektrodlar kiritiladi. Bunday plenkalarda 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 bo‘lib hisoblanadi.

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 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 oynalar va volnovodlarga qoplanadi. O‘rta va uzoq IQ diapazonda faqatgina oltin undan yaxshiroq qaytarish qobiliyatiga ega.

Berilliy 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 shaklbarqarorlik va rentgen nurlari uchun shaffoflikka ega. Uning asosiy kamchiligi qimmatligi bo‘lib hisoblanadi. Huddi 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 detallari tayyorlanadi.

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

Nikel 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 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 plenkalar 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 rentgen nurlari va γ nurlanishlarni eng o'tkazmaydigan material bo'lib hisoblanadi. 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 – 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 juda yumshoq va kimyoviy inert material bo'lib 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 nodir metallar ichida eng arzoni bo'lib hisoblanadi. U yumshoq va korroziyaga bardoshli material bo'lib hisoblanadi. Kumush barcha metallar orasida eng katta issiqlik va elektr o'tkazuvchanlikka ega.

Palladiy, iridiy va rodiy 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 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 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 tavsiflari bo'lib hisoblanadi. 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 va boshqalar 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 bo'lib 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, SO₂ lazer yordamida mikroprotsessori 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 etarlicha 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 koeffitsiyentiga ega, bu ulardan optik oynalarni tayyorlash uchun foydalanish (masalan, teleskoplar uchun) imkonini beradi.

Qo‘rg‘oshin-ishqorli shishalar (yoki shunchaki qo‘rg‘oshinli) ularning sindirish koeffitsiyentini oshiradigan qo‘rg‘oshin monooksididan (PhO) 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.

4.10. Datchiklarni texnologiyalari

Yupqa va qalin plenkalarni qoplash. Yupqa plenkalardan 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 plenkalardan ko'pincha bosim datchiklari yoki mikrofonlar tarkibida membranalar sifatida foydalaniladi. Turli materiallardan ishlangan tagliklarga turlicha qalinlikdagi plenkalarni 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, plenkani 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 plenka qoladi. Bu uslubdan ko'pincha namlik datchiklari va kimyoviy detektorlarni tayyorlashda yupqa organik plenkalarni qoplash uchun foydalaniladi. Tayyor plenkalarning 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,

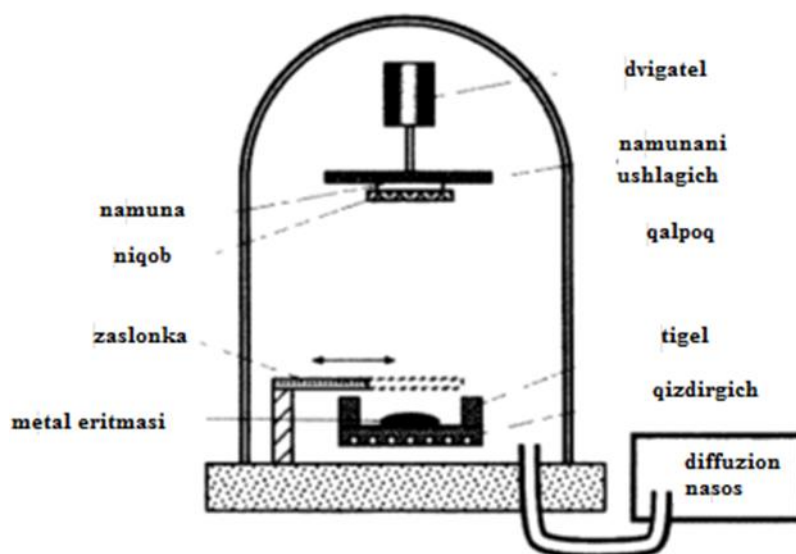
plenkaning bir tekis qoplanmasligi bo'lib hisoblanadi. Buning ustiga, qoplangan material quriganda burishishga moyil bo'ladi. Shunga qaramasdan, ushbu uslub ko'pgina amaliy qo'llashlar uchun to'liq yaroqli bo'lib hisoblanadi.

Termovakuumli changlash. Bu uslubda metall oldindan gazga aylantiriladi, u namunaning yuzasiga o'tiradi va uning yuzasida yupqa plenka shakllantiradi. Changlash tizimi vakuum kamera (4.39- rasm), kamerada $10^{-6} \dots 10^{-7}$ torr atrofida bosimni ta'minlaydigan diffuzion nasos, tutqich, tigl va zaslonkadan tashkil topadi. Qoplanadigan material keramik tiglga joylashtiriladi, volfram cho'g'lanma tola yordamida metallning 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 plenka katta qoldiq kuchlanishga ega bo'ladi, shu sababli ushbu uslub faqatgina yupqa plenkalarni 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 plenka chekkalarining aniq bo'lmasligi. Bu hodisalarni kamaytirish uchun quyidagi uslublar qo'llaniladi: yoki 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 hohlanmaydigan tarkibiy qismlarning, masalan, uglevodlarning o'tirishiga olib kelishi mumkin.

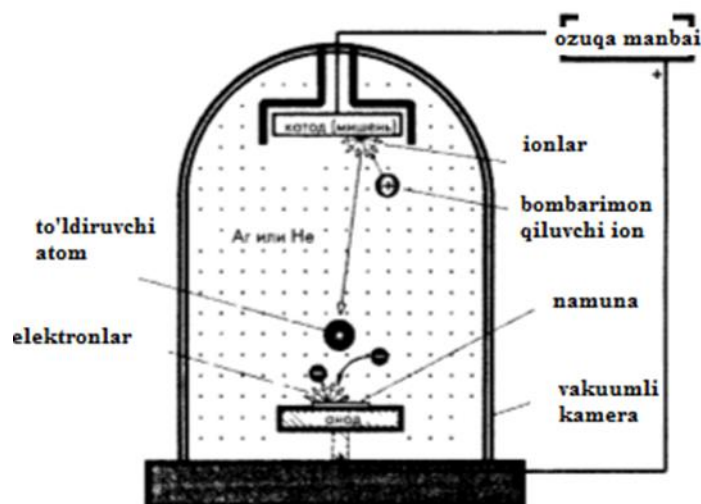


4.39- rasm. Vakuum kamerada yupqa metall plenkani qoplash

Ionli changlash. Huddi vakuumli changlash kabi, ionli changlash ham vakuum kamerada o'tkaziladi (4.40- rasm). Biroq bu erda kameradan havo so'rib olingandan keyin unga $2 \cdot 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-6}$ torr 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 etarli bo'ladi. Bu atomlarning ba'zilar namunagacha etib borish bilan uning yuzasida yupqa plenka hosil qiladi.

Ionli changlash uslubi bilan qoplangan plenklar, 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

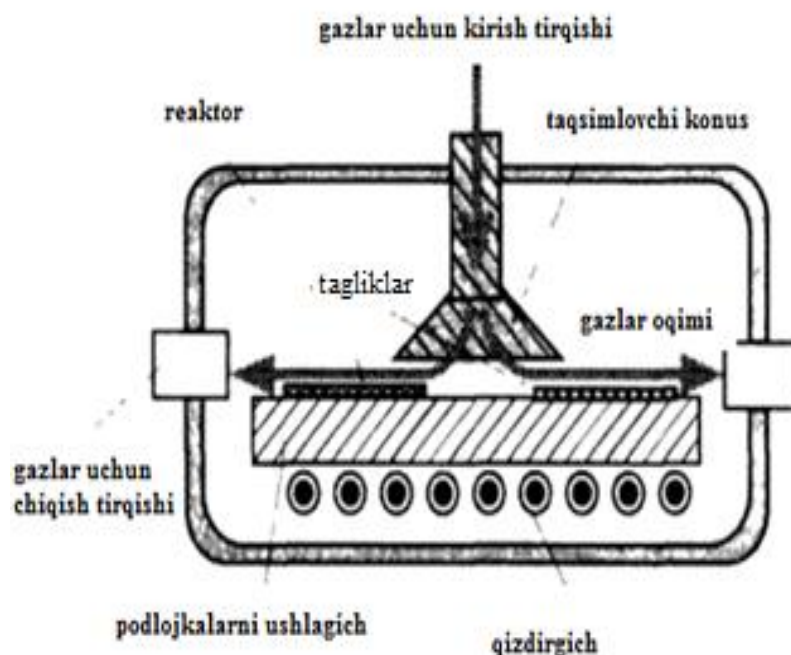
nixrom elektrodnlarni shakllantirishda nikel va xrom ionlari ikkita turli nishondan changlanishi mumkin.



4.10- 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 plenkarni qoplash zarur bo'ladi.

Kimyoviy o'tirg'izish jarayoni reaktorda o'tkaziladi, uning soddalashtirilgan sxemasi 4.41-rasmda keltirilgan. Tagliklar statsionar yoki aylanuvchi stolga joylashtiriladi, stolning harorati maxsus qizdirgich yordamida talab qilinadigan darajagacha ko'tariladi. Reaktorning yuqorigi qopqog'ida maxsus aralashmalarga ega bo'lgan vodorodni kiritish uchun teshik mavjud, ular tagliklarning qizdirilgan yuzasi ustida ko'chish bilan ularga o'tiradi – yupqa plenkani 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 $Ga_{0.47}In_{0.57}As$ plenkani hosil qilish uchun 630°C harorat va 1 atm bosimni ta'minlash talab qilinadi.



4.41-rasm. Gaz fazadan kimyoviy o‘tirg‘izish 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 strukturasi 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 oʻzida mikroqurilmalarning strukturalari va qoʻzgʻaluvchan qismlarini tayyorlash uslublarini birlashtiradi. MEMT larni qurishdan maqsad – integral elektron sxemalar va mikromashinali qurilmalarni birlashtirishdan iborat. MEMT larning yaqqol koʻzga tashlanadigan yutuqlari narxining pastligi, ishonchliligi, mitti oʻlchamlari boʻlib hisoblanadi.

Hozirgi kunda mikrotexnologiyalarning uchta yoʻnalishi – kremniyga ishlov berish uslublari, eksimer lazer yordamida ishlov berish va LIGA-texnologiya koʻproq rivojlanishga ega boʻlgan. Kremniyga *mikroishlov berish* uslublari koʻproq shiddat bilan rivojlanayotgan uslublar boʻlib hisoblanadi, chunki mikroelektronikada kremniy tagliklardan keng foydalaniladi, mikrotizimlarni qurish uchun aynan ular koʻproq toʻgʻri keladigan nomzodlar boʻlib hisoblanadi.

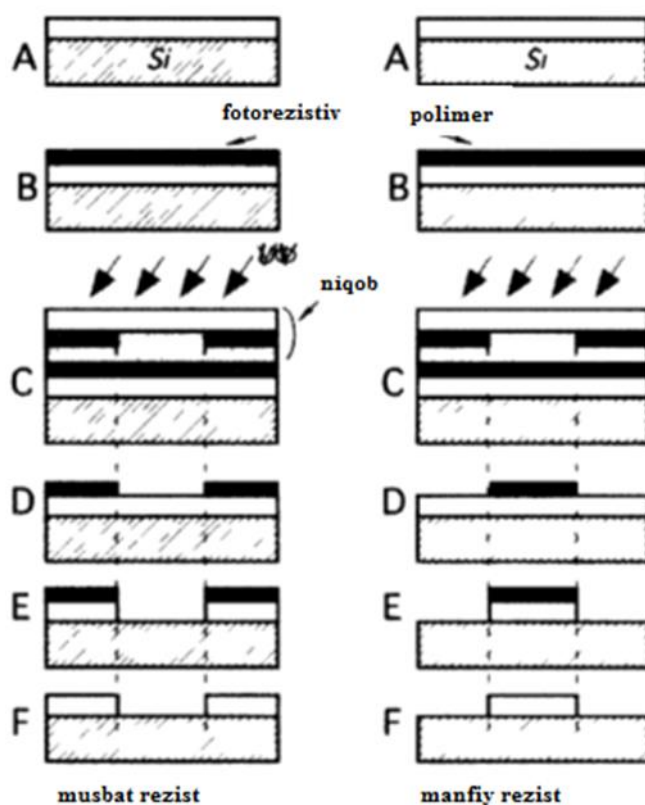
Eksimer lazer UB qurilma boʻlib hisoblanadi, u juda katta miqdordagi materiallarga ularni qizdirmasdan turib mikromashinali ishlov berish imkonini beradi, bu uning lazerlarning materialni kuydirish yoki bugʻlatish yoʻli bilan chiqarib yuboradigan boshqa tiplaridan ajralib turadigan xarakterli chizgisi boʻlib hisoblanadi. Eksimer lazerdan asosan organik materiallar bilan (polimerlar va hokazolar) ishlash uchun foydalaniladi.

LIGA (litografik galvanoplastika va quyish) – turli materiallardan ishlanishi mumkin boʻlgan mexanik mikrotarkibiy qismlarni tayyorlash uchun foydalaniladigan texnologiyadir. Biroq bu texnologiya jiddiy kamchiligi bor – unda sinxrotronning rentgen nurlanishini qoʻllash talab qilinadi.

Fotolitografiya. Fotolitografiya – mexanik mikrotizimlarning uch oʻlchamli strukturalarini yaratishning mikroelektronikadan olingan uslubidir. 4.42A- rasmda qandaydir materialning (aytaylik, kremniy dioksidining) boshqa bir materialdan (masalan, kremniydan) ishlangan taglikka qoplangan plenksi koʻrsatilgan. Uslubning maqsadi – taglikning talab qilinadigan uchastkasini boʻshatish uchun

oksid qatlamining bir qismini selektiv tarzda chiqarib yuborishdan iborat (4.42F- rasm).

Oksid qatlamining yuzasiga UB nurlanishga sezgir bo'lgan fotorezist deb ataluvchi polimerdan plenka qoplanadi (4.42E- rasm). Polimerning ustidan niqob shakllantiriladi, u o'zida ko'pincha shisha plastinkaga qoplangan xrom shablonni taqdim qiladi. UB nurlanish fotorezistga niqob orqali tushadi (4.42D- rasm). Shundan keyin fotorezistning nurlatilgan qismi chiqarib tashlanadi. Natijada fotorezistdan niqob shakllanadi (4.42F- rasm).



4.42- rasm. Musbat va manfiy fotolitografiya

Fotorezistlarning ikkita tipi mavjud: musbat (4.42- rasmning chap tomoni) va manfiy (4.42-rasmning o'ng 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 manfiy rezist nurlatilganda polimerning kuchayishi sodir bo'ladi, va polimerning nurlanishga tortilmagan qismi chiqarib tashlanadi. Bunda rezistiv

qatlamda boshlang'ich niqobning invertirlangan rasmi qoladi. Rezist bilan himoyalangan zonalaridan kremniy oksidini chiqarib tashlash uchun kimyoviy yoki boshqa biror to'g'ri keladigan uslub qo'llaniladi (4.42E- rasm). Jarayonning oxirida rezist chiqarib tashalanadi va tayyor struktura qoladi. (4.42F- rasm).

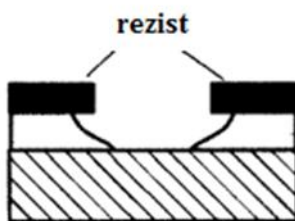
Kremniyga ishlov berish uslublari. Talab qilinadigan mikrostrukturalarni olish uchun kremniy taglikka qoplanadigan qatlamlarni shakllantirish va taglikning o'ziga shakl berish uslublari mavjud (kremniyga hajmli ishlov berish). Shuningdek yupqa plenkalarni qoplash va shakllantirishning kremniy taglikning yuzasida etarlicha 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 plenkalarni qoplash. Kremniy (yoki qandaydir bir boshqa) taglikning yuzasiga turli materiallardan yupqa (bir necha mikron atrofida yoki undan ham yupqa) plenkalarni qoplash uchun fotolitografiya yoki eritish uslublari foydalaniladi. Eng keng tarqalgan materiallar quyidagilar bo'lib hisoblanadi: kremniy dioksidi, kremniy nitridi, polikremniy va alyuminiy. Yupqa plenkalarni 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 plenkalarni 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 etarlicha mustahkam bo'lmaydi. Bunday hollarda boshqa qattiqroq materiallardan (masalan, oksid yoki nitrid) yupqa qatlam qoplanadi, va keyinchalik plenkaning 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 eritish uchun o'zining erituvchi reagentlari mavjud. Izotrop erituvchilar materialga barcha yo'nalishlarda bir xil ta'sir ko'rsatishi sababli ular materialni faqat vertikal yo'nalishda emas, balki gorizontaal yo'nalishda ham chiqarib yuboradi, bunda ular niqobning ostida joylashgan qatlamni eritadi. Bu 4.43- rasmda ko'rsatilgan.



4.43- 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 bo'lib hisoblanadi. Garchi anodli eritish va tagliklarni to'g'ridan-to'g'ri tutashtirish uslublari mustahkam tutashuvlarni olish imkonini bersada, ular etarlicha 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.

4.11 Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

Nazorat savollari:

1. To'g'ridan-to'g'ri harakat qiladigan datchiklarning ishlash prinsipi qanday?
2. Elektr dipol nima? Uni datchiklar tayyorlashdagi roli nimada?
3. Kondensatorning sig'imi nima? Sig'imning kattaligi nimalarga bog'liq?
4. Kondensatorning qandaydir-bir tavsifsi tashqi ta'sirdan o'zgarishi asosida qanday datchiklarni qurish mumkin bo'ladi?
5. Yupqa va qalin plenkalarni qoplash texnologiyasining mohiyati nimada?
6. Yupqa plenkalarni qoplashda qaysi uslub samarali?
7. Kremniy tagliklari qaysi uslub bilan olinadi?
8. Quruq eritish texnologiyasining avzalligi nimada?
9. Pyezoelektrik effekt hodisasi nimaga asoslanadi?
10. Pyezodatchiklarni tayyorlashda qo'llaniladigan kristallar texnologiyasi/
11. Pyezoelektrik plenkalarni qanday noyob xususiyatlarga ega?
12. Piroelektrik effekt hodisasi nimaga asoslanadi?
13. Nima sababdan piroelektrik qurilmalar issiqlik oqimining detektorlari bo'lib hisoblanadi?
14. Ikkilamchi piroelektrik effekt hodisasini tushuntiring.
15. Xoll datchiki qanday tuzilgan? Ishlash prinsipini tushuntiring.
16. Zeebek effekti nimaga asoslanadi?

17. Peltze effekti qanday sodir bo'ladi?
18. Tovushning tezligi haroratga bog'liq bo'ladi?
19. Kelvin va selsiy shkalalari nimalarga asoslangan?
20. Issiqlikdan kengayish hodisasi asosida qanday datchiklar ishlab chiqilgan?
21. Solishtirma issiqlik sig'imi va issiqlik sig'imi nima?
22. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
23. Datchikni matematik modellastirish qanday amalga oshiriladi?
24. Issiqlik uzatilishini uchta usulini tushuntiring.
25. Datchiklarni tayyorlashning texnologik uslublari qanday tanlanadi?
26. Termoreaktiv plastmassalardan nima maqsadda foydalaniladi.
27. Datchiklarni tayyorlashda qaysi metallardan foydalaniladi?
28. Metallni tanlashda uning qaysi xususiyatlarini hisobga olib tanlanadi?

Amaliy mashg'ulotlar uchun topshiriqlar

1. Datchiklarning asosiy tavsiflarini o'rganish.
2. Elektromagnit o'zgartkichlar konstruksiyalarini loyihalash
3. Optoelektron o'zgartkichlar konstruksiyalarini loyihalash
4. Issiqlik o'zgartkichlari konstruksiyalarini loyihalash
5. Termoelektrik termometr asosidagi datchiklarni loyixalash.
6. Qarshilik termometri asosidagi datchiklarni loyixalash.

Mustaqil ish mavzulari:

1. Termosezgir elementlar
2. Yarimo'tkazgichli sezgir elementlar

5-Bob. Datchik turlari va ularning hususiyatlari

5.1. Mavjudlik va harakat datchiklarining tiplari

Mavjud bo'lish datchiklari odamlarning (ba'zan esa hayvonlarning ham) nazorat qilinadigan zonada bo'lishini detektirlaydi, *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 oʻrnatilgan elektr kontaktlari.
- *Magnitik ochilish detektorlari*: ochilish detektorlarining kontaktsiz koʻrinishi.
- *Vibratsiya detektorlari*: binolarning devorlari yoki boshqa konstruksiyalarining vibratsiyasiga reaksiya koʻrsatuvchi qurilmalar, bunday elementlar obyektlarning harakatini aniqlash uchun eshiklar va derazalarga ham oʻrnatilishi mumkin.
- *Infraqizil (IQ) harakat detektorlari*: issiq yoki sovuq harakatlanuvchi obyektlar tomonidan chiqariladigan issiqlik toʻlqinlariga reaksiya koʻrsatuvchi qurilmalar.
- *Oʻta yuqori chastotali (OʻYuCh) detektorlar (mikrotoʻlqinli datchiklar)*: obyektlardan qaytgan oʻta yuqori chastotali elektromagnitik toʻlqinlarga reaksiya koʻrsatuvchi faol qurilmalar.
- *Ultratovush datchiklari*: OʻYuCh datchiklarga oʻxshash boʻlgan qurilmalar, faqat ularda elektromagnitik toʻlqinlar oʻrniga ultratovush tebranishlaridan foydalaniladi.
- *Yangi obyektlar paydo boʻlishining videodetektorlari*: qoʻriqlanadigan zonaning joriy tasvirini xotiraga yozilgan etalon tasvir bilan solishtiradigan videoqurilmalar.
- *Videotanish tizimlari*: odamlarning aft-basharasining xarakterli xususiyatlarini maʼlumotlar bazasida saqlanadigan suratlar bilan solishtiradigan tasvir analizatorlari.
- *Lazer detektorlari*: fotoelektrik detektorlarga oʻxshash boʻlgan qurilmalar, ularning farqi shundaki, ular tor yorugʻlik nurlari va qaytargichlar kombinatsiyalaridan foydalanadi.
- *Elektrostatik detektorlar*: harakatlanuvchi obyektlar tomonidan olib oʻtiladigan statik elektr zaryadlarini detektirlashga qodir boʻlgan datchiklar.

Odamlarning borligini aniqlaydigan detektorlarning kamchiliklaridan biri ularning yolgʻondan ishga tushishi boʻlib hisoblanadi. Yolgʻondan ishga tushish deganda tizim aslida u erda mavjud boʻlmagan obyektlarni koʻrsatadigan vaziyat tushuniladi. Baʼzi bir hollarda, masalan, yorugʻlik bilan boshqariladigan oʻyinchoqlar yoki qurilmalarda yolgʻondan ishga tushish katta muammolarni tugʻdirmaydi. Biroq qoʻriqlash tizimlari va harbiy tizimlarda yolgʻondan ishga tushish ham, begonalarning qoʻriqlanadigan zonaga bostirib kirishi ham bir xil xavfli vaziyatlar boʻlib hisoblanadi. Shu sababli bunday qoʻllashlar uchun datchiklarni tanlashda ularning ishonchliligi, tanlovchanligi va xalaqit beruvchilardan himoyalanganligiga eʼtibor qaratish zarur boʻladi. Qoʻriqlash tizimlarining ishonchliligini oshirish uchun koʻpincha oʻzlarining interfeysli sxemalariga ega boʻlgan, bir-biriga bogʻliq boʻlmagan holda ishlaydigan bir nechta datchiklardan foydalaniladi. Begonalarning bostirib kirishini aniqlashda xatolarni kamaytirishning boshqa bir usuli turli fizikaviy tamoyillarga asoslanadigan bir nechta datchiklarni qoʻllash boʻlib hisoblanadi (masalan, sigʻim va IQ detektorlarining kombinatsiyasi juda samarali boʻladi, chunki ular uchun kiritiladigan xalaqit beruvchilarning har xil turlari kritik boʻlib hisoblanadi).

5.2. Mikrotoʻlqinli harakat detektorlari

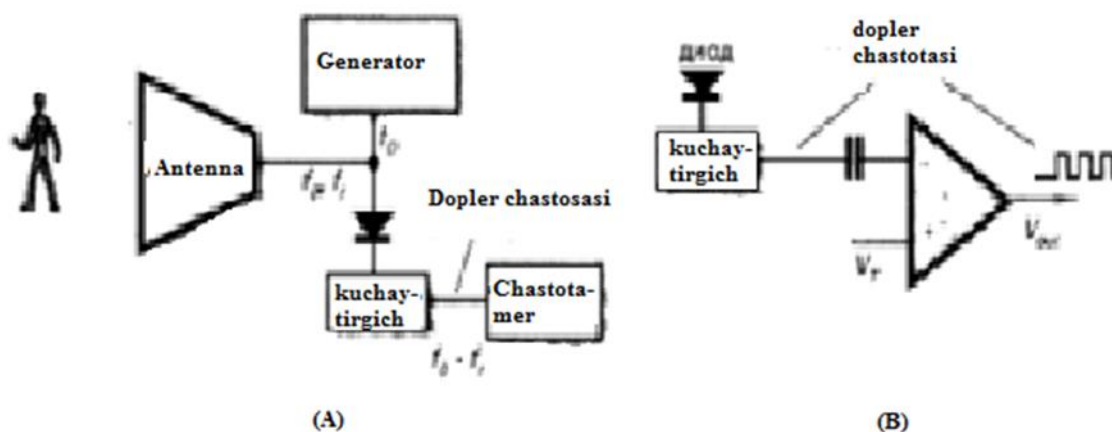
Katta maydonlarni nazorat qilish va kuchli shovqin-suron sharoitlarida – shamolda, kuchli xalaqit beruvchilar mavjud boʻlganda, tumanda, chang-toʻzonda, namlik va hokazolarda keng haroratlar diapazonida ishlash talab qilinganda OʻYuCh detektorlar boshqa datchiklarga ajoyib alternativa boʻlib hisoblanadi. OʻYuCh detektorlarning harakat tamoyili qoʻriqlanadigan zona tomonga elektromagnitik radiochastotali toʻlqinlarni nurlatishga asoslanadi. 10.525 GHz (X-diapazon) va 24.125 GHz (K-diapazon) chastotalar eng keng tarqalgan chastotalar boʻlib hisoblanadi. Nurlatish quvvati odamlarning salomatligiga ziyon etkazmaslik uchun etarlicha past boʻlishi, nurlatiladigan toʻlqinlarning uzunligi havoni ifloslantiradigan aksariyat zarrachalar orasidan bemalol oʻtish uchun etarlicha katta

bo'lishi (X-diapazon uchun $\lambda=3$ sm) va katta obyektlardan qaytishi uchun etarlicha qisqa bo'lishi lozim.

Detektorlarning mikroto'liqlik 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'liqlarning 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 xususiyat quyidagidan iborat: tor (ignasimon) yo'naltirilganlik diagrammasiga ega bo'lgan antennalar etarlicha kichik bo'lishi mumkin bo'lgan keng burchakli antennalarga qaraganda katta o'lchamlarga ega bo'ladi. Uzatgichning tiplashgan quvvati 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 bo'ladi. Generator yoki uzluksiz, yoki davriy ravishda ishlashi mumkin. Impulsli rejimda ishlashda oziqlantirish manbaidan iste'mol qilinadigan quvvat keskin kamayadi.

Nurlatiladigan to'liqlarning kamroq qismi Shotka aralashtiruvchi diodga kelib tushadi va etalon signal sifatida foydalaniladi (5.1A- rasm). Ko'pincha signallar priemnigi va peredatchigi (qabul qilgich va uzatgich) priemperedatchik yoki transiver deb ataladigan bitta modulda joylashadi. Obyektdan qaytarilgan to'liqlarning bir qismi antennaga qaytadi, u ularni aralashtiruvchi diodga yo'llaydi. Dioddagi tok o'zida uning chastotasi nurlatilgan va qaytarilgan to'liqlarning obyektgacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional bo'lgan faza farqi bilan belgilanadigan garmolnik signalni taqdim qiladi. Bunday *faza 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 Dopler hodisasi asosida amalga oshiriladi. Amalda barcha O'YuCh va ultratovush detektorlari shu tamoyil asosida ishlaydi. Shuni qayd qilish lozimki, Dopler datchiklari mavjud bo'lish detektorlari emas, balki harakat detektorlari bo'lib hisoblanadi, chunki faqatgina harakatlanayotgan obyektlarga reaksiya ko'rsatadi. Endi ular qanday ishlashini tushuntiramiz.



5.1- rasm. O'YuCh mavjud bo'lish detektor: A – Dopler chastotasini o'lchash uchun sxema; B – ostona detektoriga ega bo'lgan sxema

Antenna f_0 chastota bilan nurlatadi, bu chastota λ_0 to'lqin uzunligi bilan belgilanadi:

$$f_0 = \frac{c_0}{\lambda_0} \quad (5.1)$$

bunda c_0 - yorug'lik tezligi.

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 hodisa **Dopler hodisasi** deb ataladi, u Avstriyalik olim Kristian Doplarning (1803-1853) nomi bilan atalgan. Dopler 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, elektromagnitik to'lqinlar absolyut konstanta bo'lib hisoblanadigan yorug'lik tezligi bilan tarqaladi. Nisbiylik

nazariyasiga ko‘ra, qaytarilgan elektromagnitik to‘lqinlarning chastotasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$f_r = f_0 \frac{\sqrt{1 - (\frac{v}{c_0})^2}}{1 + v/c_0} \quad (5.2)$$

Amaliyotda $(\frac{v}{c_0})^2$ 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:

$$f_r = f_0 \frac{1}{1 + v/c_0} \quad (5.3)$$

Dopler 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:

$$i = i_0 + \sum_{k=1}^n a_k (U_1 \cos 2\pi f_0 t + U_2 \cos 2\pi f_r t)^2 \quad (5.4)$$

bunda i_0 – doimiy tarkib toptiruvchi; a_k - diodning ishchi nuqtasi bilan belgilanadigan garmonika koeffitsiyentlari; U_1 va U_2 - nurlatilgan va qaytarilgan signallarning amplitudalari; t - vaqt.

Bu tok cheksiz sonli garmonikalarni o‘z ichiga oladi, ularning orasida Δf chastotalar farqiga teng bo‘ladigan, Dopler chastotasi deb ataladigan chastota mavjud bo‘ladi:

$$\Delta f = a_2 U_1 U_2 \cos 2\pi (f_0 - f_r) t$$

Aralashtiruvchi dioddagi Dopler chastotasini (5.3) tenglamadan topish mumkin:

$$\Delta f = f_0 - f_r = f_0 \frac{1}{\frac{c_0}{v} + 1} \quad (5.5)$$

$\frac{c_0}{v} \gg 1$ bo‘lganligi sababli, quyidagi tenglamani olamiz:

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda_0} \quad (5.6)$$

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 Dopler chastotasi $\Delta f = 0,6/0,03 = 20$ Hz ni tashkil qiladi.

(5.6) 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, Dopler chastotasini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda_0} \cos \theta \quad (5.7)$$

Ushbu tenglamadan ko‘rinib turibdiki, obyekt 90° ga yaqin bo‘lgan θ burchak ostida yaqinlashganda Dopler detektorlari samarasiz bo‘lib qoladi. Tezlik datchiklarida obyektning harakat tezligini aniqlash uchun Dopler chastotasini va ko‘chish yo‘nalishini aniqlash uchun fazani o‘lchash talab qilinadi (5.1A- rasm). Bu uslub avtoinspektorlarning radarlarida qo‘llaniladi. Qo‘riqlash tizimlari va supermarketlarda eshiklarning ochilish qurilmalarida ham Dopler datchiklaridan foydalaniladi, biroq ularda chastotani o‘lchash o‘rniga harakatlanuvchi obyektlar topilganda ostona komparatori ishga tushadi (5.1B- rasm). Shuni qayd qilamizki, garchi (5.7) ifodadan $\theta = 90^\circ$ burchak ostida harakatlanayotgan obyektlar uchun Dopler 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 etarli bo‘ladi.

Aralashtiruvchi dioddagi kuchlanish odatda mikrovoltgdan millivoltgacha diapazonda bo‘ladi, shu sababli undan keyin, qoidaga ko‘ra, kuchaytirgich o‘rnatiladi. Dopler chastotasi tovush diapazonida yotishi sababli, foydalaniladigan kuchaytirgich etarlicha oddiy bo‘lishi mumkin. Normal ishlashni ta’minlash uchun

qabul qilinadigan signalning quvvati etarlicha yuqori bo'lishi zarur. Bu shartning bajarilishi bir nechta omillarga – antenaning A apertura maydoni, a obyektning maydoni, shuningdek obyektgacha bo'lgan r masofaga bog'liq bo'ladi.

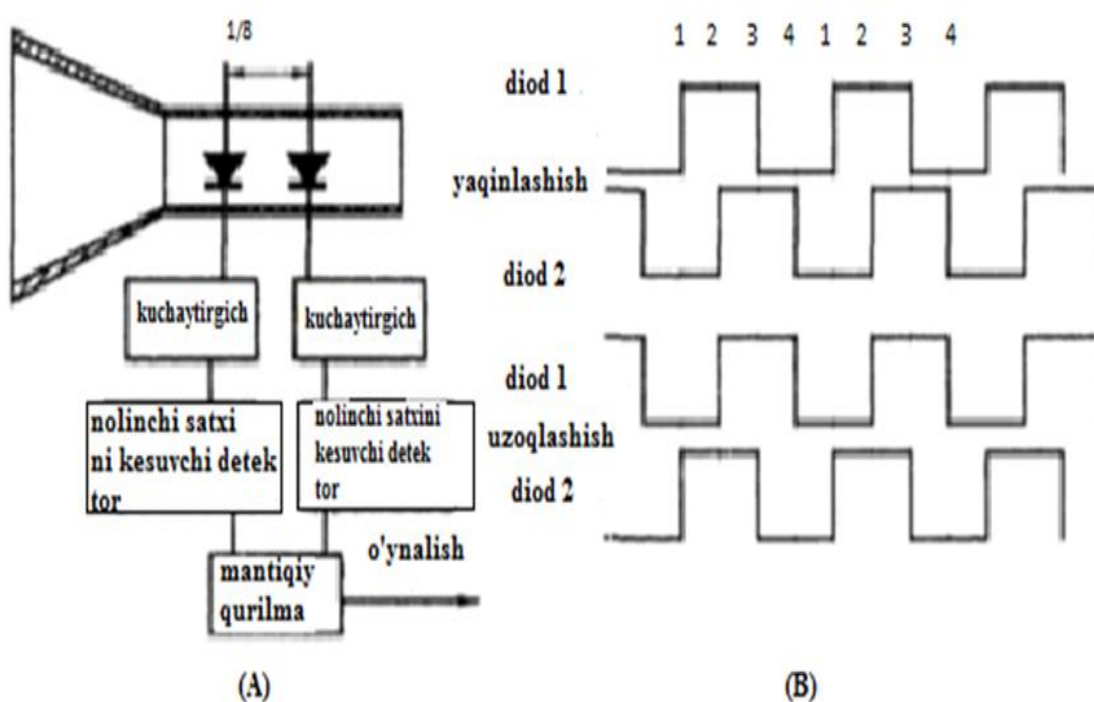
$$P_1 = \rho \frac{P_0 A^2 a}{4\pi \lambda^2 r^4} \quad (5.8)$$

Bunda P_0 - boshlang'ich nurlanishning quvvati.

Samarali ishlash uchun obyektning a ko'ndalang kesim maydoni etarlicha 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 etib bormasligi ham mumkin. Elektromagnitik to'lqinlar chetlashishining bunday usuli erdagi 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 Dopler 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 impulsarga aylantiriladi, so'ngra ular o'zida obyektning harakat yo'nalishini aniqlaydigan

raqamli fazalar diskriminatorini taqdim qiladigan mantiqiy qurilmada tahlil qilinadi (5.2B- 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.



5.2-

rasm. Ko'chish yo'nalishini aniqlash funksiyasiga ega bo'lgan mikroto'liqlik Dopler harakat datchigining (A)-blok-sxemasi va (B)-vaqt diagrammalari

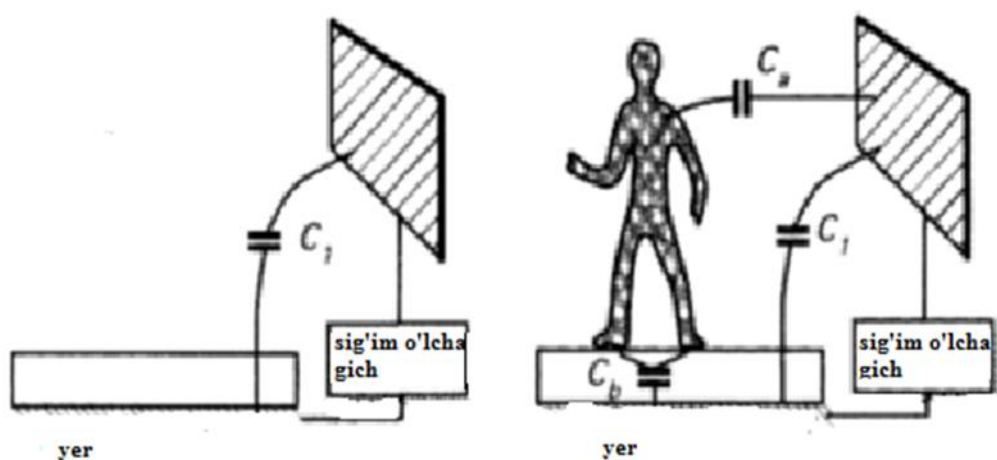
5.3. Mavjudlikni sig'imli datchiklari

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

boʻladigan oʻtish sigʻimlarining kattaliklari tananing oʻlchami, kiyimning materiali, qurshab turuvchi obyektlarning tiplari, ob-havo va hokazo omillarga bogʻliq boʻladi. U odatda bir necha pikofaradadan bir necha nanofaradagacha oraliqda yotadi. Odam harakatlanganda bu sigʻimlarning kattaliklari oʻzgaradi, bu harakatlanayotgan obyektlarni statik obyektlardan farqlash imkonini beradi. Aslida barcha obyektlar bir-biri bilan qandaydir-bir sigʻimli bogʻlanishlar bilan bogʻlangan boʻladi. Agar bu bogʻlanishlar qandaydir-bir zonada qotirib qoʻyilsa, u holda bu zonaning atrofida har qanday yangi obyektning paydo boʻlishi oʻrnatilgan bogʻlanishlarning buzilishiga olib keladi. 5.3- rasmda test plastinkasi bilan er oʻrtasidagi (bu erda er deganda er, koʻl, avtomobil, kema, samolet va hokazolar kabi har qanday katta obyekt tushuniladi) boshlangʻich sigʻim S_1 ga teng boʻlishi koʻrsatilgan. Bu plastinkaning atrofida odam paydo boʻlganda ikkita qoʻshimcha kondensator paydo boʻladi: S_a – plastinka bilan tana oʻrtasida va S_b – tana bilan er oʻrtasida. Shu sababli plastinka bilan er oʻrtasidagi yigʻindi sigʻim ΔS kattalikka ortadi:

$$C = C_1 + \Delta C = C_1 + \frac{C_a C_b}{C_a + C_b} \quad (5.9)$$

Sigʻimning bu oʻzgarishini mos keluvchi apparatura yordamida qayd qilish va qoʻriqlanadigan zonada odamlarning mavjudligini detektirlash mumkin boʻladi.

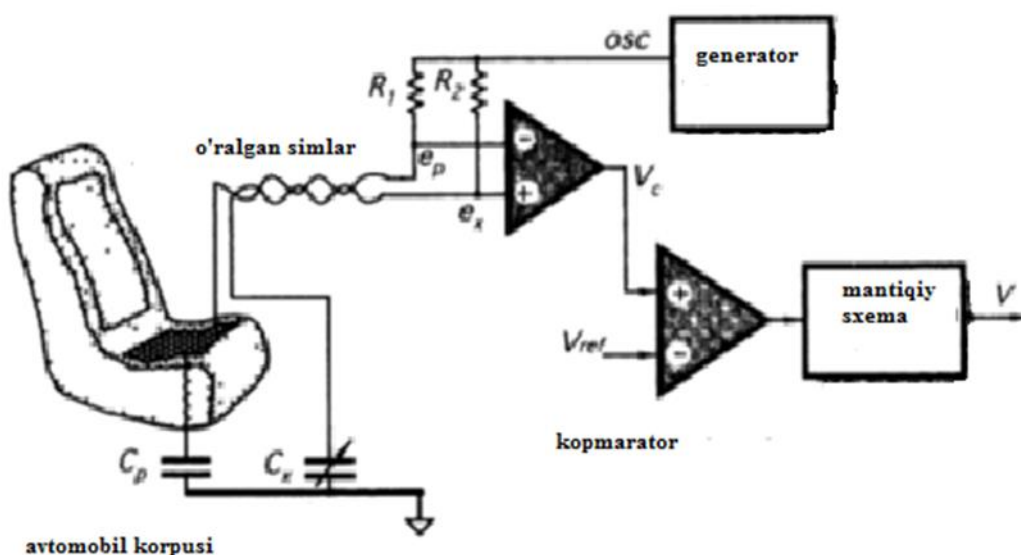


5.3-rasm. Odam detektorning sxemasiga qoʻshimcha sigʻimni olib kirishi

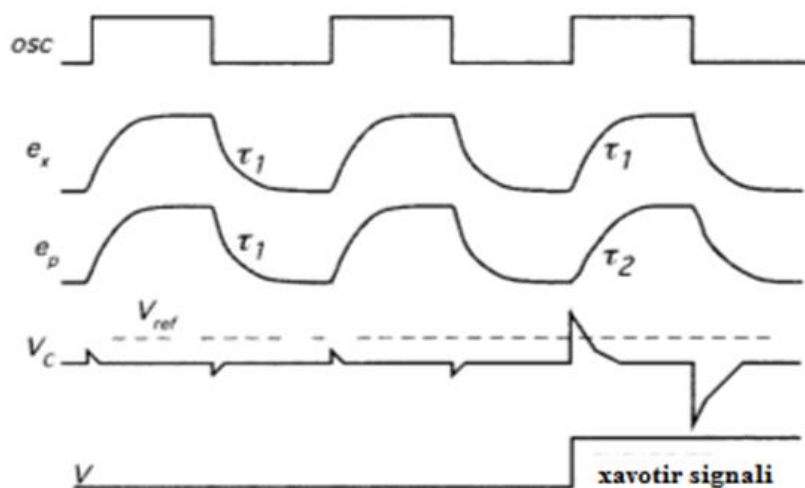
5.4- rasmda avtomobil uchun sig‘imli qo‘riqlash tizimi ko‘rsatilgan. Sezgir element avtomobilning o‘rindig‘iga kiritilgan. U metall plastinka yoki to‘r, elektr o‘tkazuvchan to‘qima va hokazolar ko‘rinishida tayyorlangan bo‘lishi mumkin. Sezgir element S_r kondensatorning plastinkalaridan birini tashkil qiladi. Bu kondensatorning ikkinchi plastinkasi yoki avtomobilning korpusi, yoki poldagi gilamchaning 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 (5.5-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 bo‘ladi.

Parazit sig‘imli bog‘lanishlar. Sig‘imli mavjud bo‘lish datchigi yonma-yon yoki metall qurilmalarda ishlatilganda uning sezgirligi 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. 5.6A- 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_{s0} ga teng bo'lgan sig'imli bog'lanish shakllanadi.



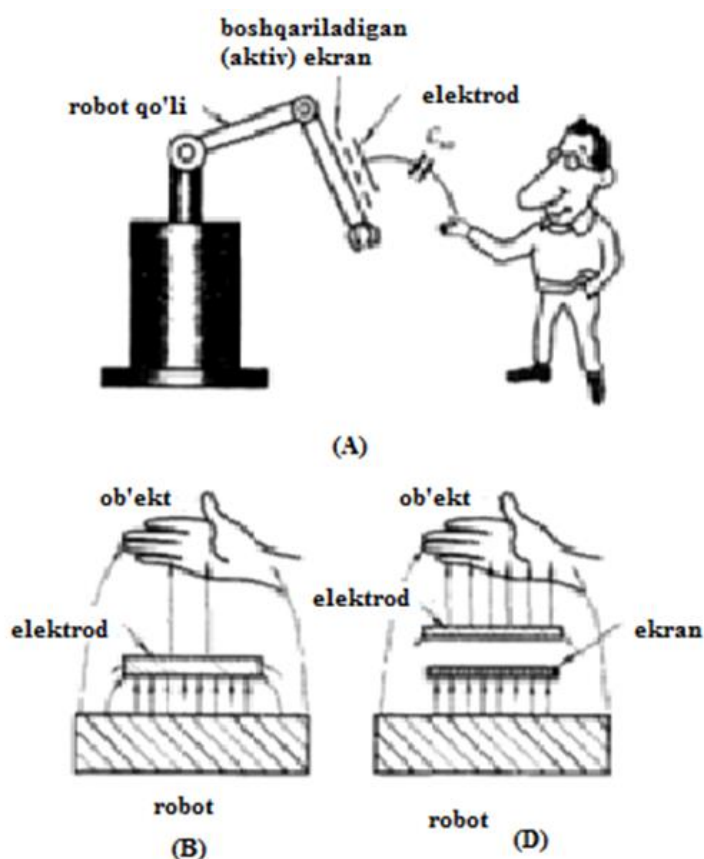
5.4 -rasm. Avtomobilni qo'riqlash uchun sig'imli detektor



5.5- rasm. Sig'imli datchik ishlashining vaqt diagrammalari

Robotning qo'li *elektrod* deb ataladigan elektr izolyasiyalangan o'tkazuvchan qobiq bilan qoplangan. 5.3- rasmda sig'imli bog'lanishni detektorlash yordamida qanday qilib datchikning atrofida odamlar borligini aniqlash mumkinligi

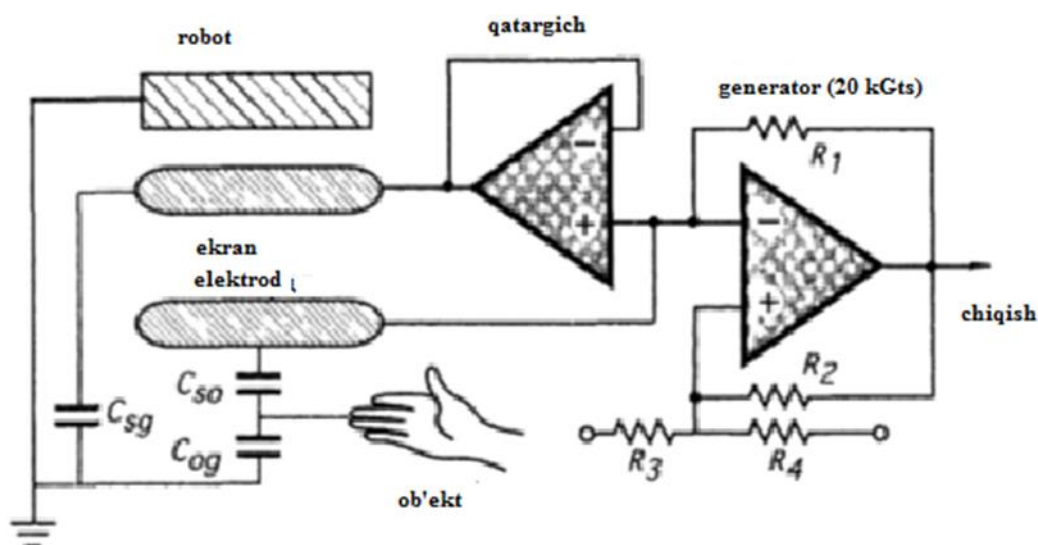
ko'rsatilgan. Biroq robotning zalvorli metall qo'li elektrod bilan obyekt o'rtasida hosil bo'ladigan bog'lanishga qaraganda elektrod bilan anchagina katta sig'imli bog'lanishga ega bo'ladi (5.6B- rasm). Bu muammoning eng yaxshi echimi – elektrod bilan robotning qo'li orasiga oraliq ekranni joylashtirishdir (5.6D- rasm).



5.6- rasm. Sig'imli yaqinlashish datchigi: (A)-boshqariladigan ekran erga 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 erda 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. 5.7- rasmda to'g'ri burchakli impulslar 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.



5.7 -rasm. Kirish sig'imlari bilan boshqariladigan chastota modulyatorining soddalashtirilgan sxemasi

5.4. Harakatni elektrostatik detektorlari

Har qanday obyekt o'zining yuzasida statik elektr zaryadlarini to'plashi mumkin. Zaryadlar yuzada elektrostatik hodisalar oqibatida (ya'ni obyektlar

harakatlanganda, 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 erdan 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 yoki statsionar bo'ladi, yoki nisbatan sekin o'zgaradi.

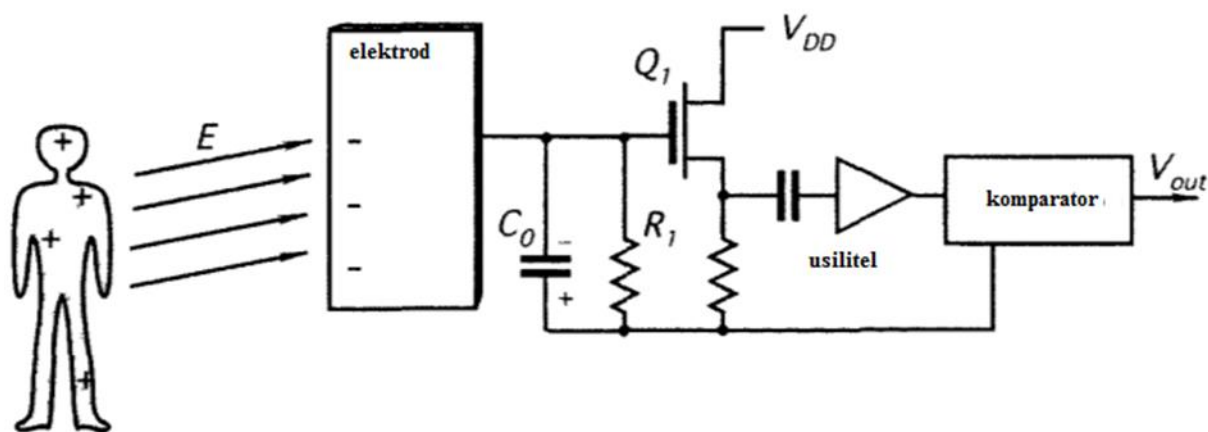
Agar zaryad eltuvchi (odam yoki hayvon) o'zining holatini o'zgartirsa (yaqinlashsa, uzoqlashsa yoki elektrodning atrofida yangi obyekt – zaryad eltuvchi paydo bo'lsa) statik elektr maydoni buziladi. Bu zaryadlarning kondensatorlar o'rtasida qayta taqsimlanishiga olib keladi, elektrod bilan obyektlar 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 induktsiyalangan 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 voqe'lik bo'lib hisoblanadigan statik elektr maydonidan obyektlarning harakatini detektirlash mumkin bo'ladigan o'zgaruvchan elektr signallarini shakllantirish uchun foydalanish mumkin.

5.8-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_0 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 induktsiyalaydi. Odam harakatsiz bo'ladigan statsionar sharoitlarda maydonning kuchlanganligi o'zgarmaydi, S_0 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_0 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.



5.8- rasm. Bir qutbli elektrostatik harakat detektori

5.5 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 holati 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 hisoblanadi, 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 yoki 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 etib kelganligini ko'rsatadi. Biroq kontaktli o'chirgichlar bir qator kamchiliklar – harakatlanuvchi obyektlarga ko'rsatiladigan yuqori mexanik yuklama, gisterezis 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 misolardan ko'rinib turibdiki, ko'chish datchiklari faqatgina o'zlari mustaqil 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.

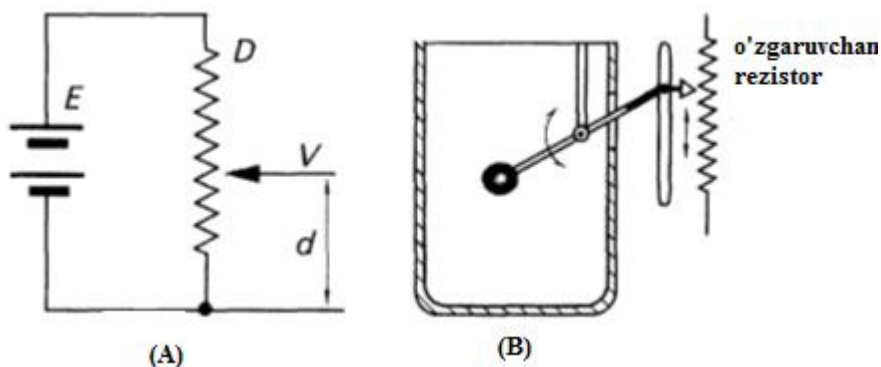
Potensiometrik datchiklar. Holat va ko'chish datchiklari ko'pincha chiziqli yoki burilishli *potensiometrlar* asosida amalga oshiriladi. Agar obyektning ko'chishi potensiometr sudraluvchisining (polzunok) holatining o'zgarishi bilan bog'lanadigan bo'lsa, obyektning holatini nazorat qiladigan qurilma, 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. 5.9A- 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:

$$V = E \frac{d}{D} \quad (5.10)$$

Bunda D - maksimal mumkin bo‘lgan ko‘chish kattaligi; E – potensiometrqa qo‘yilgan kuchlanish (qo‘zg‘atish signali).

Bu erda 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 (5.10) 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 muvofiq bo‘ladi, biroq bunda ulanadigan yuklamaning ta’sirini hisobga olish lozim bo‘ladi. 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.



5.9- rasm. A – potensimetrik holat datchigi. B - qalqovichli gravitatsion suyuqlik sathi datchigi

5.9A- rasmda ko'rsatilgan potensiometrlik 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 echish qobiliyatiga olib keladi. Shu sababli N ta o'ramdan tarkib topgan simli potensiometrda foydalanilganda faqatgina n o'rtacha echim to'g'risida gapirish mumkin:

$$n = 100/N \quad (5.11)$$

Obyekt potensiometrning sudraluvchisini ko'chirish uchun kuch sarflaydi, sarflangan energiya issiqlik shaklida ajralib chiqadi. Qoidaga ko'ra, simli potensiometrliklar 0,01 mm atrofida diametrli yupqa simdan ishlanadi. Yaxshi potensiometrlik to'liq o'lchash shkalasidan 0,1% atrofida o'rtacha echish qobiliyatini ta'minlaydi, yuqori sifatli plenkali potensiometrning echish qobiliyati esa faqatgina rezistiv materialning bir jinsli emasligi va interfeysli sxemaning shovqin ostonsi bilan chegaralanadi. Uzluksiz echishga ega bo'lgan potensiometrliklar o'tkazuvchan plastmassa, uglerod plenkalari, metall plenkalari yoki *kermet* nomi bilan ma'lum bo'lgan metall va keramika aralashmasidan ishlanadi. Pretsizion potensiometrliklarning siljuvchan kontaktlari sifatli metall qotishmalaridan tayyorlanadi. Ko'p aylanishli burchak potensiometrliklari 10^0 - 3000^0 diapazondagi ko'chishlarni o'lchaydi. Aksariyat potensiometrliklarga quyidagi kamchiliklar xos bo'ladi:

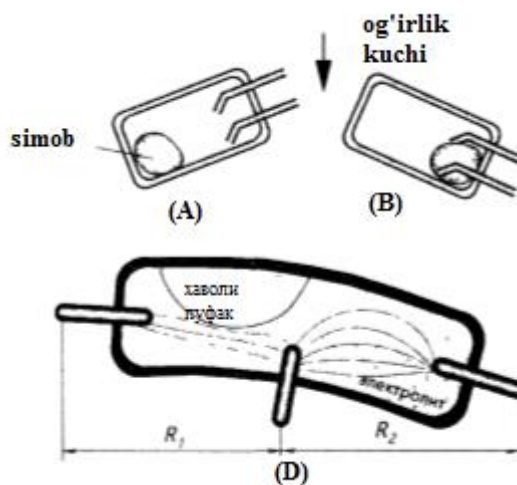
1. Katta mexanik yuklama (ishqalanish).
2. Obyekt bilan mexanik kontakti ta'minlash zarurligi.
3. Tezkor harakat qila olmaslik.
4. Potensiometrlikning qizishiga olib keladigan ishqalanish va qo'zg'atish kuchlanishi.
5. Qurshab turuvchi muhit omillariga nisbatan past barqarorlik.

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 – potensiometr, 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 sharoitlarida, masalan, fazoviy stansiyalar va reaktiv samoletlarda ishlay olmaydi.

Erning 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 (5.10A va 5.10B -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, ularni qisqa tutashuviga olib keladi, bunda almashtirib ulagich ham tutashadi. Simobli almashtirib ulagichlar maishiy termostatlarda qo'llaniladi, bu erda ular sezuvchan element sifatida foydalaniladigan, qurshab turuvchi haroratning o'zgarishiga reaksiya ko'rsatadigan biometall 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 hisoblanadi, u o‘zining burilish burchagi berilgan qiymatdan oshganda o‘zining holatini o‘zgartiradi.



5.10-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 erda endi to‘rtta kondensatordan foydalaniladi) bo‘lishi mumkin. Differensial yoki

ko‘priqli datchiklar holatida bitta yoki ikkita kondensator yoki o‘zgarmas, yoki bir-biriga qarama-qarshi ulangan o‘zgaruvchan sig‘imli bo‘lib hisoblanadi.

5.11-rasmda ko‘rsatilgan misolda bir xil A maydonga ega bo‘lgan uchta plastinka ko‘rib chiqiladi, ular ikkita S_1 va S_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 S_1 va S_2 kondensatorlarning sig‘imlarining o‘zgarishiga olib keladi:

$$C_1 = \frac{\varepsilon A}{x_0 + x}, \quad C_2 = \frac{\varepsilon A}{x_0 - x} \quad (5.12)$$

Bunda markaziy plastinkadagi signalning amplitudasi x ko‘chish kattaligiga, faza esa – harakat yo‘nalishiga proporsional bo‘ladi. Chiqish signalining amplitudasini quyidagi ifodadan topish mumkin:

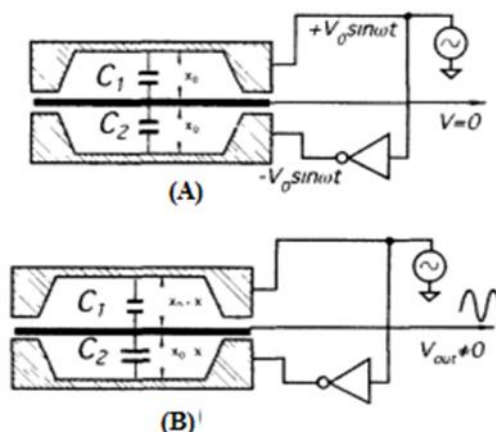
$$V_{out} = V_0 \left\{ -\frac{x}{x_0 + x} + \frac{\Delta C}{C} \right\} \quad (5.13)$$

$x \ll x_0$ 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:

$$F = -\frac{1}{2} \frac{C V^2}{x_0 + x} \quad (5.14)$$

Amaliyotda elektr o‘tkazuvchan obyektning ko‘chishini o‘lchashda uning yuzasi ko‘pincha kondensatorning plastinkasi rolini o‘taydi. 5.12- 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.

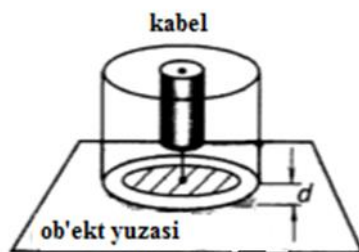


5.11- rasm. Yassi plastinkali sig'imli datchikning harakat tamoyili: A – muvozanatlangan holat; B – muvozanatlanmagan holat

Shuni qayd qilamizki, datchikning o'zining plastinkasi erga 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 bo'ladi, 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 elektrodagi 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.



5.12-rasm. Ekranlaydigan halqali sig'imli datchik

5.6 Temperatura 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 uringanlar. 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 bo'lib hisoblanadi: rezistiv, termoelektrik, yarim o'tkazgichli, optik va pyezoelektrik detektorlar.

Haroratni o'lchash har doim energiyaning unchalik katta bo'lmagan porsiyasini obyektidan bu energiyaning 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

yoki 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, etarlicha 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 (5.13A- 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_0 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. 5.13B- 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.

5.13-rasmdagi sxema elektr sxemasini eslatadi, va uning parametrlarini hisoblash uchun ham elektr zanjirlarining Kirxgoff 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:

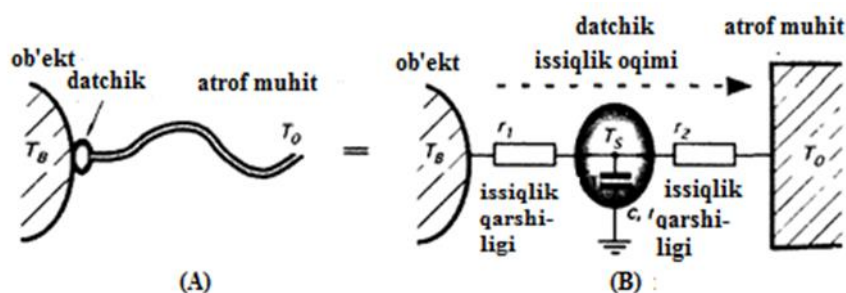
$$\frac{T_B - T_S}{r_1} = \frac{T_B - T_0}{r_1 + r_2} \quad (5.15)$$

Bundan datchikning harorati uchun ifodani chiqarish mumkin:

$$T_S = T_B - (T_B - T_0) \frac{r_1}{r_2} = T_B - \Delta T \frac{r_1}{r_2} \quad (5.16)$$

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 $\Delta T = T_B - T_0 = 0$. 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.



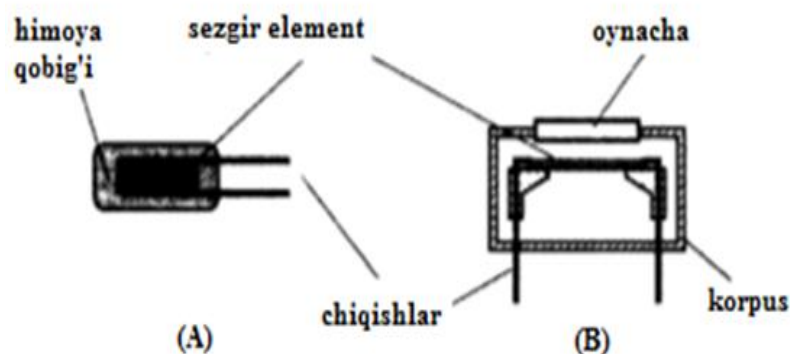
5.13- rasm. Harorat datchigi; (A)- obyekt, tutashtiruvchi kabel bilan issiqlik kontaktida; (B)-ekvivalent issiqlik sxemasi

Tiplashgan kontaktli harorat datchigi quyidagi tarkibiy qismlardan tashkil topadi (5.14A- rasm):

1. Sezgir element – datchikning o‘zining 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.



5.14- rasm. Harorat datchiklarining asosiy strukturalari: A – kontaktli datchik; B- kontaktsiz datchik (issiqlik nurlanishi detektor)

5.14B- 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 yoki 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. Vil'ям 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 sezgirliги, 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 plenkali bo'ladi. Barcha metallar va aksariyat qotishmalarining 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 plenkali 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 – ularda 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:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100)] \quad (5.17)$$

0...200°C diapazonda esa:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2] \quad (5.18)$$

A, B va C konstantalar platinaning xususiyatlari bilan belgilanadi. Xuddi o'sha approksimatsiyani quyidagi ko'rinishda taqdim qilish mumkin:

$$R_t = R_0 \left\{ 1 + \alpha \left[t - \delta \left(\frac{t}{100} \right) \left(\frac{t}{100} - 1 \right) - \beta \left(\frac{t}{100} \right) \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \right] \right\} \quad (5.19)$$

Bunda t - harorat, °C larda. A, B va C koeffitsiyentlar esa quyidagicha aniqlanadi:

$$A = \alpha \left\{ 1 + \frac{\delta}{100} \right\}, \quad B = -\alpha\delta \cdot 10^{-4}, \quad C = -\alpha\beta \cdot 10^{-8} \quad (5.20)$$

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 α va δ approksimatsiya koeffitsiyentlarini juda aniq aniqlash imkonini beradi.

Simli RHD lar uchun tipik yo'l qo'yilishlar $\pm 10 \text{ M}\Omega$ ga teng, bu $\pm 0,025^\circ\text{C}$ ga mos keladi. O'lchashlarning yuqori aniqligini ta'minlash uchun RHD ning korpusini uning issiqlik izolyasiyasiga alohida e'tibor qaratish bilan diqqat bilan loyihalash zarur bo'ladi. Bu o'lchashlarni yuqori haroratlarda o'tkazishda ayniqsa muhim bo'ladi, bunda izolyasiyaning qarshiligi keskin tushadi. Masalan 10-M Ω rezistori 550°C haroratda 3 M Ω 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 detektor. Bunday datchiklar

yetarlicha yaxshi chiziqlilikka (uni oddiy termokompensatsion zanjirlar yordamida yaxshilash mumkin) va uzoq muddatli barqarorlikka (odatda yiliga 0,05K) 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 manfiy harorat ko'effitsiyentiga (Manfiy HK) ega bo'ladi. Biroq *n*-tipdagi aralashmalar bilan legirlangandan keyin, ma'lum bir harorat diapazonida uning harorat ko'effitsiyenti 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%/°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:

$$R_T = R_0[1 + A(T - T_0) + B(T - T_0)^2] \quad (5.21)$$

Bunda R_0 va T_0 - etalon nuqtada o'lgan qarshilik (Omlarda) va harorat (Kelvinlarda). Masalan, KTU-81 datchiklarning ishchi diapazoni $-55...+150^{\circ}\text{C}$, $A = 0,007874\text{K}^{-1}$, $B = 1,874 \times 10^{-5}\text{K}^{-2}$ 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 plenka 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 hisoblanadi, chunki 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 haroratlar 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 ma'lum bo'lgan fizikaviy holatdagi materialning ichiga joylashtirish zarur bo'ladi.

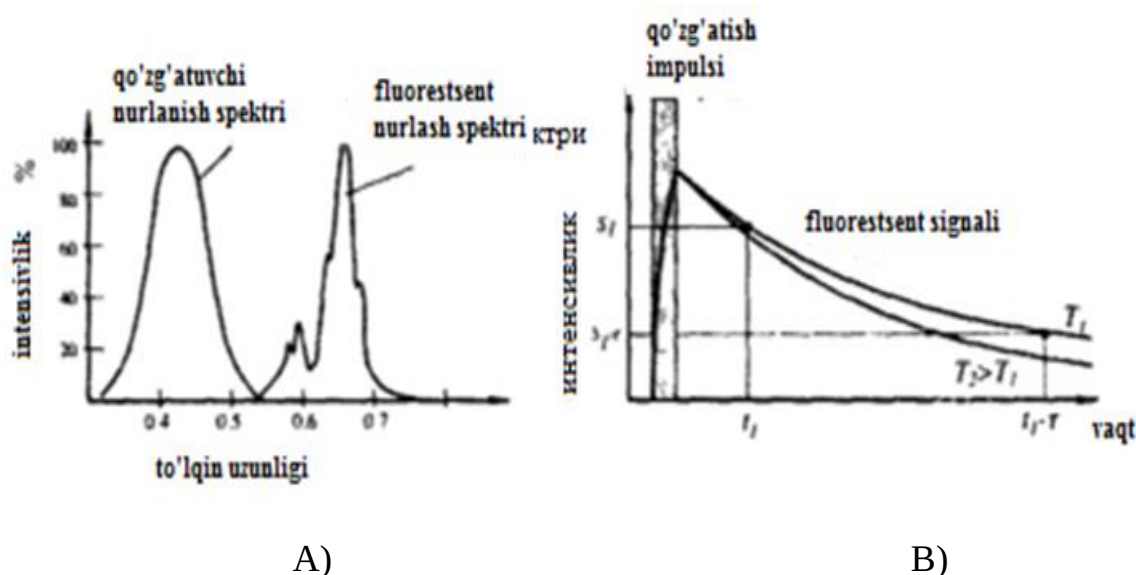
Temperaturani optik datchiklari. Haroratni kontaktli va kontaktsiz uslublar bilan o'lchash mumkin, kontaktsiz IQ optik datchiklar avval ko'rib chiqilgan edi. Kontaktsiz harorat datchiklari o'lchashlarni tezkor kechadigan jarayonlarda o'tkazish zarur bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Bunday datchiklardan agressiv muhitlarda, kuchli elektr, magnit va elektromagnit maydonlari sharoitlarida va

kuchli kuchlanish ta'sir qiladigan joylarda, ya'ni yoki 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 etib 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 bo'lgan parametr 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 korreksiyalovchi 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 emirilmaydi. 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'liga polosali filtrlar o'rnatiladi, ular spektrning faqatgina berilgan zonalarining

to'liqlarini o'tkazadi (5.15A-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 fluorescent shu'laning zaiflashish tezligini o'lchashdan iborat bo'ladi (5.15B -rasm). Bu haroratning qiymati τ vaqt doimiysi bo'yicha joylashadi deganidir, uning kattaligi $-200...+400^{\circ}\text{C}$ haroratlar diapazonida besh martagacha kamayadi. Vaqtni o'lchash juda yuqori aniqlikka ega bo'lgan elektron sxema yordamida bajariladi. SHu sababli fluorescent tipdagi datchiklar kalibrlamasdan turib keng harorat diapazonida haroratni yaxshi echish qobiliyati va $\pm 2^{\circ}\text{C}$ atrofida aniqlik bilan o'lchash imkonini beradi.



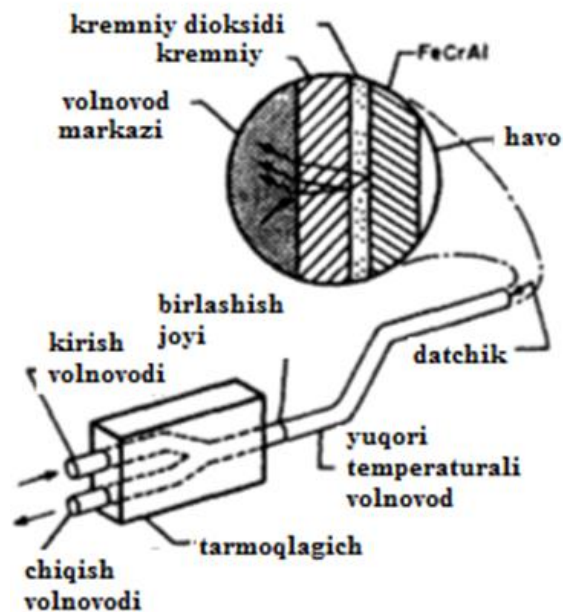
5.15- rasm. Haroratni fluorescent o'lchash uslubi: A – qo'zg'atuvchi va fluorescent nurlatishlarning spektral tavsiflari; B – T_1 va T_2 haroratlar uchun shu'laning eksponensial qonun bo'yicha pasayishi; e – natural logarifmning asosi; t – pasayish tavsifining vaqt doimiysi

Interferometrik datchiklar. Haroratni optik o'lchashning boshqa 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

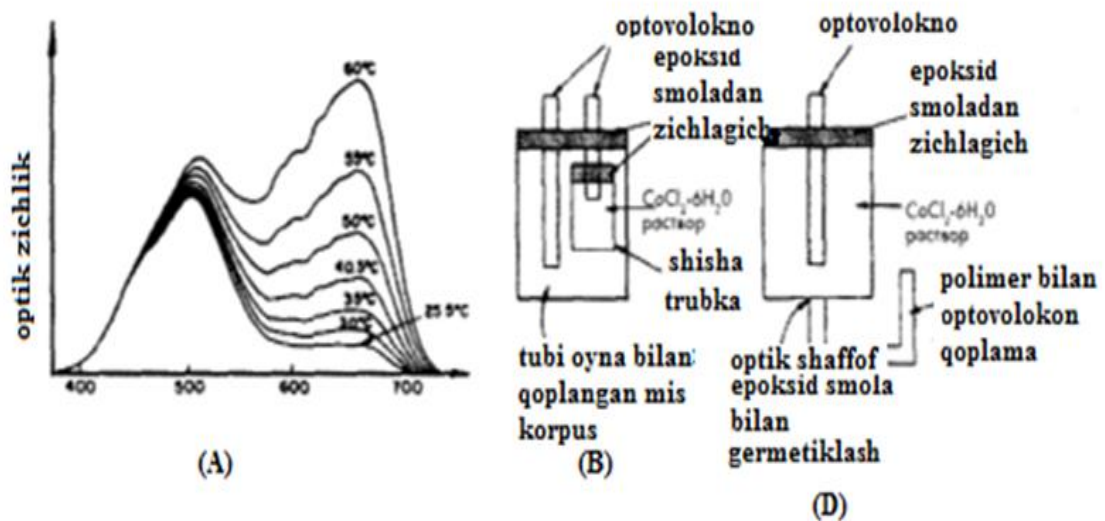
faza siljishining kattaligi, va demak, interferension signalning parametrlari harorat bilan belgilanadi. Interferometrik harorat datchigining sezgir elementi sifatida ko‘pincha yupqa kremniy qatlamidan foydalaniladi, chunki uning sindirish koeffitsiyenti haroratga bog‘liq bo‘ladi, bu nur yo‘lining uzunligining o‘zgarishiga olib keladi.

5.16- rasmda yupqa plenkali 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 modali optik tolali volnovodning uchlariga surkalgan uch qavat plenkadan tashkil topadi. Birinchi qatlam kremniydan, ikkinchisi kremniy dioksididan shakllantiriladi. FeCrAl plenka 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 erda 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 (5.17A-rasm). Ravshanki, bunday datchiklarning tarkibiga nurlatish manbai, detektor va o‘lchash obyekti bilan issiqlik bog‘lanishiga ega bo‘lgan kobalt xlorid eritmasi kiradi. 5.17B va 5.17D- rasmlarda xromatik harorat datchiklarining ikkita varianti ko‘rsatilgan.



5.16- rasm. Yupqa plenkali optik harorat datchigining sxemasi



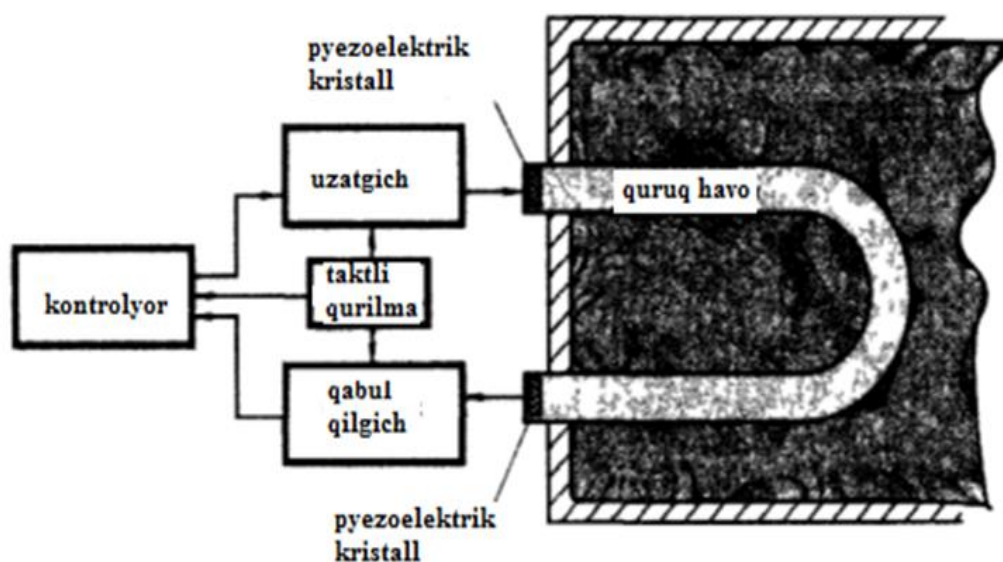
5.17- rasm. Haroratdan rangini o'zgartiradigan eritmalar asosidagi datchiklar: A – kobalt xlorid eritmasining absorbsion spektri; B – qaytaradigan yuzali datchik; D – o'tuvchan tipdagi datchik

Temperaturani akustik datchiklari. Ekstremal sharoitlarda ishlashda (kriogen haroratlar diapazonida, yadro reaktorlarida radiatsiya darajasi yuqori

bo‘lganda), shuningdek bu erga 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 ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$v=331,5\sqrt{\frac{T}{273,15}}, \text{ M/C} \quad (5.22)$$

Bunda v – yorug‘lik tezligi, T - absolyut harorat.



5.18-rasm. Ultratovushli detektorga ega bo‘lgan akustik termometr

Akustik harorat datchiklari (5.18-rasm) uchta tarkibiy qism – ultratovushli peredatchik (uzatgich) va priemnik (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'lchash 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.

5.7 Bosim datchiklari

Mikroelektron qurilmalarni, optik tarkibiy qismlar uchun tagliklarni ishlab chiqarishda, shuningdek kimyoviy va boshqa texnologik jarayonlarni amalga oshirishda 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 yondashuv 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 molekulalarining ba'zi bir fizikaviy xususiyatlariga asoslanadi va berilgan hajmdagi molekulalar 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:

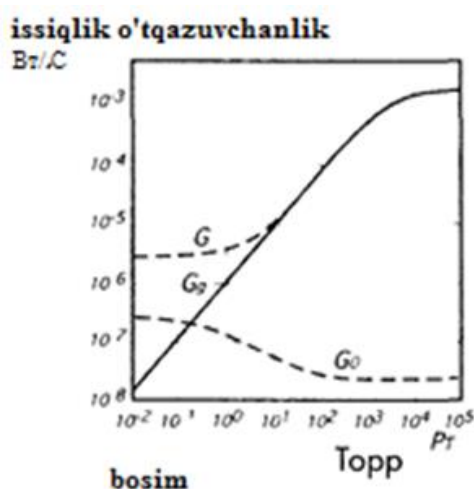
$$G = G_0 + G_g = G_s + G_r + ak \frac{P P_T}{P + P_T} \quad (5.23)$$

Bunda G_s - qurshab turuvchi qattiq predmetlarga issiqlik berilishi; G_r - radiatsion issiqlik uzatilishi; a – qizdiriladigan plastinkaning maydoni; k - gazning xususiyatlarini tavsiflaydigan koeffitsiyent; P_T - ushbu datchik bilan o'lchash mumkin bo'lgan maksimal bosim.

Birinchi ikkita a'zo o'zida G_0 parazit issiqlik o'tkazuvchanlikni taqdim qiladi, uchinchi a'zo esa G_g issiqlikning gazga berilishiga mos keladi. 5.19-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 aksincha kamayadi. Shu sababli bunday datchiklarni ishlab chiqishda har doim G_0 ni tarkib toptiruvchi omillarni minimallashtirishga harakat qilinadi. Buning uchun yoki osilgan qizdiriladigan plastinkadan foydalaniladi, bu datchikning korpusi bilan issiqlik kontaktini kamaytiradi, yoki G_0 ning ta'sirini kamaytirishning differensial uslubi qo'llaniladi.

Vakuimli 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'qotishining kattaligi bo'yicha aniqlanadi. Haroratni o'lchash uchun datchiklarning tarkibiga odatda yoki termojuftliklar, yoki platina termorezistorlar kiradi. 5.20-rasmda Pirani differensial vakuummetri

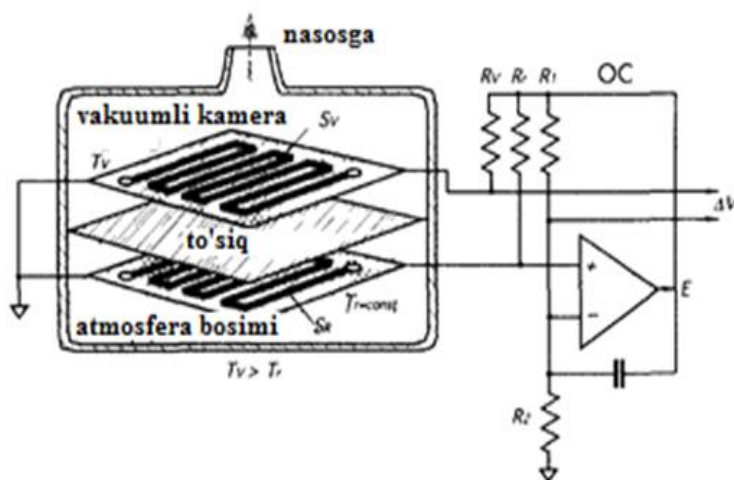
ko'rsatilgan. Datchikning kamerasi ikkita bir xil seksiyaga ajratilgan. Kameralardan birida gaz etalon bosimda bo'ladi (masalan, 1 atm = 760 torr da), ikkinchisi esa unda bosimni o'lchash zarur bo'lgan vakuum kamerada joylashadi. Har bir kamerada qizdiriladigan plastinka mavjud, u qurshab turuvchi qattiq 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 muvofiq bo'ladi. Kameralarning konstruksiyasi qanchalik simmetrik bo'lsa, G_0 parazit issiqlik yo'qolishlari shunchalik yaxshiroq kompensatsiyalanadi. Plastinkalar elektr isitgichlar yordamida qizdiriladi. Ko'rib chiqilayotgan datchikda qizdiriladigan element manfiy harorat ko'effitsiyentiga ega bo'lgan termistor hisoblanadi. Termistorlarning qarshiliklari teng va nisbatan past nominalga ega, shu sababli ularda Djoulb o'z-o'zidan qizish jarayoni kechishi mumkin.



5.19- rasm. Qizdiriladigan plastinkaning issiqlik yo'qotishlari

S_r etalon termistor o'z-o'zidan muvozanatlanadigan ko'priknining sxemasiga ulangan, bu ko'priknining tarkibiga shuningdek R_r , R_1 , R_2 va OY rezistorlar ham kiradi. Ko'priknining 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'priknining rezistorlarining qarshiligi bilan belgilanadi. SHuni

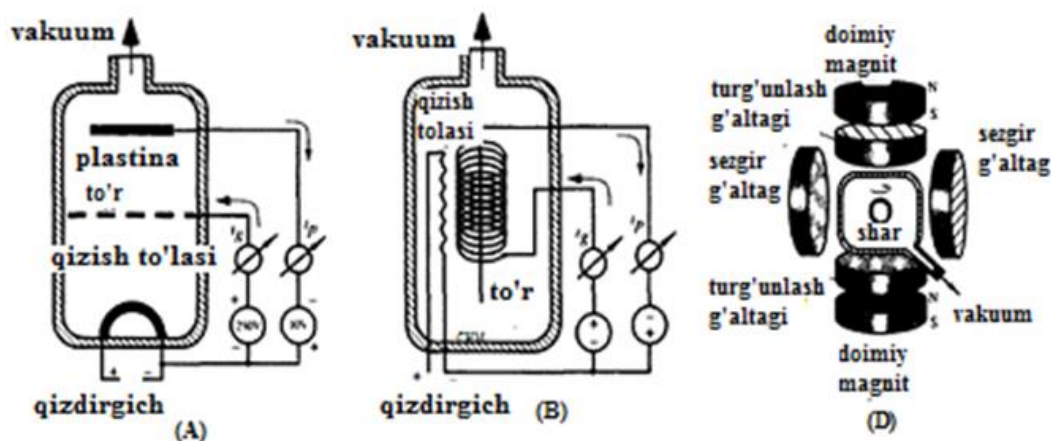
qayd qilamizki, ko'priqli sxemani muvozanatlash uning yelkalariga nisbatan musbat ulangan zanjirlar yordamida ham, manfiy ulangan zanjirlar yordamida ham amalga oshiriladi. S kondensator sxemada tebranma rejimlarning vujudga kelishiga yo'l qo'ymaydi. Etalon plastinkani qizdirish uchun foydalaniladigan 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'priikka nisbatan olinadi. Vakuummترلar 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.



5.20-rasm. O'z-o'zidan qizish rejimida ishlaydigan termistorlarga ega bo'lgan Pirani vakuummetri

Ionizatsion datchiklar. Bunday datchiklar eski radiopriemniklarda 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 (5.21B- rasm).



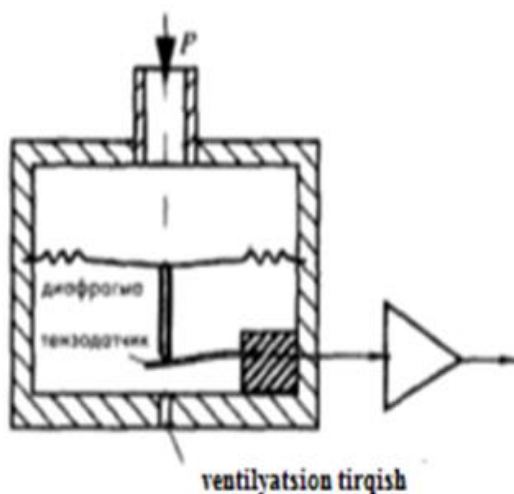
5.21- rasm. (A)-vakuumli ionizatsion datchik, (B)-Bayard-Alpert o'lchagichi, (D)-gaz qarshiligi datchigi

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 diafragmalar, membranalar, silfonlar va ularning shakli bosim ta'siri ostida o'zgaradigan boshqa elementlar bo'lishi mumkin.

5.22-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 (5.23B-rasm). Bu erda bukilishda qattqlik koeffitsiyentini

hisobga olmaslik mumkin, chunki membraning qalinligi uning radiusiga qaraganda anchagina kichik bo‘ladi (hech bo‘lmaganda 200 marta). Membraning tomonlaridan biriga qo‘yilgan bosim uni sferik tarzda bukadi.



5.22-rasm. Bosimni chiziqli ko‘chishga aylantirish uchun qo‘llaniladigan gofrilangan metall diafragma

r bosimning past qiymatlarida membrana markazining z_m chetlashishi va uning σ_m mexanik kuchlanganligi bosimning kvazichiziqli funksiyalari bo‘lib hisoblanadi (kuchlanish N/m^2 da o‘lchanadi):

$$z_{max} = \frac{r^2 p}{4S} \quad (5.24)$$

$$\sigma_{max} \approx \frac{S}{g} \quad (5.25)$$

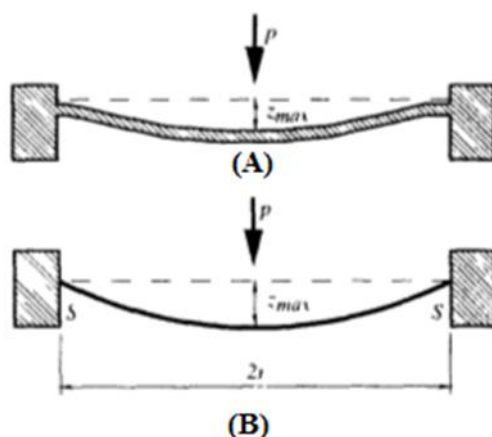
Bunda r – membraning radiusi, g – uning qalinligi. Membraning mexanik kuchlanganligi uning butun yuzasi bo‘ylab doimiy deb hisoblanadi.

Membraning o‘zining eng kichik chastotasini topish uchun quyidagi munosabatdan foydalanish mumkin:

$$f_0 = \frac{1,2}{\pi r} \sqrt{\frac{S}{pg}} \quad (5.26)$$

Bunda r – membrana materialining zichligi. Membraning qalinligi anchagina katta bo‘lganda, ya’ni $r/g \leq 100$ bo‘lganda, gap yupqa plastinka xususida boradi (5.23A -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.



5.23- rasm. (A) -bosim ostida yupqa plastinkaning; (B) -membrananing deformatsiyalanishi

Plastinka uchun, xuddi membranada bo'lgani kabi, maksimal chetlashish bosim bilan chiziqli bog'lanadi:

$$z_{max} = \frac{3(1-\nu^2)r^2 p}{16Eg^3} \quad (5.27)$$

Bunda E – Yung moduli (N/m^2), ν – Puasson koeffitsiyenti.

Plastinkada maksimal mexanik kuchlanganlik ham bosimning chiziqli funksiyasi bo'lib hisoblanadi:

$$\sigma_{max} \approx \frac{3r^2 p}{4g^2} \quad (5.28)$$

(5.24)-(5.25) va (5.27)-(5.28) 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, etarlicha 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 foydalanish bo'lib hisoblanadi. Planar diafragmalar odatda xudda 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 ularni anchagina zaiflashtiradi. Bu bunday datchiklarning chiziqliligi va sezgirligining anchagina yaxshilanishiga olib keladi.

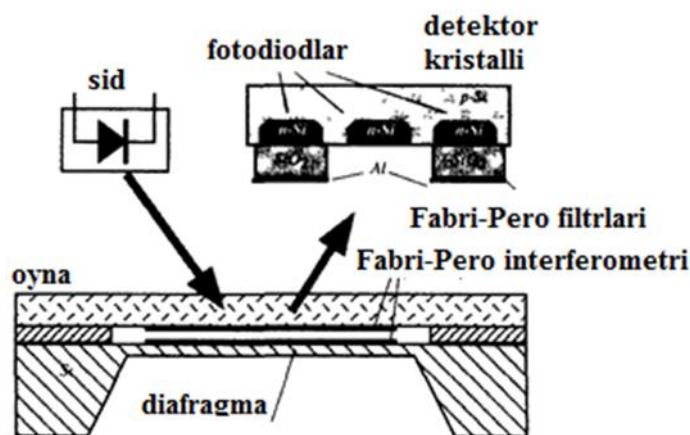
Optoelektron bosim datchiklari. Past bosimlarni o'lchashda yoki dinamik diapazonni oshirish kerak bo'lganda qalin membranalar qo'llaniladi, echim va aniqlikning berilgan qiymatlarini olish uchun diafragmaning siljishi etarli

bo'lmashligi mumkin. Buning ustiga, aksariyat pyezoristiv va ba'zi bir sig'imli datchiklarning ishchi tavsiflari haroratga etarlicha 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 echish 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. 5.24-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. Metallning 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 $1/2 w$ ga teng bo'ladi.



5.24- 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'liq 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 noxizizqli bo'lib hisoblanishi sababli u odatda unga uni chiziqlashtirish funksiyasi yuklatilgan mikroprotsessorli tizimga kiritiladi. Huddi shunday bosim datchiklari optik tolali svetovodlar asosida amalga oshiriladi. Bunday datchiklar erishish qiyin bo'lgan, yuqori chastotali

interferometrlardan foydalanishning iloji bo'lmagan zonalarda o'lchashlarni o'tkazishda juda qo'l keladi.

5.8. Namlik datchiklari

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 erda qishda havo juda quruq bo'ladigan Sibirda -30°C haroratda juda yaxshi his qilishingiz mumkin, 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 erda 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. Gigrometrning 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 foyizlarda 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 miqdoridir.

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 huddi o'sha haroratdagi to'yingan bug'ning P_v parsial bosimiga nisbatidir. Nisbiy namlik (RH) har doim foyizlarda aniqlanadi:

$$N = 100 \frac{P_w}{P_v} \quad (5.29)$$

N kattalik bug' miqdorini suv bug'larining uning to'yinishi sodir bo'ladigan konsentratsiyasidan (ya'ni berilgan haroratda suv tomchilari (shudring) hosil bo'lishi) foyiz 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_{atm} atmosfera bosimiga teng bo‘ladi:

$$P_w + P_a = P_{atm} \quad (5.30)$$

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 (kondensatsiyalanish 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:

$$EW = 10^{0,66077+7,5t/(237+t)} \quad (5.31)$$

Shunda shudring nuqtasi quyidagi approksamatsion formula bo'yicha aniqlanadi:

$$DP = \frac{237,3(0,66077 - \log_{10} EW_{RH})}{\log_{10} EW_{RH} - 8,16077} t \quad (5.32)$$

Bunda

$$EW_{RH} = \frac{(EW)(RH)}{100}$$

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. 5.1- jadvalda to'yingan tuz eritmalarining nisbiy namligi ko'rsatilgan.

To'yingan tuz eritmalarining nisbiy namligi

5.1- jadval

Tempe- ratura	(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	-	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	-

Namlikni 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:

$$K = 1 + \frac{211}{T} \left\{ P + \frac{48P_s}{T} H \right\} 10^{-6} \quad (5.33)$$

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).

(5.33) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, nam havoning dielektrik singdiruvchanligi, va demak uning sig‘imi nisbiy namlikka proporsional bo‘ladi.

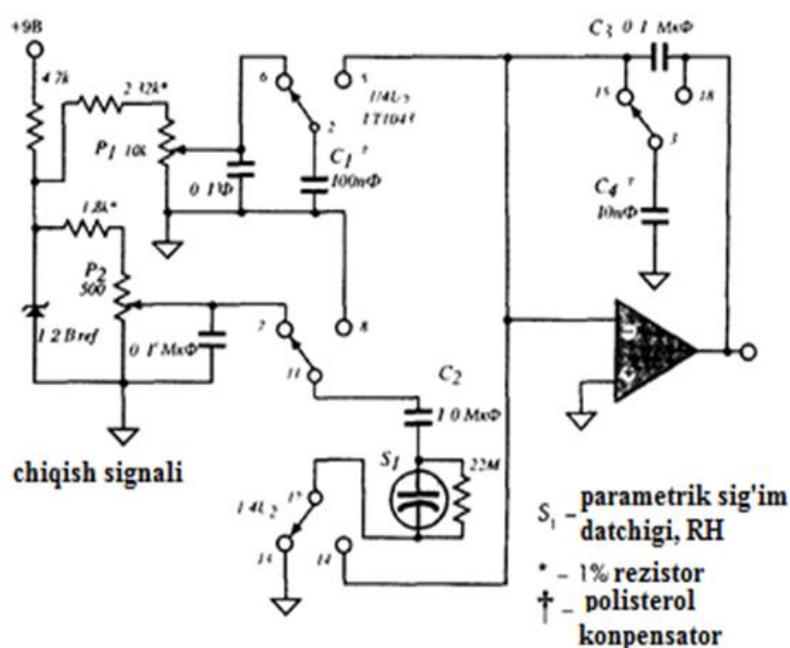
Kondensatorning plastinkalari orasidagi kenglik havo bilan emas, balki uning singdiruvchanligi qurshab turuvchi muhitning namligiga kuchli darajada bog‘liq bo‘lgan mos keluvchi dielektrik material bilan to‘ldirilishi mumkin. Masalan, ikki tomonidan metall elektrodlar kiritilgan gigroskopik polimer plenka asosida ishlangan sig‘imli datchiklar mavjud. Bunday datchikning sig‘imi N nisbiy namlikka deyarli proporsional bo‘ladi:

$$C_h \approx C_0(1 + a_h H) \quad (5.34)$$

Bunda C_0 - $N = 0$ bo‘lgandagi sig‘im.

5.25- rasmda sig‘imli datchik yordamida havoning nisbiy namligini 5-90% daipazonda 2% aniqlik bilan o‘lchash sxemasi ko‘rsatilgan. 5.26- 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 nolinch 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 er deb ataladi) ulaydigan LT1043 analogli kalit bo‘lib hisoblanadi. S_1 kondensatordan siljish sig‘imini

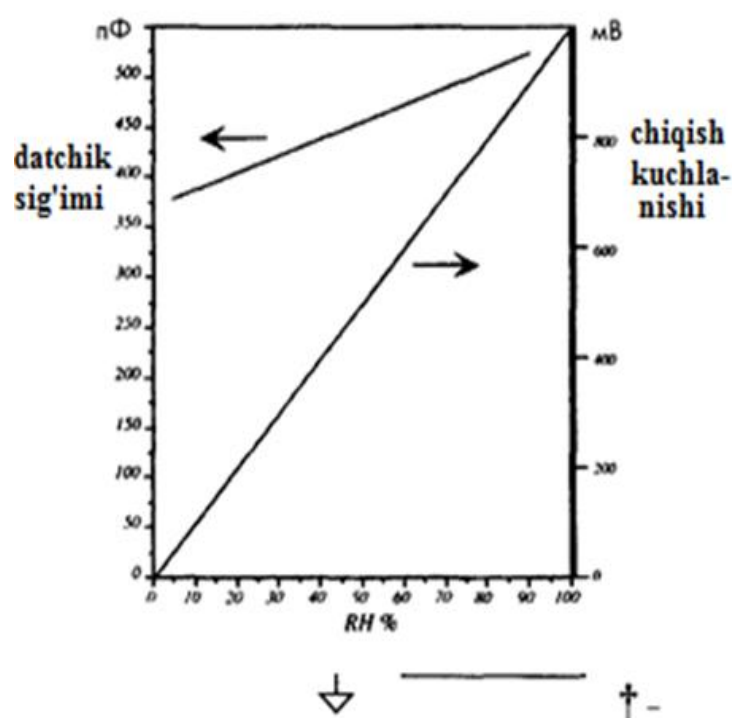
kompensatsiyalash uchun foydalaniladi, S_2 kondensator esa S_1 sig'imli datchik bilan ketma-ket ulanadi. Datchikdagi o'rtacha kuchlanish nolga teng bo'lishi lozim, aks holda elektrokimyoviy jarayonlar uni ishdan chiqarishi mumkin. Qutblanmagan S_2 kondensator datchikni statik elektr tokidan himoya qiladi. R_2 o'zgaruvchan rezistor latchikka 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.



5.25- rasm. Sig'imli datchik yordamida namlikni o'lchashning soddalashtirilgan sxemasi

Xuddi shunday yondashuvdan turli materiallarning namunalaridagi namlik miqdorini aniqlash uchun foydalanish mumkin. 5.27- rasmda sig'imli o'lchashlar 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

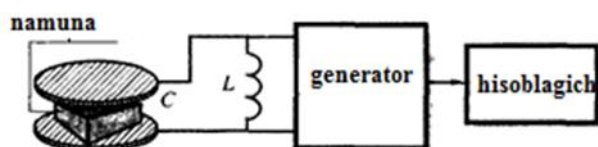
past. Tadqiq qilinadigan material namunasi LC tebranish konturiga ulangan kondensatorni hosil qiladigan ikkita plastinka orasiga joylashtiriladi. Hisoblagich (schetchik) u bo'yicha namlik kattaligi aniqlanadigan chastotani o'lchaydi. Qurshab turuvchi muhitning harorat va atmosferaning namligi kabi parametrlarining ta'sirini kamaytirish uchun differensial datchiklardan foydalanish tavsiya qilinadi. Bu holda $\Delta f = f_0 - f_1$ chastotalar farqi o'lchanadi, bunda f_0 - 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.



5.26- rasm. Sig'imli datchik va tizimning uzatish funksiyasi

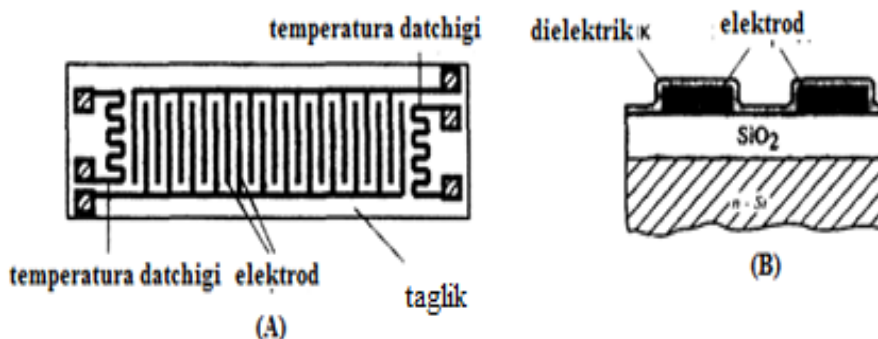
Yupqa plenkali sig'imli namlik datchigi kremniy taglikda ishlanishi mumkin (5.28- rasm). Buning uchun n -tipidagi kremniy taglikda 3000 mkm qalinlikdagi SiO_2 qatlam etishtiriladi va unga alyuminiydan, xromdan, yoki fosfor bilan

legirlangan polikremniydin 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.

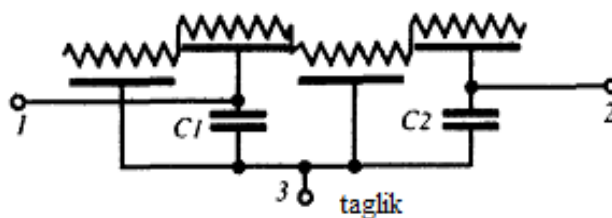


5.27- rasm. Sig'imli namlikni o'lchash tizimi

5.29-rasmida yupqa plenkali 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.

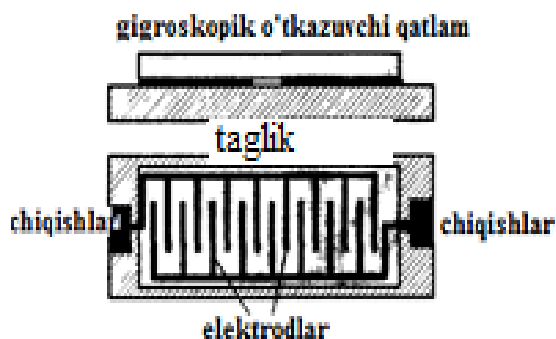


5.28- rasm. Sig'imli yupqa plyonkali namlik datchigi. A – kondensatorning plastinkalarini shakllantiradigan taroqsimon elektrodlar; B – datchikning ko'ndalang kesimi



5.29- rasm. Sig‘imli yupqa plenkali 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. 5.30- rasmda gigristorning sxemasi ko‘rsatilgan. Unda nisbatan past solishtirma qarshilikka ega bo‘lgan, qurshab turuvchi muhitning namligiga kuchli darajada bog‘liq bo‘lgan materialdan foydalaniladi. Bunday material qatlami etarlicha katta maydonda ikkita taroqsimon elektrodning ustiga qoplanadi. U suv molekulalarini 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. Uning gigroskopik plenkasi LiCl ning 2-5% li suvdagi eritmasidan tashkil topgan. Gigristorlar uchun plenka sifatida ba‘zan solishtirma yuza qarshiligining talab qilinadigan qiymatlarini olish uchun oltingugurt kislotasi bilan ishlov berilgan polistirol qo‘llaniladi.

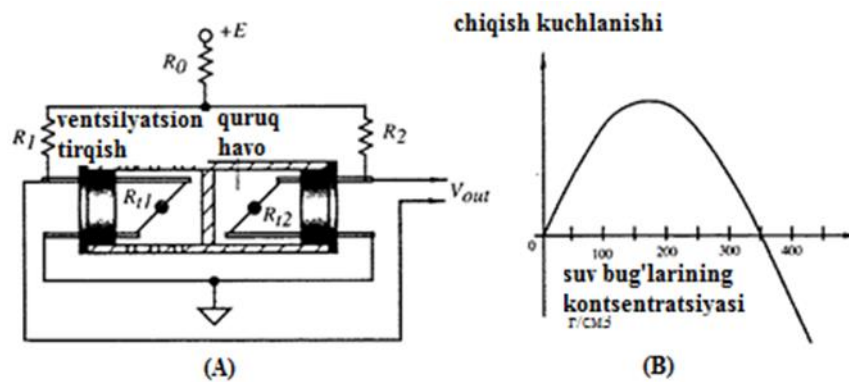


5.30- rasm. Gigristorning sxemasi

Gigristor plenkalarini 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 plenkaning eksperimental namunasida 1 kHz chastotada o'tkazilgan o'lchashlarda RH 0 dan 90% gacha o'zgarganda uning impedansi 10 M Ω dan 100 Ω gacha kamayishi ko'rsatilgan.

Termistorli namlik datchiklari. Termistorlar asosida amalga oshirilgan datchiklar namlikni gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligining o'zgarishi bo'yicha o'lchaydi (5.31A-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'priki sxemaga ulanadi, unga +E kuchlanish beriladi. Termistorlar orqali tok oqib o'tganda ularning harorati qurshab turuvchi muhitning haroratiga nisbatan 170°C gacha ortadi. Ko'priki 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/m³ konsentratsiyasida u pasaya boshlaydi, 345 g/m³ konsentratsiyada esa u hatto o'zining qutbini o'zgartiradi (5.31B- 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.



5.31- 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 hisoblanadi, 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.

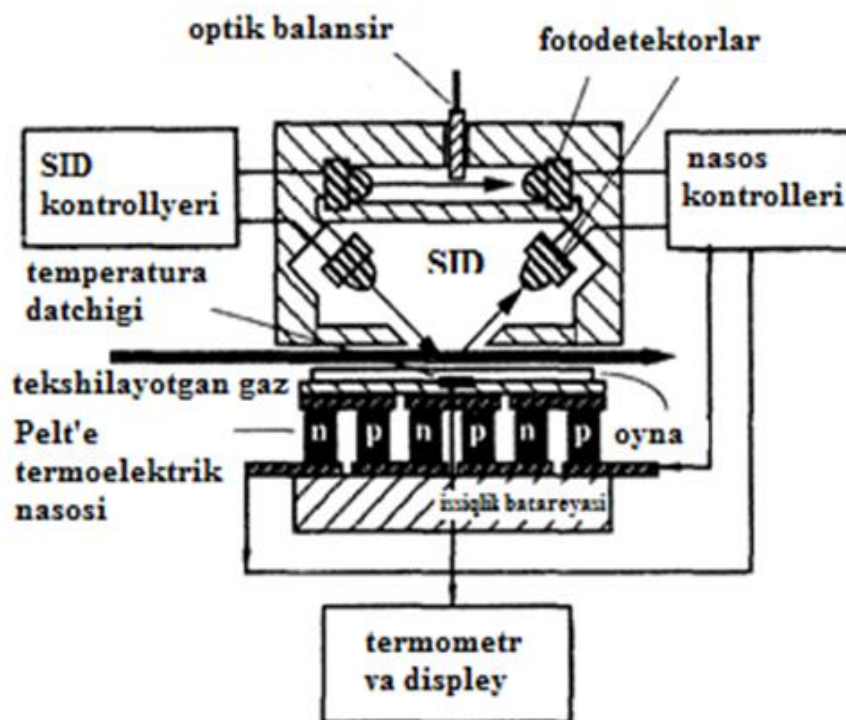
Optik gigrometrning asosiy elementi uning yuzasining harorati termoelektrik nasos yordamida aniq rostlanadigan oyna bo‘lib hisoblanadi. Oynaning ostona harorati shudring nuqtasining haroratiga rostlanadi. Tadqiq qilinadigan havo nasos yordamida oynaning ustidagi kenglikka haydaladi. Agar oynaning harorati 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. 5.32- 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 hisoblanadi, uning yuqorigi juftligi – yorug'lik nurlatuvchi diod va fotodetektordan dreyfni kompensatsiyalash uchun, ikkinchi (pastki) optojuftlikdan – oynaning qaytarish koeffitsiyentini o'lchash uchun foydalaniladi. Datchikning simmetrikligi yuqorigi optojuftlikning yorug'lik nurlarining yo'lga joylashtirilgan ponasimon optik balansir yordamida rostlanadi. Pastki optojuftlik oynaga nisbatan 45^0 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 avval ko'p kondensat hosil bo'lishi uchun shudring nuqtasidan past

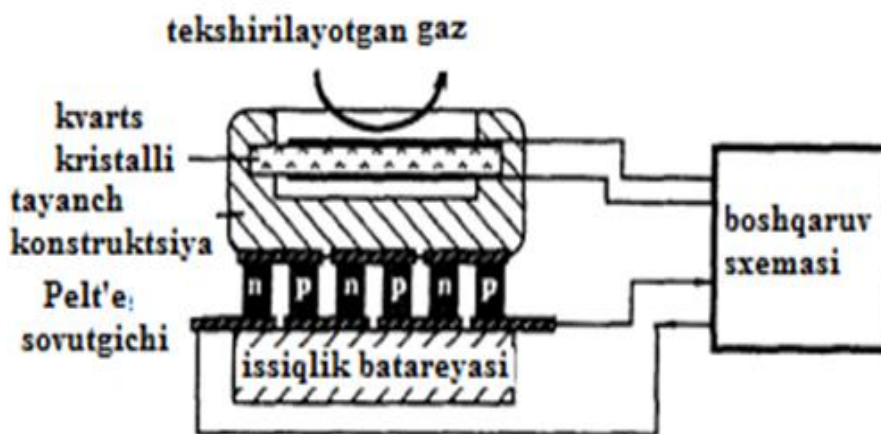
haroratgacha pasaytiriladi, soʻngra keskin oshiriladi. Bu ifloslanishni yuvib yuborish va yuzani toza holda saqlash imkonini beradi.



5.32- rasm. Sovutiladigan oynali shudring nuqtasi datchigi

Vibratsion gigrometr. Bunday datchiklarning asosiy gʻoyasi sovutiladigan oynali optik gigrometrlarning gʻoyasi bilan bir xil. Ularning oʻrtasidagi farq shundan iboratki, shudring nuqtasi yuzaning optik qaytarish koʻeffitsiyentining oʻzgarishi boʻyicha emas, balki sovutiladigan plastinkaning massasini oʻlchash bilan aniqlanadi. Bu plastinka yupqa kvars kristallidan tayyorlanadi, u tebranish konturining bir qismi boʻlib hisoblanadi. Kvars plastinka vibratsiyasining asosida pyezoelektrik effekt yotishi sababli bunday datchikning yana bir nomi paydo boʻlgan – pyezoelektrik gigrometr. Peltie sovutgichi yuqori aniqlik bilan kvars kristallning haroratini nazorat qiladi (5.33- rasm). Harorat shudring nuqtasigacha pasayganda plastinka yuzasida kondensatsiyalangan suvdan yupqa plenka hosil boʻladi, bu kristall massasining oʻzgarishini chaqiradi. Bu tebranish konturining rezonans chastotasining f_0 dan f_1 gacha siljishiga olib keladi. Yangi chastota suv qatlamining qalinligi bilan belgilanadi. Chastota boʻyicha siljish kristall yuzasida haroratni shudring nuqtasiga yaqin haroratga barqarorlashtirishga intiladigan

Peltje 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 issiqlik bog'lanishini ta'minlash juda murakkab bo'ladi.



5.33- rasm. Sovutiladigan oynali pyezoelektrik namlik datchigi

5.9. Kimyoviy datchiklar

Kimyoviy datchiklar yoki 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 menstrualssiklni 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 alkogol miqdorini aniqlash va ovqat hazm qilish muammolarini tashxislash uchun 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 er 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 tasvirlash uchun 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* yoki 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 *echish 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 tavsifi bo'lib hisoblanadi. 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 (5.34-rasm).

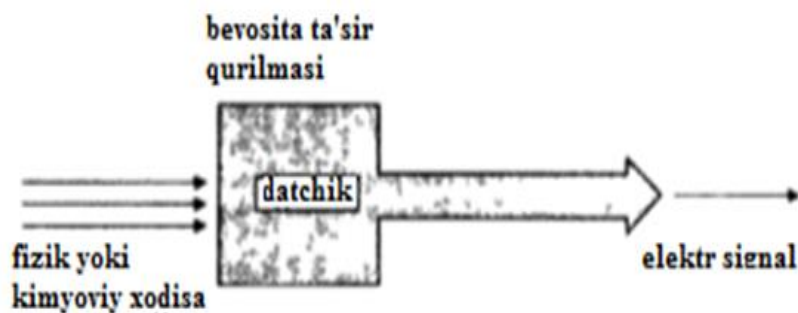


5.34- rasm. Kimyoviy datchiklarning tasnifi

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 (5.35-rasm). Bunday datchiklar

chiquvchi elektr signallarini interfeysli sxema bilan muvofiqlashtirish uchun qo‘shimcha sxemalardan foydalanadi, biroq ularning energiya bir turini boshqasiga aylantiradigan hech qanday qayta shakllantirgichlar yo‘q. Bilvosita tipdagi datchiklar esa (5.36-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.

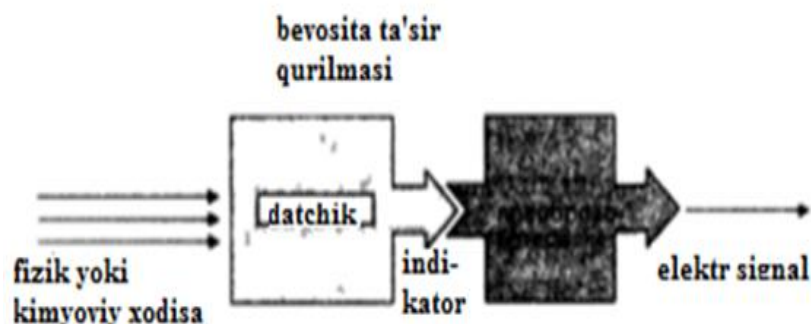
Ba’zi bir eng oddiy kimyoviy tipdagi detektorlarda tadqiq qilinadigan kimyoviy reagent sezgir element bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri kimyoviy reaksiyaga kirishadi, bu ularning chiqish signallarining sezilarli darajada o‘zgarishini chaqiradi. Bunda ko‘pincha datchiklarning o‘zlarining qaytmaydigan o‘zgarishlari 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).



5.35- 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 xususiyatlarining o‘zgarishi 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.



5.36- rasm. Bilvosita harakat qiladigan datchiklar

Kimyoviy datchiklarning muammolari. Kimyoviy datchiklarning asosiy muammosi shundan iboratki, *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 yoki 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 yoki plenkali detektorlarning g‘ovaklariga tiqiladigan, yoki sezuvchan yuzani o‘zgartiradigan (masalan, ssirkoniyli datchiklarda kremniy ketkazib bo‘lmaydigan plenka 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'ana 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 simlarning qarshiligining o'zgarishiga olib keladi, bu datchiklarning ko'rsatishlarining o'zgarishiga, shuningdek qizdiruvchi platina g'altaklarning qurum bilan qoplanishiga olib keladi.

Kimyoviy ifloslanish ko'pgina datchiklarning muammosi bo'lib hisblanadi, masalan, katalitik tipdagi detektorlarda kremniy va tetraetilqo'rg'oshin sezgir elementlarning yuzasiga o'tirish bilan uglevodorodlarning oksidlanish jarayonini sekinlashtiradi, bu ko'rsatishlarning pasayishiga olib keladi. Ba'zan ifloslantiruvchi reagentlarning 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 plenkalarning tadqiq qilinadigan reagentlar tomonidan mexanik ifloslanishiga tortiladi, bu ularning massasining qaytmaydigan o'zgarishiga, va shundan kelib chiqish bilan, 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 bor, u 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 etarli 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.

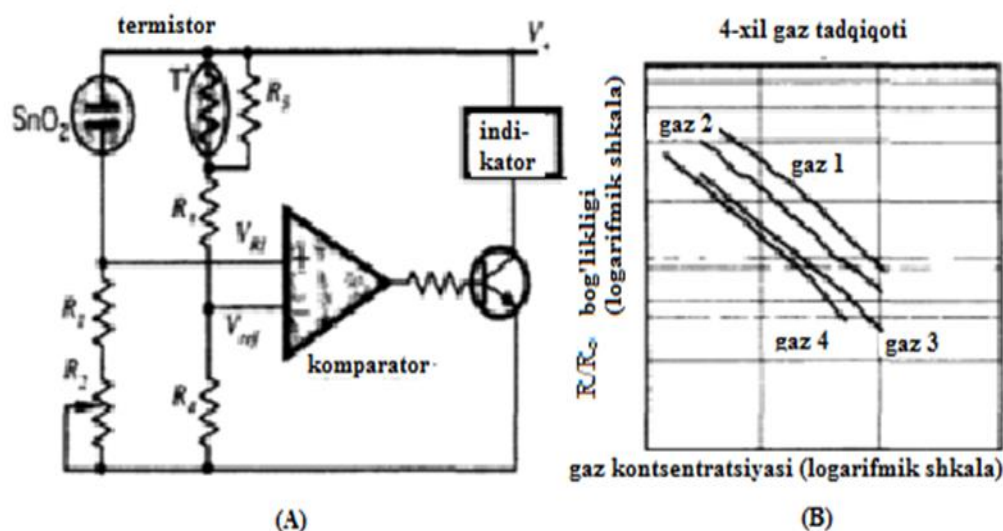
Metall-oksidli kimyoviy datchiklar. Qalay dioksidi (SnO_2) asosidagi metall-oksidli gaz datchiklari (1960 yillarning oxirlarida paydo bo'lgan. Ular har qanday elektr sxemalari bilan oson muvofiqlashadigan oddiy va mustahkam qurilmalar bo'lib hisoblanadi. Bunday detektorlar ba'zi bir metallarning oksidlarining ma'lum bir gazlar mavjud bo'lganda (masalan, CH_3SH va $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ kabi) o'zlarining elektr tavsiflarini o'zgartirish xususiyatiga asoslanadi. Metall oksidi, masalan, SnO_2 kristallari havoda berilgan etarlicha 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:

$$R_S = A[C]^{-a} \quad (5.35)$$

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 bo'ladi. Bunda sxema sifatida, qoidaga ko'ra, uning elkalaridan biriga detektor o'rnatiladigan Uytston ko'prigidan foydalaniladi. Detektor qarshiligining o'zgarishi ko'prikl muvozanatining buzilishiga olib keladi (5.37A-rasm). Ko'prikl sxemani harorat bo'yicha muvozanatlash uchun parallel chiziqlashtiruvchi rezistorga ega bo'lgan Manfiy HKli termistor qo'llaniladi.

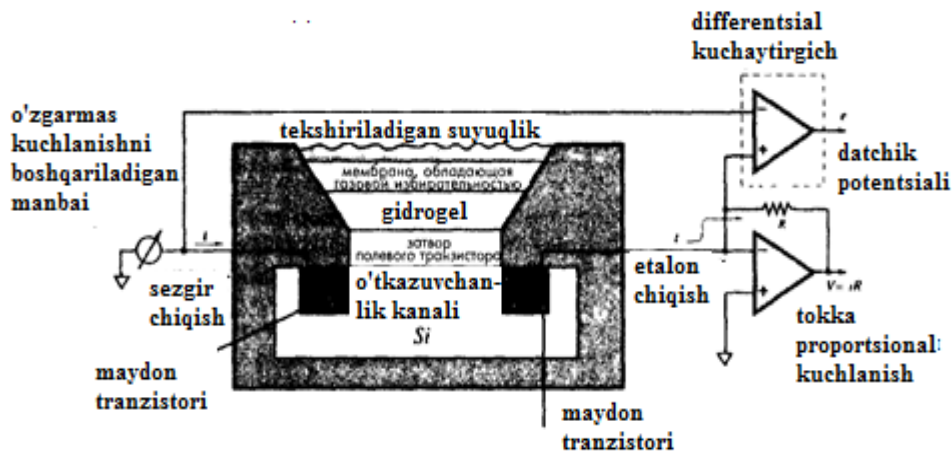


5.37- rasm. Uytston ko'prigiga kiritilgan metall-oksidli kimyoviy detektor (A) va uning turli gazlar uchun qurilgan uzatish tavsiflari (B)

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 (5.37B-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 (5.38- 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.



5.38- rasm. Suyuqlikli kimyoviy maydon tranzistori va uni ulash sxemasi

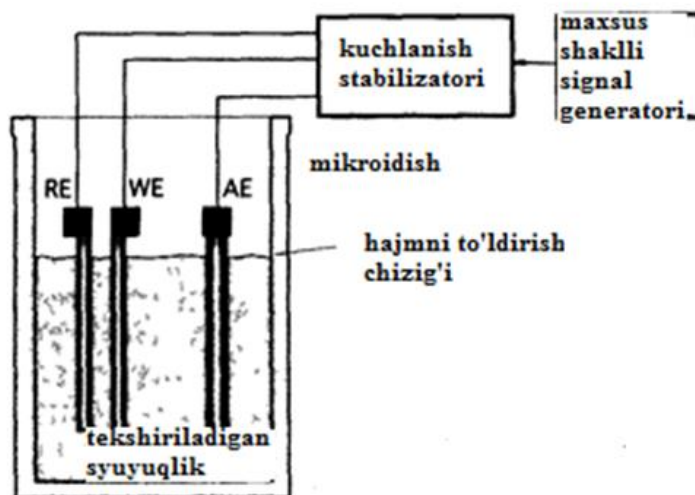
Kimyoviy maydon tranzistorlarini (KMT) tayyorlash uchun, xuddi boshqa MT lardagi kabi yupqa plenkali texnologiyalar qo'llaniladi. KMT lar, qoidaga ko'ra, r -tipidagi kremniy taglikda amalga oshiriladi, unda diffuziya uslubi bilan n -tipidagi ikkita soha shakllantiriladi (oqib kirish va oqib chiqish). 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 atrofiga 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 shakllantirgicha yordamida ham aniqlash mumkin.

Elektrokimyoviy datchiklar. Elektrokimyoviy detektorlar barcha kimyoviy datchiklar orasida eng universali 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 ularning 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. Elektrodlarning maydonlari tahlil qilinadigan eritmaning mumkin qadar ko'proq miqdori 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 elektrodlarning yuzasiga ba'zan maxsus ishlov beriladi. 5.39-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) elektroddan ishchi elektrodning qutblanishi bilan olib kiriladigan

xatolikni korrektirovkalash uchun foydalaniladi. Zamonaviy elektrokimyoviy datchiklarda qalin plenkali elektrodlar trafaretli bosish uslubi bilan tayyorlanadi, bu ularning ishonchliligini oshiradi va tayyorlash jarayonini osonlashtiradi.



5.39- rasm. Elektrokimyoviy datchikning sxemasi

Elektrolit – bu unda elektronlar emas, balki ionlar zaryad eltuvchilar bo‘lib hisoblanadigan muhitdir. Bu shart tahlil qilinadigan kimyoviy reaksiyalarni tanlashning birinchi kriteriysi bo‘lib hisoblanadi. Elektrodlar 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 potentsiali quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin bo‘lgan kimyoviy reaksiya tufayli vujudga keladi:



Bunda Ox – oksidlovchi, Rel – qaytaruvchi.

Bu reaksiya elektrodlardan birida bo‘lib o‘tadi (berilgan holatda – katodda) va yacheyka yarmining reaksiyasi deb ataladi. Termodinamik kvazimuvozanat sharoitlarida Nernst tenglamasini qo‘llash mumkin:

$$E = E_o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_o^*}{C_R^*} \quad (5.37)$$

Bunda C_o^* va C_R^* - qaytaruvchi va oksidlovchining konsentratsiyalari; n - elektronlar soni; G' – Faradey doimiysi; R - gaz doimiysi; T – absolyut harorat; E_o - elektrodning boshlang‘ich potentsiali.

Potensiometrik datchiklarda reaksiya bir paytning o‘zida ikkita elektrodda bo‘lib o‘tadi. Biroq tahlil qilinadigan reagentlar ulardan faqatgina bittasida ishtirok etadi.

Konduktometrik datchiklar. Elektrokimyoviy o‘tkazuvchanlik datchiklari elektrokimyoviy yacheykadagi elektrolitning o‘tkazuvchanligining o‘zgarishini o‘lchaydi. Elektrokimyoviy datchiklarning impedansi sig‘imli bo‘lishi mumkin, bu elektrodلarning qutblanishi va ionلarning tashib o‘tilishi bilan bog‘lanadi.

Gomogen elektrolitik eritmalarda G elektrolitning o‘tkazuvchanligi (Om) elektr maydoni bo‘ylab elektrodلar o‘rtasidagi L masofaga teskari proporsional va elektr maydoniga perpendikulyar bo‘lgan elektrokimyoviy yacheykaning A bo‘ylama kesimiga proporsional bo‘ladi:

$$G = \frac{pA}{L} \quad (5.38)$$

Bunda p ($\text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$) – elektrolitning solishtirma o‘tkazuvchanligi, ionلarning 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:

$$A = A_0 - \beta C^{-0,5} \quad (5.39)$$

Bunda β – elektrolitning tavsifi; A_0 - cheksiz eritishda elektrolitning ekvivalent o‘tkazuvchanligi.

Intellektual kimyoviy datchiklar. Zamonaviy kimyoviy datchikلarning rivojlanish yo‘nalishi mikroelektronika va dasturlanadigan kontrollerلarni qo‘llashdan iborat. Bularning barchasi yangicha klassdagi intellektual kimyoviy

detektorlarning yaratilishiga olib keladi. Bunday datchiklarning tarkibiga, qoidaga ko'ra, ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish sxemalari kiradi, bu ularni amalda o'lchashlarning natijalarini tahlil qiladigan har qanday tizim bilan oson bog'lash imkonini beradi. Intellectual 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.

5.10. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

Nazorat savollari:

1. Sezgir elementning elektr tavsiflariga ta'sir ko'rsatish tipi bo'yicha datchiklarning turlarini ayting.
2. Intellectual kimyoviy datchiklarning o'lchash texnikasidagi roli qanday?
3. Konduktometrik va potensiometrik datchiklarning ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?
4. Elektrokimyoviy datchikning konstruksiyasida qanday xususiyatlar bor?
5. Mavjudlikni sig'imli datchiklarining ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?
6. Sig'imli mavjud bo'lish datchigining sezgirligi nima sababdan kamayishi mumkin?
7. Parazit sig'imlarga qarshi kurashishda qaysi usul samarali?
8. Elektrostatik harakat detektorining ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?
9. Optoelektron detektorlar nima maqsadda foydalaniladi?

10. Optoelektron detektorlarning avzaligi nimada?
11. Spekrning ko‘rinadigan, yaqin va uzoq IQ diapazonida ishlaydigan harakat detektorlarining ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?
12. Passiv IQ harakat detektori (PIQ detektor) ishlashining samaradorligi nimaga bog‘liq?
13. Fizikaviy obyektning holatini aniqlash deganda nima tushuniladi?
14. Obyektlarning ko‘chishi qanday ta’riflanadi?
15. Yaqinlashish detektorlari qachon qo‘llaniladi? Ularning moxiyati nimada?
16. Potensiometrik ko‘chish datchigining kamchiligi nimada?
17. Gravitatsion datchiklarning ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?
18. Erning og‘irlik markazining yo‘nalishiga nisbatan obyektning egilish burchagini aniqlaydigan sath o‘lchagichlar qaerlarda ishlatiladi?
19. Elektrolitli egilish datchiklari nima maqsadda ishlatiladi?
20. Sig‘imli ko‘chish datchiklari nima uchun ko‘p qo‘llaniladi?
21. Harorat datchiklarini konstruksiyalashda nimalarga e’tibor berish zarur?
22. Haroratni o‘lchashning nechta asosiy uslubi mavjud? Ularni tushuntiring.
23. Kontakt usuli bilan haroratni o‘lchashda mumkin bo‘lgan xatoliklarning manbalarini ayting.
24. Kontaktli va kontaktsiz datchiklarning asosiy farqi nimada?
25. Issiqlik nurlanish datchiklarining tavsiflarini yaxshilash uchun nimalar qilish mumkin?
26. Rezistiv harorat datchiklarining ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?
27. Rezistiv harorat datchiklarining qanday turlari mavjud?
28. Termistorlarni ishlashi nimaga asoslangan? Ularning modellarini tushuntiring.
29. Termistorlar asosida datchiklarni ishlab chiqishda foydalaniladigan uchta asosiy tavsiflarini ayting.
30. Termistor tomonidan issiqlikning yutilish tezligi qanday aniqlanadi?
31. Barcha manfiy HK ga ega bo‘lgan termistorlar tayyorlanish usuliga bog‘liq ravishda nechta asosiy guruhga bo‘linadi? Bu guruhlarni ta’riflang.

32. Flouressent datchiklarda sezgir element sifatida nima ishlatiladi?
33. Interferometrik harorat datchigining ishlash prinsipi qanday?
34. Haroratdan rangini o'zgartiradigan eritmalar asosidagi datchiklar qaysi sohalarda ishlatiladi?
35. Akustik harorat datchiklari qaysi sharoitlarda qo'llaniladi?
36. Pirani vakuummetrlarining ishlashi nimaga asoslanadi?
37. Parazit issiqlik yo'qolishlarini yaxshiroq kompensatsiyalash uchun nima qilish zarur?
38. Sig'imli bosim datchiklarining ishlash prinsipi nimaga asoslanadi?
39. Optik o'lchash uslubining avzalligi nimada?
40. Absolyut va nisbiy namlik, shudring nuqtasi tushunchalarni izohlang.
41. Namlikni o'lchashning eng pretsizion usuli qaysi? Bu usulning kamchiligi nimada?
42. Bosimni aniqlashning optimal usuli qaysi usul xisoblanadi?
43. Optik gigrometrning avzalligi va kamchiligi nimada?
44. Kimyoviy datchiklarni qo'llashdagi asosiy muammo nimada?
45. Kimyoviy tipdagi detektorlarning kamchiligi nimada?

Amaliy mashg'ulotlar uchun topshiriqlar

1. Gaz va suyuqlik sarfini o'lchash datchiklarining tavsiflari.
2. Gaz va suyuqlik sarfini o'lchash datchiklarini loyihalash.
3. Chiziqli va burchakli siljish datchiklarining tavsiflari.
4. Chiziqli va burchakli siljish datchiklarini loyihalash.

Mustaqil ishlar ro'yxati

1. Intellektual datchiklarni o'lchash texnikasida qo'llash istiqbollari.
2. Bosimni intellektual datchiklari.
3. Sarf va sathni intellektual datchiklari.

6-Bob. O'lchash vositalarini konstruksiyalash

6.1. Asbob konstruksiyasini dinamik va mexanik ta'sirlardan himoyalash

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 sifatiiy jihatdan vibratsion ta'sirlar (vibratsiya), zarbali ta'sirlar (zarbalar) va inersion ta'sirlarga (chiziqli tezlanish) bo'linadi.

ES larning vibratsiyasi deganda odatda uzoq muddatli belgisi almashadigan jarayonlar tushuniladi, ular ES larning ishlashiga ta'sir ko'rsatadi. Zarba deb uning davomiyligi taxminan zarbaga tortilgan obyekt orqali zarba to'liqinining 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 o'zining chastotasida tebranishi 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 oshiqcha yuklanish bilan tavsiflanadi, u g og'irlik kuchi tezlanishiga karrali bo'ladi. Vibratsii tebranishlar amplitudasi va chastotasi bilan,

zarba esa – zarba impulsining davomiyligi, amplitudasi va shakli bilan tavsiflanadi. Vibratsiyada obyektning oshiqcha yuklanishi vibroyuklanish koeffitsiyenti bilan ifodalanadi:

$$n_{vibr} = xf^2/250,$$

bu erda x — obyekt vibratsiyalarining amplitudasi, mm; f — tebranishlar chastotasi, Hz. Zarba impulsining oshiqcha yuklanishining zarba tezlanishining maksimal qiymatini tavsiflaydigan amplitudasini $n_z \approx 0,05V_z/S$ formula bo'yicha aniqlash mumkin, bu erda 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 erda 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 6.1-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 bilan chaqiriladigan akustik tebranishlar; manyovr qilishdagi oshiqcha yuklamalar; yo'llarning notekisliklari va relslarning 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 larning tushib ketishi, yuklash-tushirish ishlarida zarba eyish 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. AQSH da o'tkazilgan tadqiqotlarga ko'ra, samolet 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 etadi.

Mexanik ta'sirlarning ES larga ta'siri. Vibratsiyalar, zarbalar va chiziqli tevlanishlarning ta'siri natijasida ES da quyidagi *shikastlanishlar* sodir bo'lishi mumkin: kavsharlangan, payvandlangan va elimlangan choklarning emirilishi oqibatida germetiklikning buzilishi va metall-shisha kavsharlarda yoriqlar paydo bo'lishi; mexanik rezonans yoki toliqish oqibatida ES ning korpusi yoki uning ba'zi bir qismlarining to'liq emirilishi; montaj bog'lanishlarining, jumladan IS ning tashqi chiqishlarining uzilishi; bosuvchi o'tkazgichlarning qatlamlanishi; osma ERE larning uzilishi; ko'p qatlamli bosish platalarining qatlamlarga ajralishi; keramik va sitall tagliklarning sinishi (yorilishi); ajraladigan yoki ajralmaydigan elektr kontaktlarning (rele, tutashtirgich, erga 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, elektr-vakuum 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 volt-ampere tavsiflari; *p-n*-o'tishlarning sig'imi va o'yish kuchlanishi; Gann diodlarining ba'zi bir tavsiflari; tranzistorlarning kuchaytirish koeffitsiyenti; yarim o'tkazgichli lazerning nurlatishining to'lqin uzunligi va hokazolar o'zgarishi mumkin. Bu o'zgarishlarning asosida energetik darajalarning siljishi, deformatsiyalanishda ta'qiqlangan zona kengligining o'zgarishi, samarali massaning o'zgarishi, tok tashuvchilarning yashash vaqti va harakatchanligining o'zgarishi hodisalari yotadi.

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 transporti temir yo'l transporti Suv transporti: korpus machtalar vintlar dvigatel Aviatsion transport: porshenli dvigatelli reaktiv dvigatelli Raketalar: katta kichik REQ ni beton erga 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	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 xollarda ko'proq ro'y beradi.

Alohida tarkibiy qismlar va uzellarning o'zining chastotasi (f_0) 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:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}, \quad (6.1)$$

Bu yerda K — konstruksiyaning qattqlik koeffitsiyenti, N/m, kuchning shu kuch bilan chaqirilgan deformatsiyaga nisbati sifatida aniqlanadi; t — 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: $\gamma = f/f_0$. 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'lishi bo'lib hisoblanadi. 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'lash asbobining mexanik ta'sir jarayonida funksiyalar va parametrlarni saqlay olish qobiliyatidir. Konstruksiyaning mexanik ta'sirlarga *javobi* yoki *reaksiyasi* deb energiya mexanik qo'zg'alishga transformatsiyalanishi yoki aylanishining har qanday shakliga aytiladi. Javoblarning turlari:

- konstruksiyaning elementlarida mexanik zo'riqlashlar;
- 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 emirilishiga olib keladi. Agar konstruksiya belgisi o'zgaradigan yuklamalarga tortilgan bo'lsa emirilish 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 qismlarning 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 emirilishi) bo'ladi.

Konstruktiv elementlarni mustahkamlikka hisoblash. Konstruksiyaning elementlarining mexanik mustahkamligi jamlangan, taqsimlangan va aralash yuklamali eng oddiy to'sinli konstruksiyalar (o'zaklar), plastinkalar va ramalar uchun materiallar qarshiligi va qayishqoqlik nazariyasi uslublari bilan tekshiriladi.

Aksariyat amaliy hollarda asbob detallarining konstruksiyasi ko‘proq murakkab konfiguratsiyaga ega bo‘ladi, bu ulardagi zo‘riqlashlarni aniqlashni qiyinlashtiradi. Hisoblashlarda murakkab detalning soddalashtirilgan modeli – to‘sin, plastinka, rama bilan almashtiriladi.

To‘sinlarga prizma shaklidagi jismlar kiradi, ularning uzunligi konstruksiyaning qolgan barcha geometrik o‘lchamlariga qaraganda anchagina katta bo‘ladi. To‘sinlarning uchlari mahkamlanadi (payvandlash, kavsharlash, vintlarning soni ko‘p bo‘lganda – vintli tutashuv bilan), ular sharnirli-qo‘zg‘aluvchan (yo‘naltiruvchilarga o‘rnatish bilan) yoki sharnirli-qo‘zg‘almaydigan (bittalik vintli tutashma bilan) qilib o‘rnatiladi. Plastinkalar deb to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi jismlarga aytiladi, ularning qalinligi asosning o‘lchamlariga qaraganda kichik bo‘ladi. Bunday konstruksiyalarga bosish platalari, priborlarning kojuxlarining devorlari, ustunlar, panellar va boshqa shunga o‘xshash konstruksiyalar kiradi. Plastinkaning chekkalarini qattiq mahkamlash kavsharlash, payvandlash, qisish, vintli tutashtirish bilan, sharnirli mahkamlash esa – plastinkani yo‘naltiruvchilarga o‘rnatish, uyali tutashtirish, vintli tutashtirish bilan amalga oshiriladi. Ramali konstruksiyalar bilan ko‘p chiqishli tarkibiy qismlar - MS, rele va hokazolar modellashtiriladi.

Mustahkamlikka hisoblashlardagi ifodalar quyidagilardir:

- cho‘zilishda (siqilishda)
- bukilishda
- qirqilishda
- buralishda

$$\sigma_{p.c\kern 0.08em\text{ж}} = P / F \leq [\sigma]_{p.c\kern 0.08em\text{ж}} ;$$

$$\sigma_{\text{и}} = M_{\text{и}} / W_{\text{и}} \leq [\sigma]_{\text{и}} ;$$

$$\tau_{cp} = P / F \leq [\tau]_{cp} ;$$

$$\tau_{kp} = M_{kp} / W_{kp} \leq [\tau]_{kp} ,$$

bu yerda P – detalga ta’sir qiluvchi kuch, N; F – detal kesimining maydoni, mm^2 ; $[\sigma]_{p.sj}$, $[\sigma]$ – cho‘zilish, siqilish va bukilishga yo‘l qo‘yiladigan kuchlanishlar,

N/mm^2 ; $[\tau]_{sr}$, $[\tau]_{kr}$ – qirqilish va buralishga yo‘l qo‘yiladigan kuchlanishlar, N/mm^2 ; M_i , M_{kr} – bukuvchi va burovchi momentlar, $N \cdot mm$; W_H , W_{Kp} – bukilish va buralishda qarshilik momentlari, mm^3 .

Konstruksiyanı loyihalashda quyidagilar bajariladi:

- detalning shakli va o‘lchamlari ma‘lum bo‘lganda (konstruksiyalash paytida aniqlangan bo‘lganda) tekshiruvchi hisoblashlar bajariladi va yuqorida keltirilgan formulalar bo‘yicha xavfli kesimlardagi kuchlanishlar aniqlanadi;
- xavfli kesimlarning o‘lchamlari noma‘lum bo‘lganda loyiha hisoblashlari bajariladi va ular tanlangan yo‘l qo‘yiladigan kuchlanishlar asosida aniqlanadi;
- ma‘lum xavfli kesimlarda yo‘l qo‘yiladigan kuchlanishlar bo‘yicha yo‘l qo‘yiladigan yuklamalar hisoblanadi.

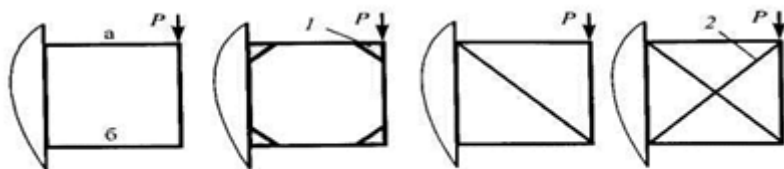
Vibratsiyalarning ta‘sir yo‘nalishini hisobga olish bilan qayishqoq tebranishlarga tekshiruvchi hisoblashlarni bajarishda eng katta deformatsiyaga ega bo‘lgan detallar va uzelllar ajratiladi, hisoblash modellari tanlanadi, o‘zining chastotalari hisoblanadi, yuklamalar aniqlanadi va olingan qiymatlar tanlangan materiallarning mustahkamlik chegaralari bilan solishtiriladi, zarurat bo‘lsa, konstruksiyaning mustahkamligini oshirish to‘g‘risida qaror qabul qilinadi.

Vibromustahkamlikni oshirish uchun alohida elementlarning konstruksiylariga qo‘shimcha mahkamlashlar, qovurg‘alar, qattqlik relyeflari, otbortovkalar, vidavkalar kiritiladi, yuqori dempfirlash xususiyatlariga ega bo‘lgan materiallar, dempfirleydigan qoplamalardan foydalaniladi.

Tashqi vibratsion ta‘sirlar ko‘pincha chastotalarning etarlicha tor diapazoni bilan beriladi. To‘g‘ri konstruksiyalangan apparaturada konstruksiyaning f_0 o‘zining chastotasi tashqi ta‘sirlar chastotalarining spektrida joylashmasligi lozim. Garchi har qanday konstruksiya o‘zining chastotalarining bir nechta qiymatiga ega bo‘lsada, hisoblash faqatgina f_0 ning eng kichik qiymatlari uchun bajariladi, chunki bunday holda konstruksiylarning deformatsiyasi maksimal bo‘ladi. Agar konstruksiyaning o‘zining chastotasining eng kichik qiymati tashqi ta‘sirlar chastotalarining diapazoniga kirsada, u holda konstruksiya f_0 ni oshirish va

tashqi ta'sirlar chastotalarining spektridan chiqarish uchun qo'shimcha ravishda oxirigacha ishlab chiqiladi.

Konstruksiyaning *qattiqligi* deganda tizimning (elementning, detalning) tashqi yuklamalarning ta'siriga uning ish qobiliyatining buzilishiga yo'l qo'ymaydigan deformatsiyalar bilan qarshi tura olish qobiliyati tushuniladi. Qattiqlik miqdoriy jihatdan *qattqlik koeffitsiyenti* bilan baholanadi: $K = P/l_{max}$, bu erda P – ta'sir qiluvchi kuch; l_{max} – maksimal deformatsiya. Konstruksiyani, u qanchalik murakkab bo'lmasin, ularning har biri ma'lum bir uzunlik va kesimga ega bo'lgan, bitta yoki har ikkala uchi mahkamlangan to'sin sifatida ishlaydigan elementlar (detallar) jamlanmasi ko'rinishida taqdim qilish mumkin. Ma'lumki, jamlangan yuklama ta'siri ostida bo'lgan, bir uchi mahkamlangan to'sinning qattqligi to'sin cho'zilishga yoki siqilishga ishlaganda EF/l ifoda bo'yicha, to'sin bukilishga ishlaganda $3EJ/l^3$ ifoda bo'yicha hisoblanadi (E – to'sin materialining qayishqoqlik moduli; F – kesimning maydoni; J – o'q inersiya momenti; l – to'sinning uzunligi). Bu o'rinda materialning qattqligi to'g'risida gapirish mumkin, chunki materialning qayishqoqlik moduli qanchalik katta bo'lsa, to'sinning qattqligi shunchalik yuqori bo'ladi, konstruksiyaning qattqligi to'g'risida ham gapirish mumkin, u to'sinning uzunligi, shakli va ko'ndalang kesimining o'lchamlariga bog'liq bo'ladi. Yana shuni ham aytish mumkinki, to'sinning bukilishga qattqligi uning cho'zilish yoki siqilishga qattqligiga qaraganda anchagina past bo'ladi.



6.1- rasm. Kosinkalar va diagonal elementlarni kiritish bilan ramaning qattqligini oshirish

6.1-rasmda to'g'ri to'rtburchak rama o'zining chap tomoni bilan mahkamlangan. R kuch ta'siri ostida ramaning a va b elementlari bukilishga

ishlaydi. Konstruksiyaning qattiqligini cho‘zilish va siqilishga ishlaydigan kosinkalar va diagonal elementlarni kiritish bilan oshirish mumkin.

6.2- jadval

Konstruksion materiallar parametrlari	markasi	R _r , MRa	E, GPa	P, g/sm ²	Solishtirma mustahkamlik va qattiqlik		
					σ_r^s	σ_e^s	E ^s
Uglerodli po‘lat	St 10	334	203	7,85	42,5	12	26
	St 45	600	200	7,85	76,5	18	25,5
Ligerlangan po‘lat	30XGSA	490	198	7,85	62	15,7	25,3
Alyuminiy qotishma	AD-1	58	69	2,7	21	7,7	26
	V-95	275	69	2,8	96	21	24
Magniy qotishma	MA2-1	255	40	1,8	142	27	23
	MA2-8	275	40	1,8	154	29	22
Mis qotishmali	L-63	294	103	8	35	11	12
	Br-B2	392	115	8	48	13	14
Titan qotishmali	VT1-0	687	113	4,5	152	28	25
	VT3-1	1176	113	4,5	218	41	25
fenoplast	K-21-22	64	8,6	1,4	38	46	6,2
Press-material	AG -4S	245	34	1,8	273	136	19
Getinaks	P	98	21	1,4	49	70	15
Tekstolit	PTK	157	10	1,4	70	112	7
Shishatekstolit	VFT-S	245	—	1,85	180	132	
Ftorplast	4A	14	0,44	2,2	10	6,2	0,2
Stekloplastik	SVAM-ER	687	21	2	221	343	10,3
Penoplast	PS-1	—	0,15	0,35	14	—	0,45

6.2-jadvalda EA larning konstruksiyalari uchun qo‘llaniladigan materiallarning parametrlari keltirilgan. Materiallarning solishtirma mustahkamligi quyidagi ifodalar bo‘yicha hisoblanadi.

Metallar uchun

$$\sigma_p^{ya} = [\sigma]_p / \rho; \quad \sigma_u^{ya} = [\sigma]_u^{2/3} / \rho; \quad E^{ya} = E / \rho;$$

Nometallar uchun

$$\sigma_p^{ya} = [\sigma]_p / \rho; \quad \sigma_u^{ya} = [\sigma]_u / \rho,$$

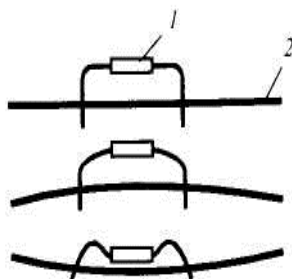
Bu yerda ρ — moddaning zichligi.

Plastmassalar eltuvchi konstruksiyalarda metallarning o‘rnini bosuvchi bo‘lib hisoblanadi va qora metallarni, ayniqsa rangli metallarni tejashda katta rol o‘ynaydi. Ba’zi bir konstruksion plastmassalarning tavsiflari va ularning EA larda qo‘llanilishi 6.3- jadvalda keltirilgan.

Konstruksion plastmassalarning tavsiflari

Material	Tavsif	Qo'llash
Shishaplastik	Mustahkamligi yuqori, chidamli	Korpuslar, havo chiqargichlar, elektroizolyasion detallar
Fenoplastlar	Yuqori dielektrik xususiyat va mexanik mustahkamlik	Kojuxlar, korpuslar, qopqoqlar, elektroizolyasion detallar
Poliamidlar	Yuqori antifriksion i elektroizolyasion hususiyatlar, korroziyaga va kimyoviy ta'sirlarga chidamli	Podshipniklar, shesternalar, vtulkalar
Polistirol	Suvga chidamli	Konstruksiyaning katta o'lchamdagi elementlari
Ftorplastlar	Kimyoviy, suvga, issiqlikka chidamlilik	Elektroizolyasion detallar, panellar, asbob korpuslari
Poliformal-degidlar	Mexanik mustahkamlik, issiqlik- va korroziyadan chidamlilik	Podshipniklar, aniq mexanika asboblarining detallari
Pentoplastlar	Mexanik mustahkamlik, issiqlikka chidamlilik	Podshipniklar, asbob detallari, boltlar, gaykalar, shaybalar.

Bosma plataning tekisligiga ortogonal yo'nalgan vibratsiyalar uni ikki tomonga navbatma-navbat bukadi va unga o'rnatilgan mikrosxemalar va ERE larning (tarkibiy qismlarning) mexanik mustahkamligiga ta'sir ko'rsatadi. Agar tarkibiy qismlar qattiq deb hisoblansa, u holda ularning chiqishlari bukiladi (6.2-rasm). Tarkibiy qismlarning aksariyat ishdan chiqishlari chiqishlarning plata bilan kavsharlangan tutashmalarining buzilishi, germetiklikning yo'qolishi tufayli sodir bo'ladi. Ko'proq qattiq ta'sirlar plataning markazida bo'ladi, to'g'ri to'rtburchak platalar uchun esa yana elementning tanasi plataning qisqa tomoni bo'ylab yo'naltirilganda bo'ladi. Tarkibiy qismlarni plataga elimlash bilan kavsharlangan tutashmalarining ishonchliligini sezilarli darajada oshirish mumkin. 0,1...0,25 mm qalinlikdagi himoyalovchi lak qoplamasi tarkibiy qismlarni qattiq qilib qotiradi va EA ning ishonchliligini oshiradi.



6.2- rasm. Bosma plataning vibratsiyalarida elementlarning chiqishlarining shaklining o'zgarishi: 1 – element; 2 – bosma plata

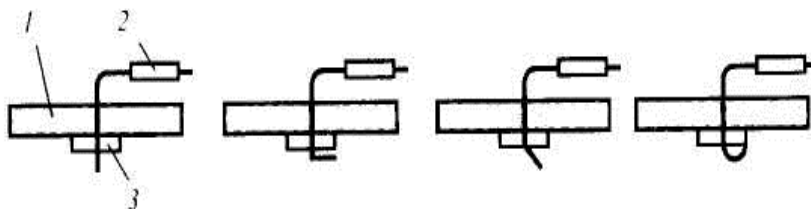
Kavsharlangan tutashmalarga vibratsiyalarning ta'siridan tushadigan mexanik kuchlanishlarni quyidagilar hisobiga kamaytirish mumkin:

- rezonans chastotalarini oshirish, bu plataning bukilishini kamaytirish imkonini beradi (plataning bukilishini hisoblash uchun $u_0 = 254GQ/f_0^2$, mm, ifodada f_0 o'zining chastotasi maxrajda joylashadi; G — tashqi ta'sir; Q — plataning yumshoqligi);

- kontakt maydonchalarining diametrini oshirish, bu kontakt maydonchasining plata bilan tishlashish mustahkamligini oshiradi;

- elementlarning chiqishlarini bukish va kontakt maydonchasiga joylashtirish, bu kavsharlangan tutashmaning uzunligi va tishlashish mustahkamligini oshiradi (6.3- rasm);

- uni ko'p qatlamli lak qoplamasi bilan dempfirlash bilan rezonansda plataning yumshoqligini kamaytirish.



6.3- rasm. Elementning chiqishlarining kontakt maydonchasining yuzasida yo'nalishi: 1 – bosma plata; 2 – element; 3 – kontakt maydonchasi

Mustahkamlikka hisoblashlarda elektron elementlar ular uchun mahkamlash shartlari berilgan va uzilish kuchi hamda bukuvchi momentlar aiqlanadigan

ramalarning hisobiy modellariga keltiriladi. Bosma plataning Q yumshoqligini birinchi yaqinlashishda $Q = (0,5...2,0) \sqrt{f_0}$ ifoda bilan baholash mumkin, bu yerda f_0 – bosish platasining eng kichik o‘zining chastotasi, Gs. Eng yomon holat uslubi bilan loyihalashda, bunda eng katta yuklamalar va bukilishni aniqlash talab qilinadi, sonli koeffitsiyentni maksimal qilib olish lozim bo‘ladi.

Vibratsiyalarda bosish platasi platalar o‘rtasidagi oraliqlar juda kichik bo‘lganda ham bukilishi mumkin, masalan blokda ularning o‘zaro to‘qnashishi va buning oqibatida elementlar o‘rtasida qisqa tutashuv, so‘ngra esa ularning mexanik emirilishi sodir bo‘lishi mumkin. Platalarni o‘rnatishning minimal qadami platalarning egilishini hisobga olish bilan tanlanishi va uning maksimal mumkin bo‘lgan kattaligidan oshmasligi lozim.

6.4-jadval

Bosma platalarining o‘zlarining chastotalarining eksperimental ma’lumotlari

Bosma plata oʻlchamlari, mm	35	70	140	Bosma plata qalinligi, mm
	Hususiyl chastota, Gs			
25	2780	2070	2260	1,0
	5100	3800	3640	1,5
50	1400	690	520	1,0
	2600	1270	955	1,5
75	1120	450	265	1,0
	2030	830	490	1,5

6.4-jadvalda ularning chiziqli o‘lchamlariga bog‘liq ravishda bosish platalarining o‘zlarining chastotalarining eksperimental ma’lumotlari keltirilgan. Platalarning materiali – shishatekstolit, elementlarni montaj qilish – ikki tomonlama, platani qotirish – butun perimetr bo‘ylab. O‘zining chastotalari tashqi ta’sirlarning chastotalarining yuqorigi chegarasidan oshiq bo‘lishi uchun plataning qalinligini oshirish yoki kengligini (uzunligini) kamaytirish zarur bo‘ladi.

Konstruksiyaning xizmat qilish muddatini hisoblash. Tebranishlarda konstruksiyalarda almashinuvchi kuchlanishlar vujudga keladi va konstruksiyalar yoriqlar hosil bo‘lishi tufayli materiallarning eng chekka statik mustahkamlik chegaralaridan anchagina kichik bo‘lgan yuklamalarda ham emirilishi mumkin, bu yoriqlarning o‘shishiga materiallarning kristall tuzilishining o‘ziga xos

xususiyatlari, kuchlanishlarning yoriqlarning burchaklarida konsentratsiyalanishi, qurshab turuvchi muhitning shart-sharoitlari ta'sir ko'rsatadi. Mikroyoriqlar rivojlanib borishi bilan detalning ko'ndalang kesimi zaiflashadi va qandaydir bir momentda kritik kattalikka etadi — konstruksiya emiriladi.

Agar buyumning massasi kritik omil bo'lib hisoblanmasa, u holda materiallardan zahira bilan foydalanish yordamida konstruksiya mustahkamlanadi, teshiklar, qirqimlar ochish, payvand choklardan qochiladi, konstruksiyalarni hisoblash eng yomon holat uslubi bilan olib boriladi.

Vibrota'sirlarda konstruksiyaning xizmat qilish muddati konstruksiya mexanik yuklamaning berilgan darajasi va berilgan tashqi shart-sharoitlarda emirilishgacha bardosh berishi mumkin bo'lganssikllar soni bilan aniqlanadi. Materiallarning toliqish tavsiflari bir guruh namunalarda belgisi almashadigan takrorlanuvchan yuklamalarda nssikllar sonidan funksiya sifatida aniqlanadi. Xizmat qilish muddatini aniqlashda konstruksiyaning o'zining chastotalari va konstruksiyadagi dinamik kuchlanishlar hisoblanadi. So'ngra materiallarning toliqish tavsiflari bo'yicha dinamik kuchlanishning topilgan qiymati uchun emirilishgacha bo'lganssikllarning soni va xizmat qilish muddati aniqlanadi.

Misol. Alyuminiy qotishmasidan ishlangan 30 g massali issiqlikni uzatgichning xizmat qilish muddati aniqlansin, unga ikkilamchi oziqlantirish manbaining ko'priki to'g'irlash sxemasining umumiy massasi 60 g bo'lgan 4 ta diodi o'rnatilgan. Konstruksiya diodlarni o'rnatish tekisligiga ortogonal yo'naltirilgan $K_g = 10$ ortiqcha yuklanish bilan vibratsion yuklamalarga tortiladi. Alyuminiy qotishmasi uchun qayishqoqlik moduli $E = 68,7 \cdot 10^9$ N/m.

Bir tekis taqsimlangan yuklama uchun issiqlikni olib chiqib ketgichning rezonans chastotasini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$f_0 = 0,5 \sqrt{\frac{Ejg / P_p^*}{l^2}}.$$

Konstruksiyaning umumiy massasi plastinka va diodlarning massasini o'z ichiga oladi va 90 g ni tashkil qiladi. Issiqlikni uzatgichga tushadigan yuklama

$$R_p^* = mK_g g/l = 0,09 \cdot 10 \cdot 9,81/0,09 = 98,1 \text{ N/m};$$

kesimning inersiya momenti

$$j = bh^3/12 = 0,06(2 \cdot 10^{-3})^3/12 = 0,04 \cdot 10^9 \text{ m}^4;$$

Issiqlikni uzatgichning o'zining chastotasi

$$f_0 = 0,5 \cdot 68,7 \cdot 10' \cdot 0,04 \cdot 10^{-9} \cdot 9,81/98,1/0,09^2 = 36,5 \text{ Gs}.$$

Rezonansda dinamik yuklamani aniqlash uchun tizimning yumshoqligini bilish zarur bo'ladi, uni $Q=1,25 \sqrt{f_0} = 7,55$ yaqinlashuvchi formula bo'yicha aniqlash mumkin.

Issiqlikni uzatgichga tushadigan dinamik yuklama $R_l = Q \cdot P_p = 741 \text{ N/m}$ ifodadan, bukuvchi kuchlanish esa

$$K = P_D l^2(h/2)/(2bh^3/12) = 3P_D l^2/(bh^2) \approx 7 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

ifodadan aniqlanadi. Shunday qilib, konstruksiya emirilishgacha taxminan

10^6 siklga bardosh beradi, bu $t = \frac{10^6}{36.5}$ (sikllar/Gs) xizmat qilish muddati yoki uch soatdan oshiq uzluksiz ishlashga mos keladi.

Konstruksion materiallar. Konstruksion material talab qilinadigan mexanik va fizikaviy xususiyatlarni qanoatlantirishi, unga ishlov berish oson bo'lishi, korroziyaga bardoshli bo'lishi, arzon bo'lishi, mustahkamlikning massaga maksimal nisbati va hokazolarga ega bo'lishi lozim. Yuqorida aytib o'tilganidek, har qanday EA ning asosi eltuvchi konstruksiya bo'lib hisoblanadi. u uning konstruktiv yaxlitligini va uni mexanik ta'sirlardan himoyalashni ta'minlaydi. Eltuvchi konstruksiyalar murakkablikka bog'liq ravishda yagona detal ko'rinishida, yoki ajraladigan yoki ajralmaydigan tutashmalar bilan yagona konstruksiyaga birlashtirilgan bir nechta detallarni o'z ichiga oladigan tarkibli detal ko'rinishida ishlanadi. Konstruksion materiallarning asosiy mo'ljallanishi – yuklamani ko'tarish, kuchlarni uzatish, mahkamlash, ushlab turish, emirilishdan saqlash bo'lib hisoblanadi. Konstruktorning vazifasi — erishish mumkin bo'lgan

materiallardan konstruktiv talablarni eng yaxshi darajada qanoatlantiradiganlarini tanlashdan iborat bo‘ladi.

Massani minimallashtirish – ko‘tarib yuriladigan, ko‘chma va bort EA larni konstruksiyalashning eng muhim sharti bo‘lib hisoblanadi. Apparatuning massasini kamaytirish gabaritlarni kichraytirish, material sarfini kamaytirish, ishlab chiqarish va ekspluatatsiya qilishga ketadigan xarajatlarni kamaytirish, tannarxni pasaytirish imkonini beradi.

Mikrominiatyurali apparaturada eltuvchi konstruksiyalarning massasi EA ning umumiy massasining 70% igacha etadi. Buyumlarning massasini kamaytirishning asosiy yo‘li – eltuvchi konstruksiyalarni engillashtirish bo‘lib hisoblanadi, bunda bir paytning o‘zida mustahkamlik va qattqlik talablari ham qanoatlantirilishi lozim bo‘ladi. Buning uchun quyidagilar zarur bo‘ladi:

- eltuvchi konstruksiyalarning bir nechta mumkin bo‘lgan variantlaridan konstruksiyaning minimal massasini olish imkonini beradigan echimlarni tanlash;
- detallarning materiallarini solishtirma mustahkamlik va solishtirma qattqlikni hisobga olish bilan tanlash, engil qotishmalar va nometallardan foydalanish;
- detallarga har bir kesimda teng mustahkamlikni berish;
- teshiklar, o‘yiqalar, qirqimlarni detallardan yuklama tushmaydigan materiallarni chiqarib tashlash bilan ochish;
- qattqlik qovurg‘alari, otbortovkalar, vidavkalarni kiritish.

6.2 Ergonomika va texnik-estetik talablari asosida 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 xisoblangan uslubning aks etishini ta'minlaydi.

Badiiy konstruksiyalash - tabiiy-ilmiy, texnik, gumanitar bilimlar, muhandislik loyihalash va badiiy fikrlash elementlarini birlashtiradigan kompleks sohalararo konstruktorlik - badiiy faoliyatdir. 6.4-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.

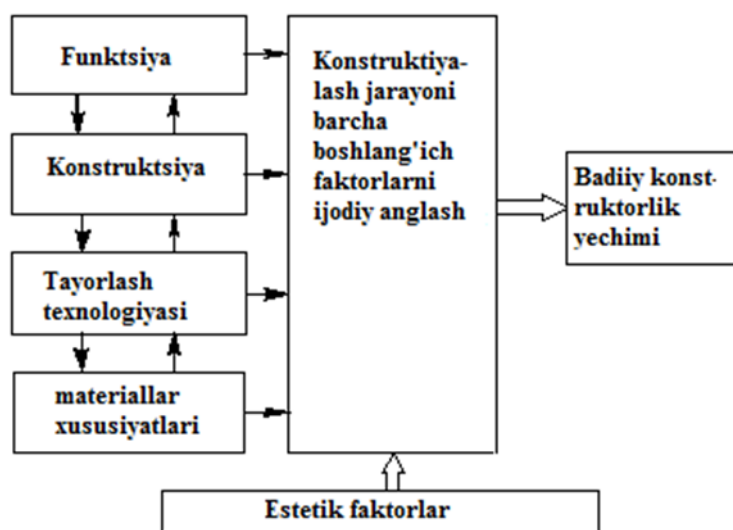
Texnik estetika - texnika sohasida badiiy faoliyatning xususiyatlarini o'rganuvchi dizayn nazariyasidir. Umumiy estetikaning bu bo'lagi bo'lib, o'zida utilitar (amaliy foydali) va estetik xususiyatlarini, ya'ni sanoat ishlab chiqarishda faoliyat ko'rsatadigan go'zallik qonunlarini birlashtiradigan asbob-uskunalar (mashinalar, mashinalar) va boshqa narsalarni ommaviy ishlab chiqarish amaliyotini umumlashtiradi.

Estetika (umumiy) - universal insoniy qadriyatlar, ularning yaratilishi, idrok etilishi, baholash va rivojlanishining ilmiy, klassik-tarixiy jihatdan aniqlash haqidagi fandır. Bu- san’at nazariyasining go’zallik qonunlari bo’yicha, dunyoni o’zlashtirishning umumiy tamoyillari haqida 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**- soxa mazmunini, mehnat vositalarini, sharoitlarini va jarayonlarini optimallashtirish, faoliyatni jozibadorligi va mexnatdan qoniqishni oshirish.

Sanoat estetikasi (san’ati) - go’zallik va funkcionallik qonunlariga binoan sanoat texnik vositalarini inson tomonidan yaratilgan butun obyektiv dunyoni anglatadi. Sanoat estetikasining elementlari: sanoat jixozlari va sanoat grafikasi (tovar belgilari va tovar nomlari); reklama; konteyner va qadoqlash vositalari).



6.4-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 etakchi tamoyili uning intellektual va ijodiy salohiyatidan ko‘proq to‘liq va ratsional foydalanish maqsadida odamga – mehnat va ijod sub’ektiga 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:

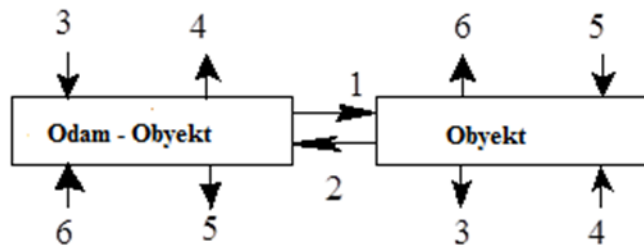
- odam-operatorning sensorli qabul qilishi (odamning sezgi organlari yoki retseptorlari) va motorli chiqishi (odamning harakat yoki effektor apparati);

- ma’lumotlarga ishlov berish jarayonlari va mashinalarni (obyektni) boshqarish masalalari;

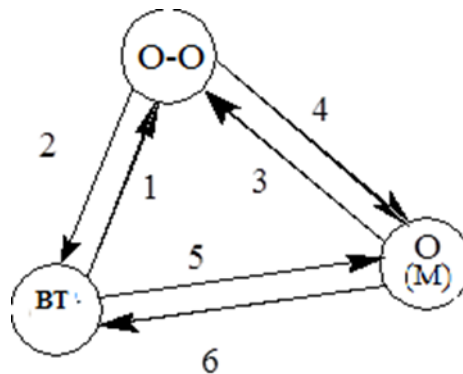
- odam-operatorning normal va kritik hayot kechirish sharoitlari (fiziologik va moddiy).

Badiiy konstruksiyalashda quyidagi o‘zaro bog‘lanishlar sxemalari qo‘llaniladi:

- oddiy: odam – obyekt bog‘lanishi



- «O‘zaro bog‘lanishlar uchburchagi»: odam – boshqarish tizimi – obyekt (muhit) bog‘lanishi;



Bu yerda: O-O - (odam-obyekt) RDQ stanogining operatori; BT- (boshqarish tizimi) ERDQ (elektron 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’lumotlarni 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.

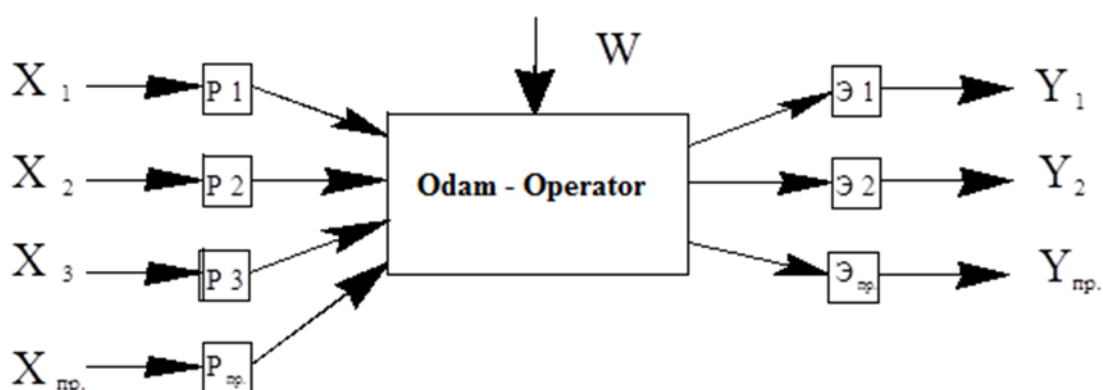
4 – odamning obyektga (muhitga) ta’siri: stanok bilan ishlash faqatgina ma’lum bir bilimlar va ko‘nikmalarni emas, obyektning parametrlarini odam bilan “birlashtirishni” ham talab qiladi (“xalaqit beruvchilar” ni hisobga olish bilan).

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 (muhitning) BT ga ta'siri: RDQ vibratsiya, ssexning 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 (6.5-rasm).



6.5-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): R_1 – ko'rish; R_2 – eshitish; R_3 – his qilish; $R_{pr.}$ – boshqa retseptorlar: hid bilish, ta'm 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).

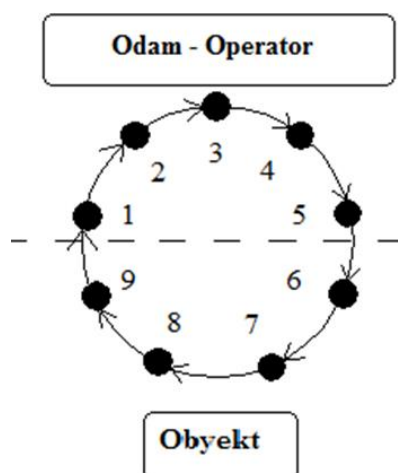
Odam-operatorning asbob-uskunalar bilan bog'lanishini optimallashtirish uchun quyidagilarni bilish zarur bo'ladi:

- 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 $\leftrightarrow$ obyekt boshqarish konturi bo'ylab o'tishini ko'rib chiqadigan bo'lsak, u holda 9 ta xarakterli bosqichlarni (zvenolarni) ajratish mumkin:



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 solishssiklining to‘liq vaqti bilan belgilanadi:

$$T = T_0 + T_M,$$

Bu yerda T_0 – signalning operatorlarda ushlanib qolish vaqti (1...5 bosqichlar); T_M – signalning obyektida ushlanib qolish vaqti (6...9 bosqichlar).

Har doim $T_0 \gg T_M$ bo‘ladi. T_0 quyidagi tarkibiy qismlar bilan belgilanadi: analizatorlar va latent davrning davomiyligi (o‘rtacha darajadagi signal paydo bo‘lgan momentdan boshlab unga harakat bilan javob qaytarilguncha o‘tgan vaqt):

$t_{lp(zs)} = 0,15 \dots 0,22$ s - signalning operatorlarda ushlanib qolish vaqtidagi analizatorlar va latent davrning davomiyligi;

$t_{lp(sa)} = 0,12 \dots 0,18$ s - signalning obyektida ushlanib qolish vaqtidagi analizatorlar va latent davrning davomiyligi;

$t_{lp(um)} = 0,31 \dots 0,39$ s - signalning umumiy ushlanib qolish vaqtida analizatorlar va latent davrning davomiyligi.

Konstruksiyalarni ergonomik ishlab chiqish – umumiy qoidalar 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 changliligi va bosimi – mikroiklim; 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.

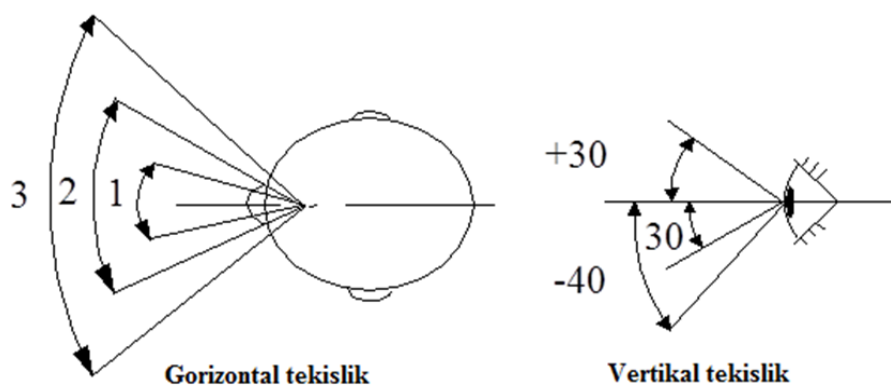
Bu ko'rsatkichlar turli ishchi pozalarda odam tanasining hal qiluvchi o'lchamlarini buyumning mos keluvchi o'lchamlari bilan solishtirish bilan aniqlanadi. Bir qator hollarda odamning boshi va qo'l barmoqlarining o'lchamlarini hisobga olish zarur bo'ladi.

- *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 zonalari (6.6-rasm);



6.6-rasm. ko'rish zonalari: 1. 30....40°; 2. 50....60°; 3. 90°

- qo'l va oyoq regulyatorlari bilan boshqarishda odam-operatorning ishchi zonalari;

- harakatlarning xarakteri tahlil qilinadi.

Ko'rish zonalari: 30....40° - maksimal echish qobiliyatiga, 50....60° – aniq rangli, 90° esa – oq-qora echish qobiliyatiga mos keladi.

Indikatorlarning eng qulay joylashishi – gorizontaal 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 (6.7-rasm).

Agar odam-operator tez-tez almashtirib ulashlarni bajarishi kerak bo'lsa, u holda kuchlarning kattaliklari 2-3 marta 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 muvofiqligi bilan belgilanadi.

Ergonomik tahlil qilish va konstruksiyalarni ishlab chiqish. Konstruksiyani ergonomik ishlab chiqishning asosida ergonomik parametrlarning to'liq jamlanmasi yotadi, bu optimal badiiy-konstruktorlik echimini 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);

2) Texnik loyiha bosqichida – indikatorli va regulyatorli boshqarish panellari va pultlarini diqqat bilan ergonomik ishlab chiqish bilan obyektни yakuniy badiiy-konstruktorlik komponovkalash kerak bo‘ladi;

3) Ishchi loyihalash bosqichida – qabul qilingan badiiy-konstruktorlik echimlarining 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 etarli tana xolatini, etarlicha ishchi kenglikni, ishchi tana xolatini 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 echimi odam-operatorlarda 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 tasavvurlar 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 tavsifi, 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 ularning antropometrik ma'lumotlarga muvofiqligini aniqlash;
- 3) obyektning panellarida taqdim qilinadigan operativ ma'lumotlarning hajmi va sifatini aniqlash, ularning odam-operatorning psixofiziologik 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 mantig'ini tahlil qilish;

6) tiplashgan operativ marshrutlarning biomexanik talablarga muvofiqligini tahlil qilish.

Ergonometrik tahlil qilishning natijalari quyidagilarni ta'minlash imkonini beradi:

- 1) odam-operatorga tushadigan psixofiziologik yuklamalarning bir tekis taqsimlanishi;
- 2) ishchi operatsiyalarning tabiiyligi, silliqdigi va izchilligi.

Qabul qilingan badiiy-konstruktorlik yechimini baholash. Eksploatatsiya 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 tahlik qilish bilan chambarchas bog‘lanadi: masalan, jihozlarda ranglar iqlimini yaratish va asbob-uskunalarining ranglar echimiga - 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 echimini 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 tasavvurlar 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 qismlarining 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 obyektни vizual jihatdan "yuqoriroq", gorizontal chiziqlar esa "pastroq" qilib ko'rsatishi hisobga olinadi.

3) Obyektning shakli umuman olganda boshqarish pulʼtlarining shakli bilan garmonik (uyg'un tarzda) bog'langan bo'lishi lozim.

4) Obyektning tashqi yuzasining elementlari – qopqoqlarning (lyuklar, eshiklar) oshiq-moshiqlari va tutqichlari, qo'zg'aluvchan qismlarning qopqoqlari va kojuxlari tashqi yuzaning fonidan ajralib turmasligi 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" tasavvurini uyg'otadi;

3) O'tkir ranglar og'irlik va ifloslik, ochiq ranglar – engillik tasavvurini uyg'otadi, o'tkir ranglardan faqatgina fundamentlar va eltuvchi konstruksiyalarni bo'yash uchun foydalanish lozim;

4) Buyumlarning jarohat etkazishi mumkin bo'lgan detallari va qismlari yorqin, ogohlantiruvchi ranglarga bo'yaladi; jihozlar (stollar, 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 hohlagan 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;

5) Ishchi operatsiya obyekti bilan qurshab turuvchi fonning yoritilishining keskin kontrastidan qochish lozim (mahalliy yoritish + umumiy yoritish);

6) 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.

6.3. 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 avtomatlashtirish asboblari va vositalarining ishonchliligiga alohida talablar qo'ymoqda.

O'lchash asboblari 100 — 200 gacha, markazlashtirilgan nazorat mashinalari (MNM) minglab alohida komponentlarni o'z ichiga oladi va har bir komponentga ishonchli va buzilmasdan ishlash talabi qo'yiladi. O'lchash asboblarning ishonchligiga loyihalashtirish jarayonida, ularning ishlash prinsipini oqilona tanlash, sxema va loyihalarni echishda 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 oqibatlar turli-tuman bo'lishi mumkin. Tizimning buzilishi to'satdan va asta-sekin, to'liq va qisman bo'lishi mumkin. Buzilishning boshlanishi, uning xarakteri va oqibatlar doim tasodifiy, ehtimolli xarakterga ega bo'ladi.

Buzilmasdan (tuzuk holda) ishlash ehtimoli $r(t)$ — tizim ishonchliligining asosiy tavsifsidir. Bunda $p(t)$ berilgan vaqt oralig'ida berilgan shartlar bajarilganda birorta ham buzilish ro'y bermaslik ehtimolidir:

$$p(t)=p\{T>t\}. \quad (6.2)$$

Ishonchlilikning yana bir necha muhim tavsiflarini ko'ramiz.

Buzilish ehtimoli $g(t)$ — berilgan vaqt oralig'igacha hech bo'lmasa bir marta buzilish ro'y berishi ehtimoli:

$$g(t) = p\{ T \leq t \}. \quad (6.3)$$

Ma'lumki, buzilmasdan ishlash va buzilish ehtimollari yig'indisi birga teng:

$$p(t) + g(t)=1. \quad (6.4)$$

Buzilishlar chastotasi

$$a(t) = \frac{\Delta n_x}{n\Delta t} , \quad (6.5)$$

bunda Δn_x — $(t - \Delta/2)$ dan $(t + \Delta/2)$ 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:

$$a(t) = \frac{dg(t)}{dt} = \frac{dP(t)}{dt} \quad (6.6)$$

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

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n_x}{n_x \cdot \Delta t}, \quad (6.7)$$

bunda Δn_x — $(t - \Delta/2)$ dan $(t + \Delta/2)$ gacha bo'lgan vaqt oralig'ida buzilgan buyumlar soni.

$$n_x = \frac{n_{i-1} + n_i}{2}. \quad (6.8)$$

bunda n_{i-1} , va n_i — Δt vaqt oralig'i boshida (n_{i-1}) va oxirida (n_i) uzluksiz ishlayotgan buyumlar soni.

Buzilishlar jadalligi yana quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)}. \quad (6.9)$$

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:

$$T_m \approx \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (6.10)$$

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 (6.7) formulaga buzilgan elementlar sonini qo‘yish yo‘li bilan topilishi mumkin:

$$\Delta n_x = n_i - n_{i+\Delta t} = n[p(t) - p(t + \Delta t)]; \quad (6.11)$$

$$n_x = np(t). \quad (6.12)$$

Natijada quyidagini topamiz:

$$\lambda(t) = \frac{n[p(t) - p(t + \Delta t)]}{np(t)\Delta t}. \quad (6.13)$$

yoki limitga o‘tsak

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)} = \frac{a(t)}{p(t)}. \quad (6.14)$$

Bu tenglamani 0 dan t gacha integrallab quyidagini hosil qilamiz:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -[\ln p(t) - \ln p(0)]. \quad (6.15)$$

Endi $t = 0$ da $p(0) = 1$ bo‘lgani uchun:

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln p(t)$$

$$\text{yoki} \quad p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (6.16)$$

Agar $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ bo‘lsa, (6.16) dan

$$p(t) = e^{-\lambda t} \quad (6.17)$$

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

$$n(t) = 1 - \int_0^t a(t)dt \quad (6.18)$$

formula bilan ifodalanadi.

Buzilmasdan ishlashning oʻrtacha vaqti T_m bilan buzilish jadalligi $\lambda(t)$ orasidagi munosabat

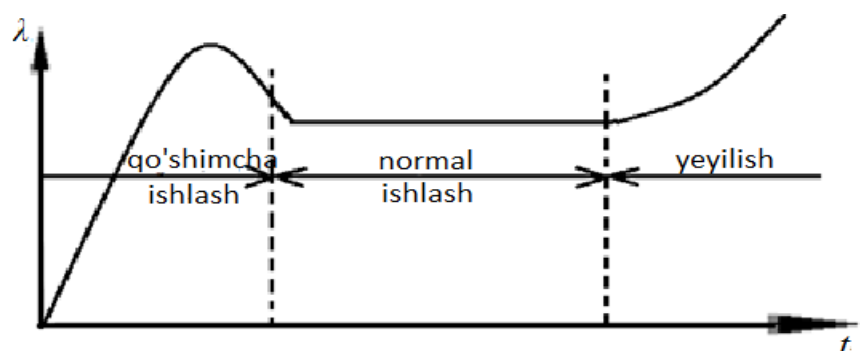
$$T_m = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (6.19)$$

formula bilan, buzilishlar chastotasi $a(t)$ bilan buzilishlar jadalligi $\lambda(t)$ orasidagi bogʻlanish

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t} = \frac{1}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}} \quad (6.20)$$

formula bilan ifodalanadi.

Biror asbob, qurilmaning buzilishlar jadalligi uning butun xizmat qilish davri mobaynida oʻzgarmas boʻlib 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 boʻlgan elementlarning ishdan chiqishi natijasida buzilishlar jadalligining keskin ortishi bilan xarakterlidir. Bu **“qoʻshimcha ishlash”** davridir. Oʻlchash asboblari uchun u asbob ishlashining taxminan birinchi oyiga (davriga) mos keladi.



6.8-rasm. Buzilishlar intensivligi bilan ish vaqti orasidagi bogʻlanish

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 tavsifini 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 tavsifini hisoblash quyidagi formulalar bo'yicha olib boriladi:

$$\frac{1}{T_{o'r}} = \frac{1}{T_{o'r1}} + \frac{1}{T_{o'r2}} + \dots + \frac{1}{T_{o'rn}} \quad (6.21)$$

bunda $T_{o'r}$ —tizim buzilishlari orasidagi o'rta vaqt; $T_{o'r1}, T_{o'r2}, \dots, T_{o'rn}$ — tizimga kiradigan alohida elementlar va asboblarning buzilishlari orasidagi o'rtacha vaqt.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n, \quad (6.22)$$

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 ishlash 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

$$p(t) = p_a(t)p_b(t)p_c(t) \quad (6.23)$$

Bunda $p_a(t)$ — halokatli buzilish ro‘y berganda buzilmasdan ishlash ehtimoli; $p_b(t)$ — parametrik buzilishda buzilmasdan ishlash ehtimoli; $p_c(t)$ — vaqt-vaqti bilan buzilishda buzilmasdan ishlash ehtimoli.

Vaqt-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 birssikli (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:

$$p_a = e^{-(\lambda + \lambda'f)T} \quad (6.24)$$

bunda λ — uzluksiz ish rejimida buzilishlar jadalligi; λ' — ulash va uzib qo'yishda o'tish jarayoni bilan aniqlashadigan buzilishlar jadalligi; f —vaqt birligidassikllar 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:

$$p_b = e^{-\lambda_{\text{эКБ}}T} \quad (6.25)$$

bunda

$$\lambda_{\text{эКБ}} = \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_b} \quad (6.26)$$

$\lambda_{\text{эКВ}}$ — qiymat ushbu shartdan topiladi:

$$p_b = p_{b_0} + \Delta p_b = p_{b_0} \left[1 + \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_{b_0}} \cdot t \right] \approx \overline{p_{b_0}} e^{-\lambda_{\text{kes}} t} \quad (6.27)$$

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.

$$p_j = p_{aj} + p_{bj} \quad (6.28)$$

Qurilma ishining ishonchliligi, umuman, unga kiradigan elementlar ishonchliliklari bilan aniqlanadi, ya‘ni

$$p(t) = p_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n p_j \quad (6.29)$$

bunda n — asosiy funksional sxemaga kiradigan elementlar soni. (6.29) munosabat quyidagi ko‘rinishda yozilishi mumkin:

$$p(t) = \prod_{i=1}^n p_{aj} \cdot \prod_{i=1}^n p_{bj} = p_{a\Sigma} \cdot p_{b\Sigma} \quad (6.30)$$

Uzoq vaqt mobaynida foydalaniladigan o‘lchash qurilmalari ishonchliligining (tizimning boshlang‘ich holatini, uning buzilmasligini va qayta tiklana olishini e‘tiborga oladigan) to‘liq tavsifsini uning normal ishlash ehtimolidan iborat yoki quyidagi formula bilan topiladigan to‘liq ishonchliligidan iborat,

$$p_{\Sigma}(t) = p_0 \cdot p(t) + (1 - p_0)V(\tau)p(t - \tau) \quad (6.31)$$

bunda p_0 — boshlang‘ich paytda tizimning tuzuk holatdaligi ehtimolining qiymati; $p(t) = e^{-\frac{t}{T_m}}$ — berilgan vaqtga kelib buzilmay ishlash ehtimoli; $(1 - r_0)$ — boshlang‘ich paytda tizimning buzuk holatdaligi ehtimoli; $V(\tau) = 1 - e^{-\frac{\tau}{T_b}} - \tau < t$ 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 tiklash vaqti T_b , odatda, buzilmasdan ishlash vaqti T_m dan kichik, ya'ni $T_b < T_m$. Demak, (6.31) formula soddalashtirilishi mumkin:

$$p_{\Sigma}(t) = \frac{T_m}{T_m + T_b} e^{-\frac{t}{T_m}} \quad (6.32)$$

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.

6.4. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

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 nimalarga 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 kurulmasining buzilmasdan ishlash ehtimolini hisoblash uchun nima qilinadi?

7. Ish joylarini yoritishga (sun'iy) qo'yiladigan asosiy talablar nimalardan iborat?

8. Badiiy-konstruktorlik echimini baholashda qanday ko'rsatkichlar qo'llaniladi?

9. Odam-operatorning asbob-uskunalar bilan bog'lanishini optimallashtirish uchun nimalarni bilish zarur bo'ladi?

10. Asbob konstruksiyasini dinamik mexanik ta'sirlardan ximoya qilish qanday amalga oshiriladi?

Amaliy mashg'ulotlar uchun topshiriqlar

1. O'lchash qurilmalarining ekspluatatsion tavsiflarini baholash.
2. O'lchash asboblarini ishonchliligini hisoblash.

Mustaqil ishlar ro'yxati

1. Eksperimentni rejalashtirish.
2. O'lchash asboblarini mexanik ta'sirlarni ximoyalash vositalari.

7-Bob. Konstruksiyalashni avtomatlashtirish asoslari

7.1. Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari haqida umumiy ma'lumotlar

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 bajariladigan 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, maxsulot sifatiga e'tibor bermay tezlashtiriladi, ko'p hollarda esa, maxsulot 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, JKIS larni loyihalash jarayonini avtomatlashtirilgan loyihalovchi tizimlarsiz yaratishni tasavvur ham qilib bo'lmaydi.

Turli stanoklarni ishlab chiqarishni avtomatlashtirish esa, ishlab chiqarish hajmiga yiligi sezilarli ta'sir ko'rsatib, loyihalovchining ishlab chiqarish faoliyatini 5-10 marotaba oshiradi.

Umuman, hozirgi yangi elektronika vositalarini ishlab chiqarishni, loyihalash jarayonlarini avtomatlashtiruvchi tizimlarsiz tasavvur etish mumkin emas.

Avtomatlashtirilgan loyixalash 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 echimlarining 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 echish 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. Vaqtni 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.

2. 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 chikishimiz kerak. Oddiy soddalashtirilgan loyihalash jarayonining umumiy modelini ko'rib chiqamiz. (7.1-rasm).

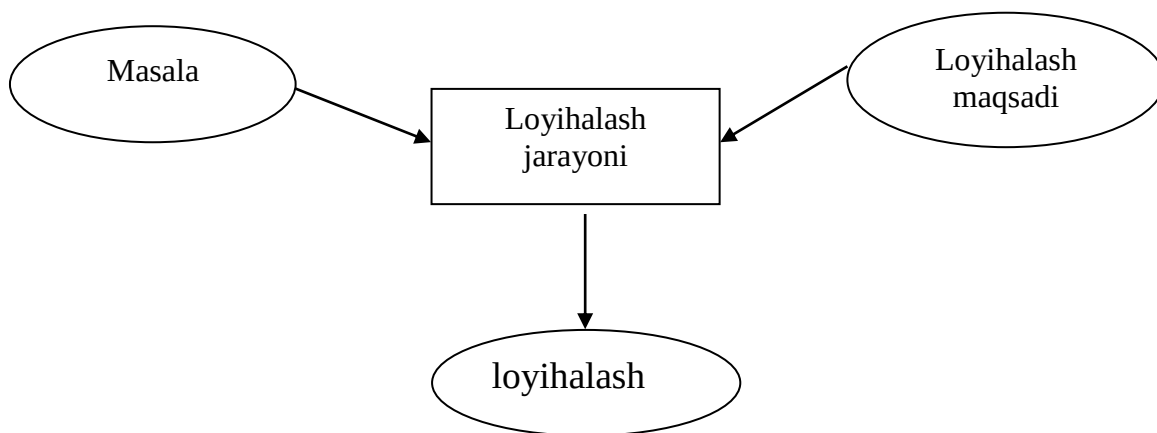
Ko'rsatilgan modelni izohlaymiz:

- 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 maxsulotning modeli bo'lib hisoblanadi.

Shunday qilib, yangi mahsulotni (obyektni) hisoblash texnikasi vositalarisiz, ya'ni loyihalash jarayonini avtomatlashtirishsiz yaratishga sezilarli vaqt va mehnat resurslari sarf qilinadi. Zamonaviy murakkab hisoblash tizimlari (super EHM, SHEHM, mikroprotsessorli xisoblash vositalari) yaratilishi bilan, ularni qo'lda

loyihalash umuman mumkin bo'lmay qoladi. Bu esa loyihalash jarayonini asosiy masalalarini ALT lar yordamida bajarish zaruriyatini keltirib chiqarmoqda.



7.1- rasm. Loyihalash jarayonini umumiy modeli

Loyihalash bosqichlarini ko'rib chiqaylik:

- 1) birlamchi ta'rifi, konsepsiyalarni shakllantirish (qarashlar, fikr yuritish usuli, asosiy fikr);
- 2) texnik hujjatlarni ishlab chiqish;
- 3) loyiha echimlarini tuzish (tizimli, mantiqiy, sxemali, texnik);
- 4) loyiha hujjatlarini tayyorlash;
- 5) tajriba namunalarini tayyorlash;
- 6) tajriba namunasini sinash;
- 7) seriyalab ishlab chiqarish;

Shu xamma boskichlarni avtomatlashtirish mumkin va zarur. Buni quyidagi bosqichlarda amalga oshirish mumkin.

1-bosqich. Yangi texnikani ishlab chiqish zarurligi.

Qo'yiladigan asosiy texnik talablar bu bosqichda aniqlanadi. Asosiy tavsiflar chegarasi aniqlanadi (tezkorlik, aniqlik va boshqalar). Ilmiy texnik tadqiqot (ITT) hujjatlarini qaytadan ko'rib chiqish zarur (maqolalar, hisobotlar va hujjatlar). ITT va mutaxassis tajribasi asosida yangi mahsulot konsepsiyasi vujudga keladi. Uni yaratish usulini tanlashdagi prinsipial aniqlik bilan 1- bosqichni tugallanishi texnik

talabni tuzish bilan yakunlanadi. Bunda hamma prinsipial echim yo'llari va usullari ko'rsatilishi lozim.

2-bosqich. Yangi qurilma yaratishni asosiy yo'llari butun tavsilotlari bilan ishlab chiqish. Buni quyidagicha amalga oshirish mumkin:

-bu erda mavjud tizimlar haqida katta informatsion material qayta ishlanadi. Buning natijasida o'xshash va prototip tizimlar topiladi. Standart sxema va bloklar ishlatish mumkinligi aniqlanadi; patent va ilmiy texnik adabiyotlarni qidirish va qayta ishlash kabi ishlar bajariladi;

-taklif qilingan echimni nazariy va amaliy asoslab berish. Tanlangan yo'nalish va loyihalash yo'liga qarab, berilgan talablarni qondiradigan konstruksiyani topish mumkinligini isbotlash.

Bu bosqich natijasida loyihalashga texnik topshiriq beriladi. Unda loyihani alohida qismlarini konkret bajaruvchilari va ular oldiga qo'yilgan savollar echimi ko'rsatiladi.

3-bosqich. Loyiha echimlarini ishlab chiqish- bu jarayon loyihalashni asosidir. U loyihalashni hamma element va tizimlarini ishlab chiqishni o'z ichiga oladi. Bunda eng yaxshi sxemali echimlar, konstruktiv va mantiqiy echimlar qidiriladi. Bu echimlar TT da ko'rsatilgan mavjud texnologik chegaralarni hisobga oladigan va kam xarajatli bo'lishni ta'minlaydi. Murakkab loyihalarda bu bosqich bir necha bosqichlarga bo'linadi. Masalan: agar hisoblash tizimi bo'lsa, uni loyihalash bosqichlari quyidagicha bo'ladi:

- 1) fizik, sxematexnik;
- 2) mantiqiy;
- 3) konstruktorlik;
- 4) texnologik.

Bu bosqichning natijasi: eskizlar, rasmlar, prinsipial sxemalar, montaj va elektr sxemalar-ya'ni yordamchi texnik hujjatlar.

4-bosqich. Texnik hujjatlar- loyihalovchining o'ziga xos, ijodiy bo'lmagan mexnati. Bu erda vaqt bo'yicha ishlar ko'p, masalan: chizmalar 70% vaqtni oladi.

Tajriba namunasini tayyorlash uchun zarur bo'lgan chizma va konstruktorlik hujjatlarini tayyorlash –bosqich natijasidir.

5-bosqich. Tajriba namunasini tayyorlash. Bu bosqich 2 bo'limdan iborat:

-tajriba namunasini kompleks tadqiqot qilish va tadqiqot programmasini tuzish;

-loyiha hujjatlari va chizmalariga zarur o'zgartirishlar kiritish.

Bu bosqichlarni avtomatlashtirishni ko'rib chiqamiiz:

1-bosqich eng ijodiy bosqich, chunki vaqtning 90% i bu-qidiruv va qayta ishlashga ketadi. Bu savolni sun'iy intellektni jalb qilgan holda echish mumkin, chunki echim to'satdan ilmiy-texnik tadqiqotning boshqa sohalarida uchrab qolishi mumkin, ya'ni uni klassifikatsiyalash, turli prinsip va turli satrlar bo'yicha qidiruv olib borish kerak.

EHM-loyihalovchining intellekti(aql)ni kuchaytiruvchi sifatida, u bilan birgalikda yangilik-xisobga olinmagan soxa va tendensiyalarni e'tiborga olib qidiruvni olib borish uchun kerak. Shunday dasturlar yaratish mumkinki, ular yordamida loyihalash bosqichidagi turli variantlarni ehtimollik kriteriyasi bo'yicha baholash mumkin bo'lsin. Lekin bu hozir yaratish bosqichida. Hozirda real foydani faqat informatsion-mantiqiy tizim va qidiruv tizimi beradi.

2-bosqich. Bu bosqichda xam informatsion qidiruv tizimi (IQT) foydalidir. Yana EXM ni optimallashtirish va tekshirish masalalarida qo'llash foydali.

3-bosqich 90% gacha EHM avtomatik loyihalashda qo'llaniladi. Agar ilgari e'tibor IQT ga qaratilgan bo'lsa, bu erda esa elementlar 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 echimiga bog'liq xisob-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.

7.2 Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari

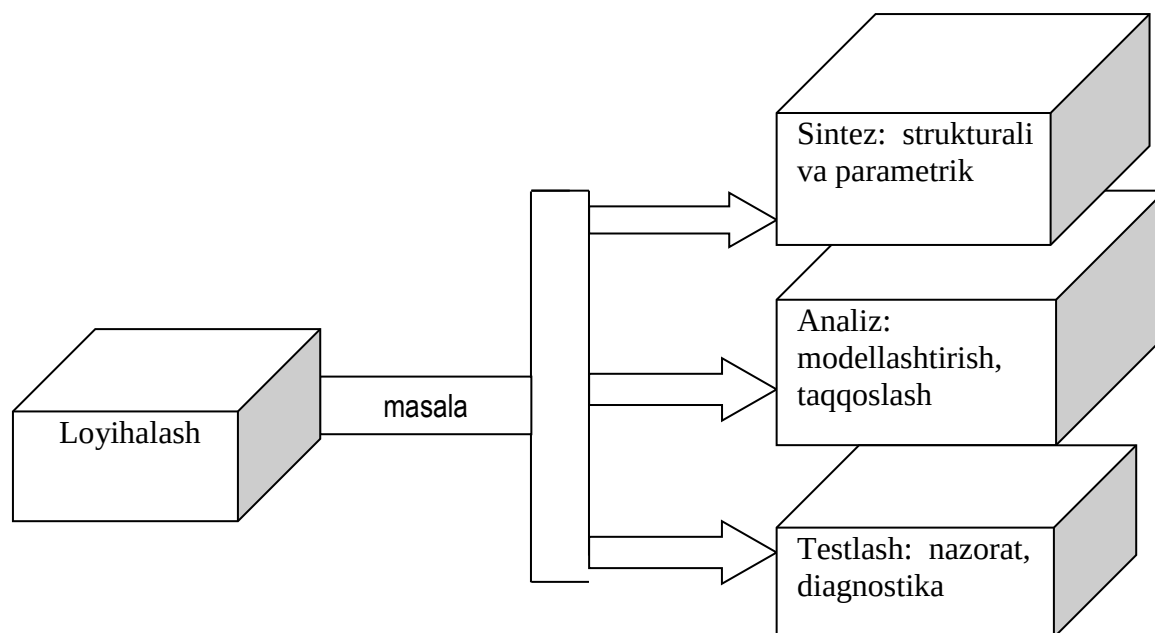
Loyihalashni turli bosqichlarida echiladigan masalalarni uchta guruhga bo‘lish mumkin: sintez, analiz, testlash (tekshirish) (7.2-rasm).

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 xisoblanadi.

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 echishni taqozo qiladi. Loyihalashni avtomatlashtirish qo‘yidagi 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 loyixalash tashkilotlari bilan o‘zaro munosabatni ko‘rsatuvchi va avtomatlashtirilgan loyihalashni bajaruvchi, loyihalashni avtomatlashtirish vositalari kompleksidan tashkil topgan, tashkiliy, texnik tizimlar ko‘rinishida aniqlanadi.



7.2- rasm. Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari

Loyihalashni avtomatlashtirishni tashkil qilish. Har bir ALT loyihalash obyektini va loyihalash masalasini izohlovchi vositaga ega. 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 dasturlarni ketma-ket bajarilishi, loyihalash yoʻnalishini bajarilishini koʻrsatadi. Olingan natijalar dastlab ichki kiritish tillarida tasvirlanib, soʻngra loyihalovchi tushunarli 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 ma'lumotlarni qayta ishlash, ALT MT lari takibidagi uslub va vositalarni ishlatuvchi algoritm bo'yicha bajariladi.

Hozirgi vaqtga kelib, hisoblash texnikasi maxsulotlarini 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 bo'lib, bu tizim keyinchalik PRAM tizimini yaratish uchun asos qilib olindi. ALT lar radioelektron apparaturalarini loyihalashdagi katta – katta masalalar echiladi, 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.

7.3. Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarining matematik 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'laniladigan matematik modellar, algoritm va metodlar kiradi. Jumladan, umumiy matematik ta'minot ko'p variantli anazil 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 obyekti 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 kancha belgilarga ko‘ra sinflarga bo‘linadi. Obyektning xususiyatlarini tasvirlashga qarab modellar funksional, texnologik va strukturali modellarga bo‘linadi.

Funksional model obyektning ishlash jarayoni bilan bog‘liq xususiyatlarini tasvirlaydi, texnologik model esa, obyektни tayyorlash bilan bog‘liq xususiyatlarni tasvirlaydi, strukturali modellar 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 xususiyatlarini 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. (7.1-jadval). Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, modellarning ko‘pchiligi tenglamalar sistemalari orqali tasvirlanadi. ALT larda bu tenglamalar sonli metodlar orqali echiladi. Bunday modellar algoritmik modellar deyiladi. Ko‘pincha alohida elementlar va murakkab bo‘lmagan obyektlarga mos keluvchi tenglamalar sistemasini umumiy xollarda echish va chiquvchi, ichki va tashqi parametrlarning o‘zaro bog‘liqligini analitik ko‘rinishda ko‘rsatish mumkin. Bunday natijalar analitik modellar deb ataladi. Algoritmik modellarning xususiy hollarda immitatsion modellar deb atash mumkin. Immitatsion model bu obyektning ishlash jarayonini imitatsiya qiluvchi algoritm hisoblanadi, ya’ni fazoviy o‘zgaruvchilarni vaqt bo‘yicha bog‘liqligini, obyekt kirishlariga bo‘lgan turli ta’sirlarni hisoblovchi algoritm hisoblanadi.

Loyihalashning har bir ierarxik darajasida loyihalash obyekti va uning elementlarining modellari mavjud bo‘ladi. Obyektни shu ierarxik darajada izohlash darajasiga qarab modellar to‘la modellarga va makromodellarga 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.

7.1- Jadval

Loyihalash aspekti yoki darajasi	Loyihalash obyekti	Matematik modellar
Tizimli	Hisoblash tizimlari.	Ommaviy xizmat ko'rsatish tizimli imitatsion modeli
Funksional mantiqiy	Raqamli apparatlar qurilmasi va bloki.	Mantiqiy tenglamalar tizimi
Sxemotexnika	Analogli apparatlar qurilmasi va bloki	Oddiy differensial tenglamalar tizimi
Komponentli	Radioelektron sxema.	Oddiy differensial tenglamalar tizimi
	Integral MS elementlari, ularni ishlash va tayyorlanish jarayonida IMS kristallari.	Matematik-fizik tenglamalar uchun chekli masalalar.
Konstruktorlik (issiqlik va mexanik jarayonlarni analiz qilish)	Konstruksiyalash	Matematik-fizik tenglamalar uchun chekli masalalar.
Konstruktorlik (komutatsiyali, montajli masalalar)	IS, TEZ kristallari.	Algebraik oddiy differensial tenglamalar tizimi
Texnologik	Texnologik jarayonlar	Graflar, regression tenglamalar.

Modelni tasvirlash uchun ishlatiladigan matematik apparat xarakteriga bog'liq xolda ham matematik modellar bir qancha sinflarga bo'linadi. Masalan, tenglamalar tizimining chiziqli va chiziqli emasligiga qarab modellar chiziqli va chiziqli emas bo'lishi mumkin. Modellarda uchraydigan o'zgaruvchilar xarakteriga qarab uzluksiz va diskret modellar mavjud. Diskret modellarning hususiy xollari bo'lib, buleva (ikkilikli), uchlikli, beshlikli modellar xisoblanadi. Modelda obyekt parametrlarining ehtimollik xarakterining tasvirlanishiga qarab modellar statik va determinirlashgan modellarga bo'linadi.

Graf ko'rinishidagi modellarni topologik modellar, jadval va matritsa ko'rinishidagi modellarni esa jadvalli modellar deyiladi.

Blokli – ierarxik loyihalash va matematik modellar. Loyihalash obyekti blokli – ierarxik tasvirlashda ham ularni matematik tasvirlashdan foydalaniladi, ya'ni har bir ierarxik darajada loyihalash obyekti o'z matematik modeliga ega bo'ladi.

Obyekt modelining murakkabligini, har bir ierarxik darajada kamaytirishga intilish, loyihalash obyekti haqidagi tasavurlarini bir qancha darajaga bo'lishni taqazo etadi. Lekin bu holda turli darajalarda olingan natijalarni o'zaro keltirishi masalasi murakkablashib ketadi. Konkret obyektning loyihalashda, foydalaniladigan ierarxik darajalar soni ALT larni tashkil qilishda qabul qilingan an'analarga, foydalaniladigan matematik va dasturli ta'minot imkoniyatlariga bog'liq.

Ko'pgina texnik maxsulotlarni loyihalashda, makrodaraja (V daraja), mikrodaraja (B daraja), metadaraja (A daraja) ierarxik darajalarida modellashtirish amalga oshiriladi.

Mikrodaraja modellashtirishda, fazoviy o'zgaruvchilar, fazoviy koordinatalar va vaqtga tegishli bir qancha mustaqil o'zgaruvchilar funksiyasi kabi bo'lib, bunday xolda fazo ham vaqt ham uzluksiz deb ko'riladi. Bu darajadagi matematik modellar, uch o'lchovli muhitda yuz beradigan jarayonlarni tasvirlashi kerak. Mikrodaraja elementlari bo'lib katta hajmdagi, strukturalarning uchastkalari xisoblanadi, masalan, integral sxemaning rezistiv soxasining burchakli uchastkasi bo'lishi mumkin. Ichki parametrlari bo'lib esa, rezistorning qarshiligi hisoblanadi.

Bu darajada obyektlarning tipli matematik modellari bo'lib xususiy darajali differensial tenglamalar hisoblanadi. Ta'sir etish xarakteriga va fazoviy taqsimlangan fazoviy o'zgaruvchilarga qarab, bunday modellarni taqsimlangan modellar deb ataladi. Xususiy darajali differensial tenglamalarni echish murakkab jarayon xisoblanadi. Taqsimlangan modellardan, kam sonli uchastkali obyektlar uchun foydalaniladi, uchastkalar soni va fazoviy sohalarning oshirib borishi, masalaning murakkablashib ketishi, keyingi ierarxik darajaga – mikrodarajaga 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 bo'lib, mikrodarajada tizim deb qaralgan obyektlar (radioelektron sxemalar rezistorlari, tranzistorlari kabilar) bo'lishi mumkin. Bu elementlar parametrlari, mikrodarajada chiqish parametrlari hisoblangan bo'lsa, bu erda ichki parametr hisoblanadi.

Makrodarajada chiqish parametrlari bo'lib, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti, optik qurilmaning ruxsat etilgan xususiyati, dvigatel og'irlik kuchi va boshqalar hisoblanadi. Ommaviy fazoviy o'zgaruvchilar bo'lib, elektrik tizimlaridagi tok va kuchlanish hisoblanadi.

Makrodarajada matematik modellar bo'lib, oddiy differensial tenglamalar hisoblanadi. Xususiyl hollarda statik masalalar algebraik tenglamalarga aylantiriladi. Lekin elementlar sonini ko'payishi bilan tenglamalar tizimi darajalari oshib ketishi, makrodarajadagi matematik modellar asosida masalalarni echishni 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 xolatlarini 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 buyurtmalariga xizmat ko'rsatish extimolligi, 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 loyixalash obyektlarini loyixalashda foydalanish imkoniyati borligi tushiniladi. Masalan: MBQ larini sintez qilishda foydalaniladigan metod va modellar,

berilgan baza elementlarini oldindan ko'rsatilgan cheklanishlar asosida, hohlagan 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 xoldagina bu ta'minot algoritmik puxta deyiladi. Algoritmik puxtalik asosan olingan natija qanchalik to'g'riligi ehtimollikiga 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 hatoliklar juda kattalashib ketishi mumkin.

Ko'pgina matematik ta'minot komponentlari uchun aniqlik muhim hossalardan biri hisoblanadi. Aniqlik – bu olgan 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 vaqtni 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 iqtisodlashtirilganligi ko'rsatadi va tuzilgan dastur uzunligi bilan harakterlanadi. Hozirgi davrdagi operativ xotira hajmini sezilarli darajada katta bo'lishligiga qaramay, uni tejash aktual masala bo'lib qolmoqda. EHM larning mul'tidasturli 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 echish uchun tashqi xotiralardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu esa operativ va tashqi xotiralarning o'zaro ma'lumotlarni almashlashlari 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 engilliklar qabul qilish bilan olib boriladi. Hosil qilinayotgan modellar asosini, echimi fazoviy o'zgaruvchilarning o'zaro bog'liqligi hisoblangan tenglamalar tizimi tashkil qiladi. Bu modellar algoritmik modellar hisoblanib, ular

o'zgaruvchilarning nisbatan keng diapazonlarda o'zgarishida ham to'g'ri hisoblanadi.

Eksperimental metodlar obyekt modelini uning parametrlarining 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 xisoblanadi. Ko'pincha bu metodlarni foydalanish natijasi bo'lib, xususiy xarakterga ega bo'lgan faktorli modellar hisoblanadi.

Element modellarni hosil qilishda formal bo'lmagan metodlardan foydalanish, ko'pgina loyihalash protseduralarining avtomatlashtirish darajasi 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 loyihalaniyalayotgan 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 unifikatsirlashtirilgan element tiplari modellari elementlar modellari kutubxonasiga kiritib qo'yiladi. ALT lardan foydalanishda har doim echish 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'lagigicha 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 birini 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 aytganimizda, elementning holatini o'zgarishida yuklanish, manba elementiga ta'sirlarni to'g'ri tarqatuvchi, bog'lovchi shoxlar orqali uzatilmaydi. Bu qarash hisoblash qurilmalarini mantiqiy sxemalarini hosil qilishda, avtomatik boshqarish tizimini modellashtirishda va turli ommaviy xizmat ko'rsatuvchi tizimlarda, ya'ni metadarajada matematik modellar tashkil qilishda keng tarqalgan.

Ikkinchi qarshi 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 modellarni 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 masalalarini 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 soxasiga qarashli soddalashtirilgan tasavvurlarni 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 echiladi, 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-punktlar 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, ulardan ishlatiladigan

elementlar sonini ko'payib ketishi natijasidagi model o'lchamining kattalashib ketishi, ALT larda ishlatiladigan modellarning o'lchamlariga bo'lgan chegaralanishlar, EHM lar tezkorligi va operativ hotirasiga 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.

2. 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 $R=1-S$.

3. 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'lmasligini paydo bo'lish ehtimolligi oshib ketadi. Radioelektron sxemalarni analiz qilish masalalarida yomon moslashuvchan modellar ko'plab uchrab turadi. Shuning uchun RES larni analiz qilish uchun, keyingi qadamlarda yoki iteratsiyalarda xatoliklarni ko'paytirib yubormaydigan, hisoblash jarayonlarini 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 7.2- jadvalda keltirilgan:

Sinflarga bo'lish	Metodlar guruxi	Guruxlar xususiyati
Foydalanish x bo'yicha $F(x)$ maqsadli funktsiya 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 chiziqsiz 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 atrofini topish jarayonida tizim tomonida matematik modelga qilinadigan murojaatlar soni:

- algoritmik puxtalik – berilgan masala uchun ekstremal nuqta atrofini topishga ketadigan chegaralangan izlash vaqt ehtimolligi;

- aniqlik – $E - X^*$ vektorlarning gurux masalalari uchun o'rtacha mezon, bu erda E – ekstremal nuqta, X^* - izlanish traektoriyasining oxirgi nuqtasi.

Quyidagi optimallashtirish metodlari mavjud: chiziqsiz 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 strukturasini izohlashda graflar nazariyasi matematik apparatidan keng foydalaniladi. Bu apparatlar to'plamlar nazariyasi va matematikaga asoslanadi. Graflar nazariyasidan foydalanish REA larni sxemali va konstruktiv xususiyatlarini ko'rinarli qilib

izohlash imkoniyatini beradi, undan tashqari turli algoritmlarni EHM lar ishlatishda axborotlarni o'zgartirishga qulay hisoblanadi.

7.4 ALT larni texnik ta'minoti

ALT larni 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 larni instrumental bazasi hisoblanib, matematik, lingvistik axborotli va boshqa baza ta'minotlari ishlaydigan muhitni tashkil qiladi.

ALT TT larida quyidagi masalalar yechiladi: loyihalash obyekti izohni kiritish (boshlang'ich ma'lumotlar); kiritilayotgan axborotni, nazorat qilish va redaktorlash maqsadida display ekranida tasvirlash; axborotni o'zgartirish (translyasiyasi, kodlashtirish); ma'lumotlarni tasvirlash; arifmetik va mantiqiy hisoblashda ma'lumotlar formasini o'zgartirish; axborotlarni saqlash; avtomatlashtirilgan loyihalash masalalarini echish, orqali va yakuniy natijalarni tasvirlash; loyihalovchining ishlash jarayonida tizim bilan operativ muloqat 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 ishlovchi, 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 echimi arxivi, ALT lar loyihalari echimlari ma'lumotlarini ko'paytirish, nazorat qilish, tiklash 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 foydalanadilar, ular bir – birlaridan ancha uzoq masofalarda joylashgan bo'lishlari mumkin. SHuning uchun ALT larning texnik ta'minoti ko'p darajali ierarxik strukturali qilib yaratiladi. Birinchi darajani markaziy hisoblash kompleksi (MXK) tashkil etadi. U loyihalashdagi murakkab masalalarni echishga 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 echishga mo'ljallangan bo'lib, texnik vositalar komplekslari bilan ALT foydalanuvchilari muloqotini tashkil qilishni ta'minlaydi.

AIJ lari o'z tarkibida mini yoki makro EHM bo'ladilar. ALT texnik ta'minotining uchunchi darajasi tashqi qurilmalar komplekslarini tashkil qiladi. Tashqi qurilmalar yordamida konstruktorlik – texnologik hujjatlar tayyorlanadi, texnologik avtomatlar uchun boshqaruvchi dasturlar yaratiladi. Uchunchi darajali texnik vositalar yordamida redaktorlash, ko'paytirish kabi masalalar echiladi, 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 hohlagan 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. (7.3-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'minotini rivojlanishidagi istiqbolli yo'llardan biri intellektual AP lari yaratish va texnik vositalarni tarmoqlarga birlashtirish hisoblanadi.

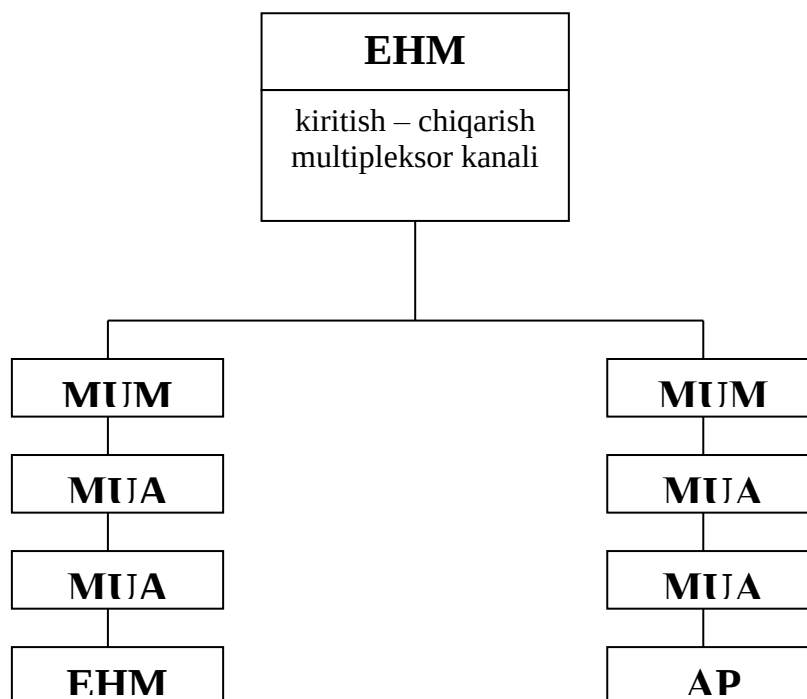
Hisoblash tarmoqlari deganda bir birlaridan bir necha yuz km dan bir necha ming km uzoq masofalarda joylashgan, bir qancha mustaqil hisoblash tizimlarini bitta tizimga birlashtirish tushiniladi.

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.

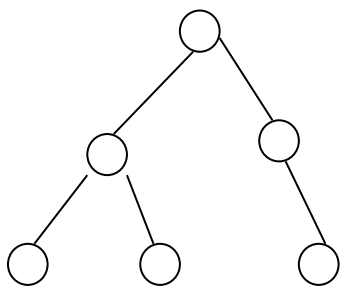
Bog'lanishlarga qarab hisoblash tarmoqlari beshta turga bo'linadi (7.4-rasm)

1. Ierarxik struktura;
2. Radial tarmoq;
3. Aylanma tarmoq;

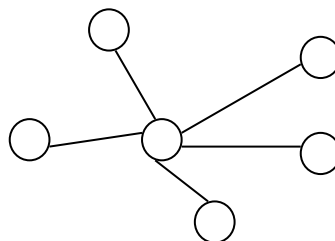
4. Radial – aylanma tarmoq;
5. Magistral tarmoq.



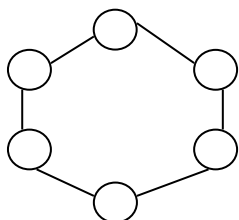
7.3- rasm. Teleobrabotka tizimi sxemasi



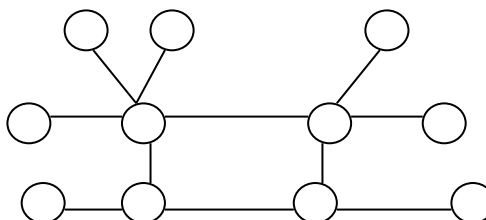
1. Iyerarxik struktura.



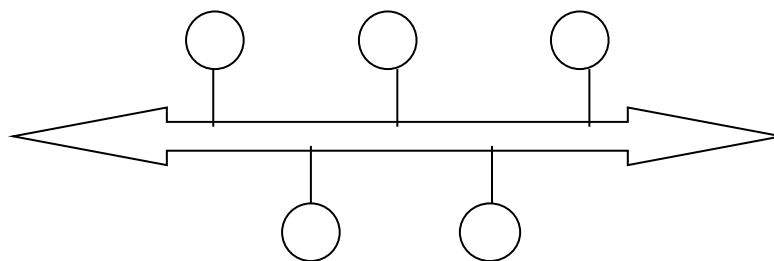
2. Radial tarmoq.



3. Aylanma tarmoq.



4. Radial – aylanma tarmoq.



6. Magistral tarmoq.

7.4-rasm. Bog‘lanishlarga qarab hisoblash tarmoqlari

Mashina grafikasi qurilmalari. Mashina grafikasi qurilmalari, (MGQ) passiv va aktiv qurilmalarga bo‘linadi.

Passiv qurilmalarda faqat axborotlarni kiritish mumkin bo‘lsa, aktiv qurilmalarda esa, axborotlarni kiritish-chiqarish imkoniyatlari mavjud.

Registratsiya qilish metodiga qarab, MGQ lar nuqtali vektorli qurilmalarga bo‘linadi. Nuqtali qurilmalarda tasvirlar nuqtalardan, vektorli qurilmalarda esa, primitivlardan tashkil qilinadi. MGQ lar asosini grafik axborotlarni chizuvchi avtomatlar (ChA) va kodlashtiruvchilar tashkil qiladi. Ishlashiga qarab ChA lar elektromexanik, elektronli, optik-mexanikli va qatorli-registrilarga bo‘linadi.

Ko‘p tarqalgan elektromexanik ChA ni ko‘rib chiqamiz. Ular aniqligi va tezkorligiga qarab, koordinatograflarga va graf quruvchilarga bo‘linadi.

Koordinatograflar, graf quruvchilarga nisbatan kam tezlik bilan, lekin yuqori aniqlik bilan ishlaydi. Ishlash tezligi sekundiga bir qancha millimetрни tashkil qilishi mumkin, xatolik esa, 0,05 mm dan oshmaydi. Koordinatograflar rasmlarni kiritishda kesish, ishlov berish, nuqtalarni igna bilan teshish usullaridan foydalaniladi. Tasvirlarni tashib yuruvchilar sifatida fotoplastinalar, fotoplenkalar, lak qatlamli plastinalar yoki emal qatlamli plastinalardan foydalaniladi. Koordinatograflardan fotoshablonlar va bosma platalar tayyorlashda ishlatiladi.

Graf quruvchilar (plotterlar), yuqori tezlik bilan ishlaydi (sekuniga 1 Mbaytgacha), lekin aniqligi kam (0,02 mm dan ko‘p emas). Registratsiya qiladigan qalamlardan foydalaniladi. Turli qalinlikdagi chiziqlarni chizish uchun oltitagacha

pero ishlatiladi. CHizmalarni planshetga maxkamlangan qog‘ozga chiziladi. Bundan tashqari planshetli va barabanli graf quruvchilar mavjud.

Grafikli axborotlarni kiritish qurilmasidan (GAKQ) xam foydalaniladi. Kiritilayotgan axborot oldin o‘qiladi, so‘ngra kodlashtiriladi. SHuning uchun GAKQ ni kodlashtiruvchi deb ataladi.

7.5. ALT ning axboroti ta‘minoti

Axborot ta‘minotining asosiy vazifalari. ALT larni axborot ta‘minoti loyihalash jarayonida kerakli bo‘lgan axborotlar fondi va uni boshqarish vositalari to‘plamidan iborat. ALT ning barcha komponentlarida qo‘llaniladigan ma‘lumotlar to‘plami ALT ning axborotlar fondi deyiladi. Axborotlar fondi o‘z tarkibiga loyihalashni avtomatlashtirish uchun kerakli axborotlarni, chop etilgan hujjatlar, chizmalar ko‘rinishidagi ma‘lumotlarni kiritadi. SHu jumladan axborotlar fondiga, komplektlashtiruvchi detallar, qismlar, materiallar texnologik jihozlar va qurilmalar, tipli loyiha echimlari, loyihalanilayotgan obyektidagi kechadigan holatlar tipli loyiha protsedurasi izohlari haqidagi ma‘lumotlar kiradi. Axborotlar fondini boshqarish tizimi axborotlarni saqlash, ularga murojat qilinishi tashkil qilishni bajaradi. Axborotlar fondining ko‘pgina qismini kollektiv foydalanuvchilari tomonidan, loyihalash yo‘nalishini bajaruvchi turli amaliy dasturlarda ko‘p marotaba foydalaniladigan ma‘lumotlar tashkil qiladi.

ALT lar axborotli ta‘minotining asosiy vazifasi quyidagilardan iborat: kirishdagi axborotlarni talab qilingan chiqarish axborotlariga o‘zgartirish, massivlarni saqlash, izlash va ma‘lumotlar berish uchun qulay ko‘rinishiga keltirish. ALT lar axborotli ta‘minoti bajaradigan funksiyalariga esa, foydalanuvchilar yoki amaliy dasturlar tomonidan kiritiladigan ma‘lumotlarni to‘plash va ularni saqlash, axborotli ma‘lumotlar tizimi sifatida avtonom rejimda ishlash, foydalanuvchiga axborot berish va amaliy dasturlar o‘rtasida axborotlar uzatishdan iborat.

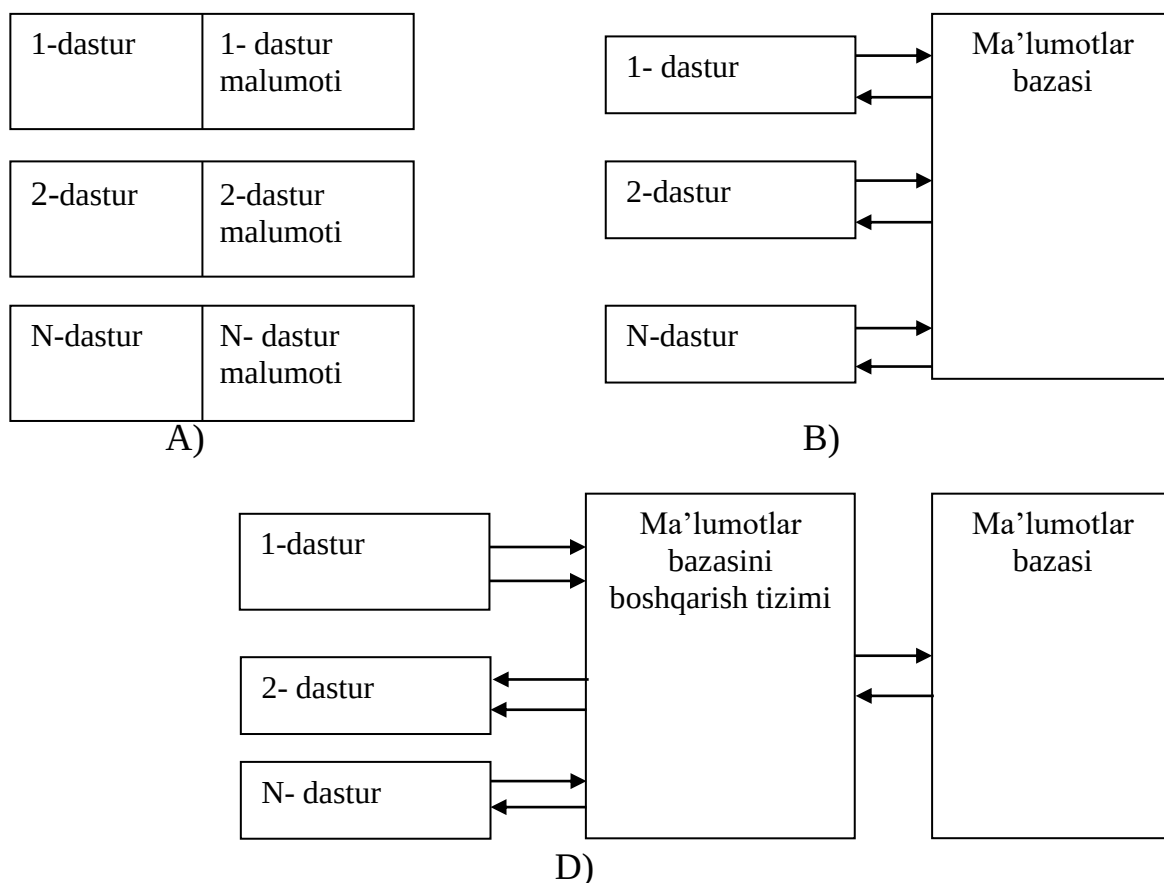
ALT lar axborotli ta'minotni yaratishda asosiy hal qilinadigan vazifa dasturlarni bajarilishi uchun ma'lumotlarni almashuvi ishlashini tashkil qilish hisoblanadi. Oddiy dasturlovchining o'z malakalaridan ma'lumki, dastur yozishda axborotlarni kiritish va chiqarish murakkabroq masala hisoblanadi. Bu masala ayniqsa ALT lar dasturli ta'minotini yaratishda yanada murakkablashadi, chunki bunday ta'minot tarkibidagi o'zaro axborot almashlovchi dastur komplekslari mavjud bo'ladi. Haqiqatdan ham alohida dasturlarni yaratishda, ma'lumotlar asosiy atributlar hisoblanadi. (7.5A-rasm).

Dasturlovchi ma'lumotlarni kirishda va chiqarishdagi dasturlarda qanday tasvirlashni aniqlashi va ularni EHM xotirasiga joylashtirish usullarini ko'rib chiqishi, bundan tashqari dastur modullararo axborot almashlash operatsiyalarni tashkil qilishni bilish kerak. Ma'lumotlar almashlash operatsiyasi dasturlash tillari operatorlari orqali berilib, operatsion tizim maxsus dasturlari boshqaruvida bajariladi. ALT lar DT ni yaratishda alohida dasturlarni komplekslarga birlashtirishda, turli dasturlarning bir qism ma'lumotlari bir-birini takrorlab kelishi mumkin. 7.5A-rasmda bunday ma'lumotlar shtrix soha qilib ko'rsatilgan. Bundan tashqari ba'zi bir ma'lumot almashuvida qo'lda mutaxassis tomonidan bajarish mumkin. Bunday ishlarni bajarish usullarining asosiysi bo'lib, kompleksdagi barcha dasturlar uchun boshqa ma'lumotlar bazasini tashkil qilish hisoblanadi. (7.5B-rasm). Har bir dastur ma'lumotlar bazasining o'ziga kerakli qismi ishlaydi, natijada ma'lumotlarni takrorlanishiga chek qo'yiladi va dasturlar o'rtasida axborot almashlash osonlashadi. Lekin bu ma'lumotlarni sanksionlashtirilmagan murojaatdan va ma'lumotlarni buzilishidan himoyalash muammosi kelib chiqadi, ma'lumotlarni almashuvini rejalashtirishga bo'lgan talab kuchayadi. SHuning uchun ALT larda ma'lumotlarni bunday tashkil etish, dasturlovchilar mehnatini yanada murakkablashtiradi.

ALT lar axborotli ta'minotni mukammallashtirishdagi yana bir qadam uning tarkibiga dasturlar va ma'lumotlar bazasi o'rtasida ma'lumotlar almashuvini tashkil qiluvchi maxsus dastur vositasini kiritib, ma'lumotlar bazasini boshqaruvchi tizim tashkil qilish hisoblanadi. (7.5D-rasm). MBBT dasturlovchini

ma'lumotlarini EHM xotirasiga joylashtirishni rejalashtirish va ularni himoyalash vazifalarini bajarishdan ozod qiladi. Ma'lumot almashuvini tashkil qilish uchun maxsus tilda ma'lumotlarni izlashga so'rovlar yaratish kifoya qiladi.

ALT larda ma'lumotlar bazasi. Avtomatlashtirilgan loyihalash protsedurasini bajarish uchun qayta ishlashga mo'ljallangan dastlabki ma'lumotlar to'plamidan tashkil topgan axborotli ta'minot talab qilinadi. Bunday dastlabki ma'lumotlar ALT larni tashqi muhit bilan bog'lanishini, loyihalashni turli daraja va bosqichlari o'rtasidagi bog'liqlikni xarakterlaydi. Ma'lumotlar ALT larga tashqaridan berilishi, yoki olingan bosqichlarda bajarilgan operatsiyalar natijalari bo'lishi mumkin.



7.5-rasm. Ma'lumotlar almashuvini tashkil qilish usullari

Dastlabki ma'lumotlarga quyidagilarni kiritish mumkin:

- ishlatiladigan materiallar, qurilmalar, texnologik rejimlar xarakteridagi normativ ma'lumotlar;
- standart va tipli loyiha echimi operatsiyalari kutubxonasi;
- texnik-iqtisodiy axborotlarni kodlashtiruvchi va sinflowchi tizimlar;
- konstruktorlik, texnologik va dasturlar hujjatlari komplektlari;
- algortmlar fondi, tizimli dasturli komplekslar va amaliy dastur kutubxonasi;
- maxsulot loyihalari arxivlari;
- kutubxonadagi ilmiy-texnik ma'lumotlar.

Bu axborotlar ALT lar qism tizimlari tabiiy tillarida, dasturlash tillarida, kiritish va chiqarish tillarida yoki qanday ichki tillarda tasvirlanib ALT lar axborotli ta'minotni tashkil qiladi.

ALT axborotli ta'minotning asosini ma'lumotlar banki (MBN) tashkil qiladi, ma'lumotlar banki o'z navbatida ma'lumotlar bazasi (MB) va ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimi (MBBT) dan tashkil topadi. ALT larni MB, quyidagi talablarni qanoatlashtirishi kerak:

1) bazadan ko'p marotaba kollektiv bo'lib foydalana olish, ya'ni ma'lumotlar bazasiga, ko'plab foydalanuvchilar uchun loyihalash yo'nalishini bajarishga kerakli bo'lgan ma'lumotlar kiritilishi kerak;

2) ma'lumotlar shu ma'lumotlar bankida ko'rilgan va qo'llab quvvatlanadigan biror-bir formada tasvirlangan bo'lishi kerak. MBBT-bu MB ni ishlash uchun mo'ljalanga dastur vositalari bo'lib, ulardan ma'lumotlarni olish, to'plash, to'ldirish va to'g'rilash uchun foydalaniladi.

MBN umumiy maqsadli va maxsuslashtirilgan MBN ga bo'linadi. Umumiy maqsadli MBN turli avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarida (ABT) va katta-katta axborotli tizimlarda ishlatilishiga mo'ljallagandir. Bunday MBN tashkil qilish umumiy maqsadli MBBT tashkil qilishni taqozo etadi. Umumiy maqsadli MBBT ma'lumotlarni boshqarishda katta imkoniyatlarga ega.

Maxsus MBN, maxsus loyihalash ishlarini bajarish jarayonidan tashkil qilinadi, ular kamroq universal bo'lib, ma'lumotlarni izlab topishga kam vaqt

ketishi bilan xarakterlanadi, ularda ma'lumotlarni tiklash, protsedurasi soddaroq bo'lib, operativ xotirada (OX) MBBT dasturini joylashtirishga sezilarli kam joy sarf bo'ladi.

ALT MB da saqlanadigan ma'lumotlarni 2 ta katta guruxga bo'lishimiz mumkin.

1) doimiy o'zgarib turuvchi ma'lumotlardan iborat bo'lgan arxiv ma'lumotlari, ya'ni detal va qurilmalarning tipli loyiha va texnologik jarayonlarning, materiallarning parametrlari, tiplari to'g'risidagi berilganlar, GOST normalari bilan belgilanadigan qoida va cheklanishlar, fizik o'zgarmaslar, tipli grafik tasvirlar va boshqalardan iborat bo'lgan arxiv ma'lumotlari;

2) konkret obyektning loyihalashdagi oldingi bosqichdagi olingan keyingi bosqich uchun kerakli bo'lgan natijalarni jamlovchi ishchi massiv (IM). Masalan: bu massivga konstruktorlik hujjatlari va texnik izoxlarni tasvirlovchi kerakli tilda ifodalangan kod massivlarini (KM) kiritishimiz mumkin.

MB ni bu qismini loyiha haqidagi ma'lumot deyish mumkin. IM ni afzalligi, arxivdagiga nisbatan ma'lumotlarni tez-tez tiklab turish hisoblanadi.

ALT larda axborot almashlash quyidagi axborotli oqimlar orqali amalga oshiriladi:

- foydalanuvchi MB (FMB);
- MB-foydalanuvchi (MB-F)
- MB-texnologik kompleks (MB-TK);
- QT-QT;
- Modul-modul (M-M);

F-MB va MB-F oqimidan MB siga ijenerlar va ALT lardan foydalanuvchilar tomonidan kerakli ma'lumotlar olish uchun so'rovlar kiritish yoki ma'lumotlarni to'g'rilash uchun foydalaniladi.

MB-TK oqimi, avtomatik texnologik qurilmalarga ALT dan boshqaruvchi axborot kiritilgan aktivlashadi. M-M oqimi qandaydir loyihalash yo'nalishiga kiruvchi amaliy dasturlarni axborotli bog'lash uchun ishlatiladi. QT-QT oqimining

borligi, murakkab obyektlarni avtomatlashtirilgan loyihalash uchun zaruriy bo'lgan shartlar hisoblanadi.

ALT larda IM larni boshqarish uchun hisoblash resurslari iqtisod qilingan maxsus MBB dan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. M-M oqimi uchun tezkor almashlash juda muhim hisoblanadi. Lekin ma'lumotlarni arxivga kiritish uchun universal MBB tizimi kerak bo'ladi. F-MB, MB-F va QT-QT uchun axborot almashlash tezkorligi unchalik ahamiyatga ega hisoblanmaydi. SHuning uchun ko'pgina katta-katta ALT larda MBN bir qancha qismlardan tashkil topgan markaziy MBN, bunda MBB tizim umumiy maqsadli bo'ladi; ALT ning konkret qism tizimiga bog'liq ma'lumotlardan tashkil topgan lokal MBN, bunday xolda maxsus MBB tizimidan foydalaniladi. Markaziy MBN bilan lokal MBN o'rtasida, MBBT boshqaradigan kerakli axborotli bog'lanish o'rnatiladi.

ALT larda MB ni tashkil qilishga talablar. ALTlarning MB sidan foydalanish asosiy maqsad, amaliy dasturlar yaratish jarayonini osonlashtirish, yangi qism tizimlarini tizimga birlashtirishga ketadigan xarajatlarni kamaytirish, ularni tez moslashtira olish imkoniyatini amalga oshirishdan iborat.

ALS larni MB ni yaratishda asosan quyidagi asosiy talablar qo'yiladi:

1) MB da ma'lumotlarni ichki strukturalarini tasvirlash imkoniyati bo'lishi kerak. MB dan foydalanishda, uning elementlari o'rtasidagi turli ko'rinishdagi bog'lanishlarni mavjudligi, kerakli ma'lumotlarni oson qidirib topish va ma'lumotlar bo'yicha boshqa operatsiyalar bajarishda uning ichki strukturasini bilish muhim hisoblanadi.

2) Ma'lumotlar bilan ishlaydigan vositalar yuqori unumdorlikka ega bo'lishi kerak. Foydalanuvchi yoki amaliy dasturning so'roviga bo'lgan reaksiya, aniq chegaralanishi boshqa tizimlarga qaraganda juda muhim hisoblanadi. Tizimning unumdorligi esa foydalanuvchilar terminallari soni va loyihalovchi QT larining ADP lari soniga bog'liqdir.

3) MB dan foydalanish xotiradan juda ko'p joy sarf qilishga olib kelmasligi kerak. Xotiradan ketadigan sarfni kamaytirish uchun, MB ni tashkil qilishda, tashqi xotiraga (TX) murojat qilishlar sonini minimallashtirish metodlari tanlanadi.

4) MB da ortiqcha ma'lumotlarni iloji boricha minimallashtirish kerak. Ortiqcha ma'lumotlar qo'shimcha xotira va qo'shimcha qidirish vaqtini taqazo etadi.

5) MB da ma'lumotlarni qidirishning turlicha yo'llari bo'lishi kerak. MB dan axborot izlash moslanuvchan va tezkor bo'lishi kerak.

6) ALT larni MB dan ma'lumotlarni to'liqligi doimo kafolatlanib foydalanishni bilmasliklari tufayli MB buzilib qolmasligini, biron-bir ta'sirdan ma'lumot buzilsa ham avtomatik holda tiklash tadbirlari amalga oshirilishi kerak.

7) MB da ma'lumotlarni maxfiyligi va xavf-xatardan xolis bo'lishligi ta'minlanishi kerak. Ma'lumotlarga havf-xatar deganda, bu ma'lumotga ega bo'lish xuquqi bo'lmagan shaxslarni tasodifiy yoki bilib turib unga ega bo'lishlaridan ximoyalash tushuniladi. Ma'lumot maxfiyligi deyilganda, bu ma'lumotlarni foydalanuvchilarga qanday qilib va qancha miqdorda yuborishni alohida shaxs yoki tashkilotni xal qilishi tushuniladi. Ma'lumotlarning maxfiyligini ta'minlash uchun, MBni tashkil qilishda texnik muammolarga bog'liq bo'lmagan tadbirni amalga oshirish kerak bo'ladi. Masalan bunday maqsad uchun dialogli kiritish qurilmalaridan foydalanish mumkin.

8) MB, oldin tashkil qilingan ma'lumotlar va dastur bilan yangi tashkil etilgan ma'lumotlar va dasturlar mos tushadigan qilib loyihalanishi kerak. Ma'lumotlarni ozgina o'zgarish, APD larini o'zgarishiga olib kelmasligi kerak. Bu talabni amalga oshirish uchun amaliy dasturlarda ma'lumotlarni mantiqiy tasvirlanishi ularni fizik tasvirlashdan ajratib olish kerak bo'ladi. Bu ko'rinishda tasvirlashdan boshqa ko'rinishda tasvirlashga o'tishni MBBT bajaradi. SHu orqali ma'lumotni fizik bog'liq emasligi ta'minlanadi.

9) Tizimda MB ni unumdorligini oshirish uchun rekonstruksiya (sozlash) qilish vositasi qatnashishi kerak. MB da sozlash vazifasini MB administratori amalga oshiradi. Administrator (Dasturlovchi) ma'lumot to'liqligi saqlash uchun kerakli o'zgartirishlarni kiritadi.

10) MB da ma'lumotlar aralashib ketgan bo'lishi kerak. Ma'lumotlarni aralashib ketishi deganda ularga bo'lgan talabga qarab, ularni boshqarish, saqlash jarayoni tushuniladi. Alohida ma'lumotlar alohida turdagi xotiralarda saqlanadi.

Kam ishlatiladigan ma'lumotlar esa arzonroq xotira qurilmalarida aralash holda saqlanadi.

11) Ma'lumotlarni mantiqiy izohlash vositalari oddiy bo'lishi kerak. Bu talabni tashkil qilish uchun MB ALT larida ma'lumotlarni jadval ko'rinishida mantiqiy izohlashdan foydalanish tavsiya qilinadi. Bunday izohlashda HT ni bilmaydigan foydalanuvchi ham MB dan foydalana oladi.

12) MB bilan muloqat qiluvchi vosita juda oddiy bo'lishi kerak. Foydalanuvchi uchun ma'lumotlar joylashgan fayllar va ularni adreslari haqidagi ma'lumotlarni bilishlarining hojati yo'q bo'lishi kerak. Ma'lumotlarni chaqirish uchun dastur tuzulishning ham hojati bo'lmasligi kerak. Bu talabni qondirish uchun qondirish uchun ma'lumotlarni manipulyasiya qilish tili yaratiladi, bu esa ma'lumotlar «menyu» sini yaratish imkoniyatini beradi.

Ma'lumotlar bazasida saqlanayotgan ma'lumotlarning asosiy xususiyati ularni strukturalashtirilganligidadir.

Ma'lumotlarning umumiy strukturasi izoh MB konseptual modeli (sxema) deb ataladi. MB sxemasida uning ba'zi cheklangan amaliy dasturlar guruhiga xizmat ko'rsatuvchi qismlarini ajratib ko'rsatish mumkin. Bunday izohlar MB qism sxemasi deyiladi.

Loyihalashni avtomatlashtirish uchun ma'lumotlar modelini tashkil qilish kerak bo'ladi. Ma'lumotlar modeli, bu ma'lumotlar to'plami bo'lib, ularning o'zaro bog'liqligini tasvirlaydi va ALT da echilishi kerak bo'lgan barcha masalalarni echishda foydalaniladi. Bunday model cheksiz, mavhum turli tuman real obyektlarni turlicha saviyalariga javob beruvchi uchta darajaga ega. Birinchi darajada shu turli-tuman obyektlardan, aniq masalalar doirasini echish uchun kerakli bo'lgan obyektlar ajratilib olinadi va ma'lumotlar mantiqiy (axborotli) strukturasi tashkil qilinadi. Ikkinchi darajada bu struktura EHM xotirasida bevosita tasvirlash mumkin bo'lgan va dasturlar yordamida qayta ishlash mumkin bo'lgan ma'lumotlar fizik strukturasi aylantiriladi. Uchinchi daraja esa ma'lumotlar elementlarini mashina ichiga joylashtirishni tasvirlaydi.

Ma'lumotlar strukturasi – bu ma'lumotlar elementlari yoki guruhlarining birlari bilan bog'lanishi qoidalari to'plamidir. Ma'lumotlar strukturasi loyihalovchini qiziqtiradigan ma'lumot elementlari haqida hech qanday ma'lumot bermaydi. Loyihalovchilar ma'lumotlarni mantiqiy strukturalarini tasvirlash imkoniyatlari haqida va ularni ALT larda ishlatilishi haqida tasavvurga ega bo'lishlari kerak.

7.6 ALT ning dasturiy ta'minoti

Dasturli ta'minot strukturasi. ALT larni dasturli ta'minoti (DT) mashina xotirasidagi dasturlarni, dastur tekstlarini, ulardan foydalanish instruktsiyalarini va boshqa dastur hujjatlarini o'z ichiga oladi.

ALT larni 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 xajmini 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 echishga 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'lovermaydi va olingan echim sifatida, kafolatlanmaydi. Avtomatlashtirilgan loyihalashda asosan evristik algoritmlardan foydalaniladi.

Loyihalash masalalarini echish sifatini oshirish uchun, amaliy dastur paketlariga kiruvchi evristik dasturlar o'zaro raqobatli dastur tizimlar qilib tashkil qilinadi. ADP lardan foydalanuvchilar, kiritish tillaridan kerakli dasturlarni mundarijasini chiqarib olib, uni 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.

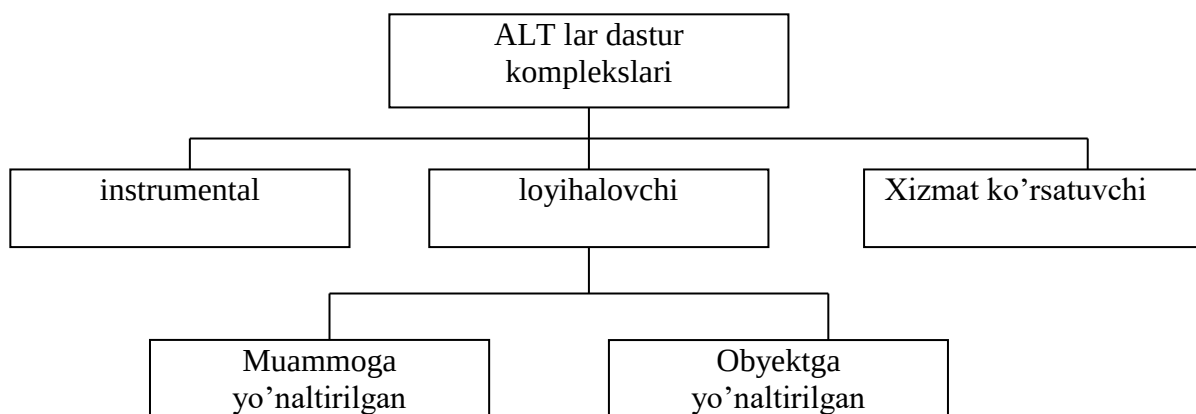
Ochiq ADN konkret sohalaridagi loyihalash masalalarini echish vositalarini rivojlantirish imkoniyati mavjud bo'ladi. ALT lar amaliy DT lari tarkibiga asosan ochiq ADP kiritiladi, bu esa tizimni modifikatsiyalash imkoniyatini beradi.

ALT lar bazali DT loyihalovchi qism tizimlarini ishlash qobiliyatlarini quvvatlab 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 (7.6- rasm).

Loyihalovchi dastur komplekslari, tugallangan loyiha echimini 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. Loyixalovchi dastur komplekslari maxsus DT tarkibiga kiradi.



7.6- 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 muloqatli 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 jarayonini 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 muloqat yo'li bilan (avtomatlashtirilgan usul) va faqat EHM ning o'zida (avtomatik usul) bajarilishi mumkin. ALT DT ana shu aytib o'tilgan usullarni 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, hohlagan 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 ko'rsatish mumkinligi;

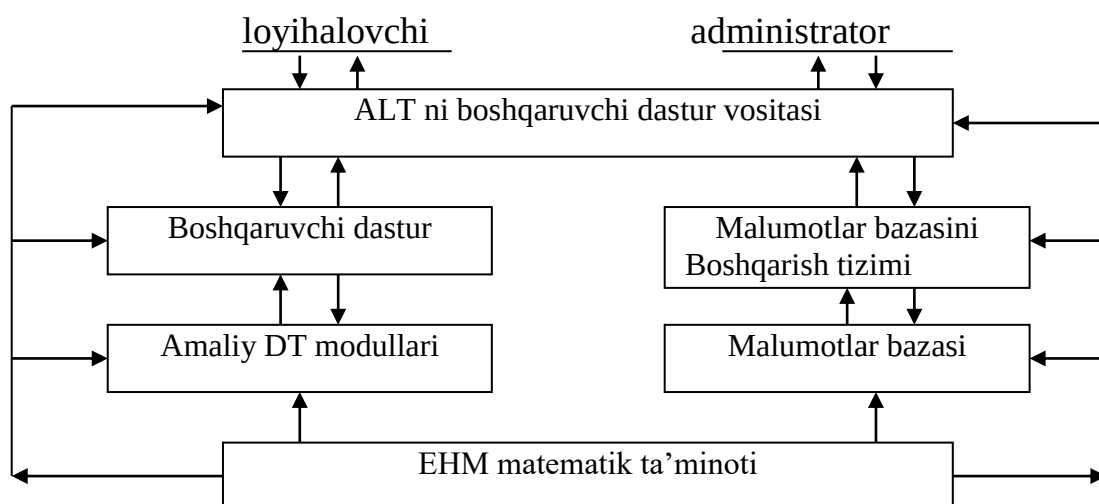
- loyihalash obyekti izohiga va uning hujjatlariga avtomatik o'zgartirishlar kiritish.

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 jixatdan 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 modullarini bajarilishini tashkil etuvchi boshqaruvchi dastur, ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimi va ALT ni boshqaruvchi muloqatli, boshqaruvchi va ALT administratsiyasi va loyihalovchi o'rtasidagi aloqani qo'llab – quvvatlovchi dasturlar kiradi (7.7- rasm).



7.7- rasm. ALT DT yaratish sxemasi

DT ning barcha komponentlari EHM matematik ta'minoti vositalariga asoslanadi, shuning uchun ular ALT DT ning 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 muloqat qiladi. Eng yuqori ierarxik darjadagi ALT larni boshqaruvchi dastur vositalari tashkil etadi. Bunday boshqarish faqatgina loyihalovchilar uchun bir loyihalash bosqichidan ikkinchi loyihalash bosqichiga o'tish uchun kerak bo'lmay, balki tizim komponentlarini 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 (7.8-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 xarakterliklar, ma'lumotlar bazasini yaratishda yoki unga tuzatishlar kiritishda, undan tashqari loyihalovchi yoki administratsiya so'rovi bo'yicha ma'lumotnoma axborotlarni olishdan 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 larning 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 xisoblanadilar.

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 mutaxassisleri 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 tezkorligigi 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 muloqatni tashkil etuvchidir. U foydalanuvchiga yangi dasturlarni ishlab chiqish uchun yordamni ta'minlash va boshqa funksiyalarni bajarish uchun zarur. Bu EHM apparat vositalarini 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 echimini rejalashtirish, xotirada saqlash, protsessorlar, kanallar, pereferiy qurilmalar kabi tizim zahiralarini taqsimlash kabi boshqaruv dasturlari yig'masidir. Operatsion tizim quyidagi masalalarni echish 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) tizimni echimga 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 muloqat qilish tizimi orqali erishiladi.

4) moslashuvchanlik - ishlatish doirasini kengaytirish yo'nalishida tizimni 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 saqlashni xajmi 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 xollarda kutubxonaga - redaktorlangan dasturlar, ko‘p ishlatiladigan son uslublari va algoritm dasturlari, matritsadagi murojaat, tizimli chiziqli-differensial tenglamalar echimi, nochiqliq integral, differensial tenglamalarni sonli echimi, 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 echib beradi. Bular yordamchi dasturlar, ya‘ni aniq masalalarni echishga qaratilgan dasturlardir.

Berilganlarni 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, ular tekshirish va kiritishni o‘z ichiga oladi. Berilgan dasturlar algoritmik tillarning birida yozib olinadi va loyiha dasturidan mashina tiliga o‘tkaziladi.

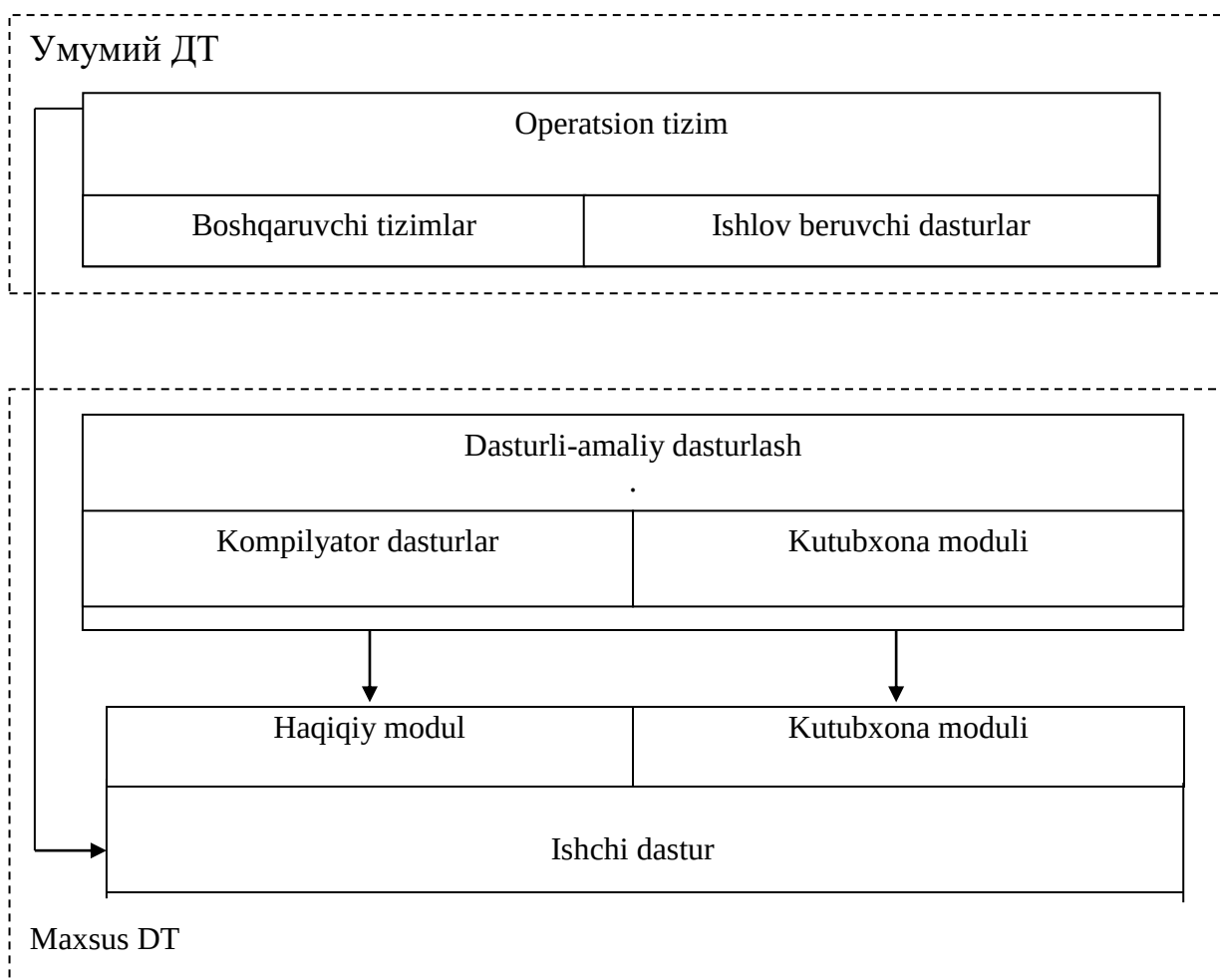
Operatsion tizim dasturlaridan farqli foydalanuvchi dasturlari amaliy yoki muammoli dasturlar deb ataladi. Demak, operatsion tizimga nisbatan ALT ning maxsus dasturlash ta‘minotining hamma dasturlari amaliy hisoblanadi.

Operatsion tizim ikki gurux dasturlarini o‘z ichiga oladi:

1) qayta ishlovchi dasturlarni tayyorlovchi tizimni yoki tashqi dasturlash ta‘minotini o‘z ichiga oladi;

2) boshqaruvchi dasturlarni bajarish guruxini yoki ichki dasturlash ta‘minotini o‘z ichiga oladi.

DT ning strukturaviy sxemasi:



7.8-rasm. DT ning struktura sxemasi

Mavjud operatsion tizim universal (har tomonlama), ya'ni turli masalalarni yechishga qaratilgan hisoblanadi. Ko'p ishlatiladigan masalalar - bu iqtisodiy axborotga ishlov beruvchi masalalardir. Lekin bunday universallik tizimlarni aniq belgilangan masalalarni echishdagi optimallik nuqtai- nazardan uzoqlashtiradi. Bu ma'noda mavjud operatsion tizim ALT da ishlatish uchun optimal hisoblanmaydi.

ALT T ning umumiy dasturiy ta'minlashni yaratish uchun ikki xil amaliy imkoniyati bor:

1. Universal OT (operatsion tizim) o'rniga muammoni echishga qaratilgan OTni tuzish;
2. Ierarxik satxdagi qurilgan universal OTni dasturli ta'minlashni, eng yuqori satxda va keyingi satxlarda bo'ysingan «kiritilgan» OTlarda ishlatish.

Birinchiga yondashishda quyidagicha yondashish mumkin:

- a) OT ishlashi uchun ketadigan xotira sarf-xarajatlarini va FIK ni oshirish;
- b) OT taqdim etgan va masalalarni boshqarishdagi til vositalarida ko'rsatilgan xizmatlar turi va hajmini optimallashtirish;
- d) loyihachilarga zarur bo'lgan avtomatik ish joylariga mul'ti yondashishni amalga oshirish.

Lekin bunday yirik va universal bo'lgan operatsion tizimni narxi juda kata. Shuning uchun bunday paytda ikkinchi yondashuv qo'llaniladi, bu xolda universal OT da taqdim etilayotgan hamma xizmatlar va imkoniyatlar saqlanib qolinadi, bu esa ALT da uchrab turadigan nostandart holatlarda qulaydir. ALT uchun taalluqli bo'lgan umumiy dasturlash ta'minoti talablari ALT monitor tizimini – «kiritilgan» OT yaratishda qoniqtiriladi.

7.7. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar

Nazorat savollari:

1. LAT ni dasturiy ta'minoti nima?
2. Operativ tizim nima? Nima uchun xizmat qiladi?
3. Qanday dasturlar amaliy deyiladi?
4. OT o'z ichiga oluvchi ikki guruh dasturlarini aytib bering.
5. Loyihalashning asosiy etaplarini ayting.
6. LAT ning strukturaviy sxemasini tavsiflab bering.
7. Qaysi bosqichni avtomatlashtirish mumkin?
8. Bu bosqichlar oldiga qo'yilgan masalalarni ayting.
9. Matematik ta'minot nima?
10. Matematik ta'minotning asosiy qismlari qaysilar?
11. Optimallashtirish masalasining qo'yilishiga nimalar kiradi?
12. Optimallashtirish masalasi qanday ifodalanadi?

Amaliy mashg'ulotlar uchun topshiriqlar

1. CAD/CAM/CAE dasturi bilan tanishish.
2. AutoCAD dasturi bilan tanishish.

Mustaqil ishlar ro'yxati

1. O'lchash asboblari konstruktsiyalashni avtomatlashtirilgan tizimlari.
2. Zamonaviy ALT imkoniyatlari.

Glossariy

Dempfirlash – ikkinchi yoki undan yuqori tartibli datchiklarda tebranishlarni sezilarli darajada pasaytirish yoki bostirishdir.

Gisterezis – bitta kirish signali uchun uning ortishi va kamayishida olingan chiqish signallar farqidir. Gisterezisga “to’yinish” xodisasi xosdir, shuningdek chekka holatlar orasidagi trayektoriyalar turliligi bilan ham tavsiflanadi.

Impedans – datchik elektron sxema bilan qanchalik oson muvofiqlasha olishini anglatadi.

Approksimatsiya – 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 usul obyektning xususiyatlari va tavsiflarini tatqiq qilish mumkin.

Legirlash – lotinchadan olingan bo’lib, “bog’lash” ma’nosini bildiradi. Legirlashda metallar tarkibiga boshqa metallarni, qotishmalarni qo’shish bilan metallga alohida xususiyatlar beriladi.

Epoksid smola – sanoatda keng ishlatiladigan vosita. Epoksidlar yuqori mustahkamlikka ega bo’lgan yelimli bog’lanishga ega bo’lib, namlikka chidamli va eng yahshi fizik-mexanik parametrlarga ega vositadir.

Fluktuatsiya – biror bir kattalikning tasodifiy og’ishini anglatadi.

Izolyatsiyalash – biror narsadan ajratish ma’nosini bildiradi.

Generatsiyalash – lotincha “generatio” – yig’ish ma’nosini bildiradi. Masalan, antennada to’lqinlarni uzatishda hosil bo’ladigan va xalaqitlar paydo qiladigan elektromagnit tebranishlar.

Interfeys sxema – asinxron uzluksiz axborotlar oqimini qabul qilish va uni parallel kanallariga o’zgartirish (yoki qayta o’zgartirish) imkoniyatini beradigan sxema. Odatda, uzoqlashtirilgan terminallarni ma’lumotlarni uzatish chizig’iga ulash uchun ishlatiladi.

Imitatsiyalash – aniq yoki tashqi o'zgarishlarni boshqasi bilan qaytarish, takrorlash, imkon qadar aniqliktagi xususiyat yoki obyektни yaratish.

Analiz – tadqiqot usuli hisoblanib, biror narsani xususiyatlari, tarkibiy qismlari, alohida tomonlarini ko'rib chiqishni bildiradi.

Sintez – tadqiqot usuli hisoblanib, analiz yordamida olingan ma'lumotlarni qismlar orasidagi o'zaro aloqa orqali yagona butunlikda umumlashtirish va birlashtirishni anglatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. 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.
2. Dj. Frayden. Handbook of modern sensors. /Springer-Verlag New York, Inc., 2015.
3. Ron S. Kenett , Emanuel Baker., Software Process Quality: Management and Control (Computer Aided Engineeringyu, Taylor &Frances., 2005.
4. G. M. S. de Silva., Basic Metrology for ISO 9000 Certification (1st Editio)., Ships from and sold by Amazon.com. Gift-wrap available., 2002.
5. Дж. Фрайден. Современные датчики. Справочник. /Пер. с англ. - М.: Техносфера, 2006
6. П.Р. Исматуллаев, П.М. Матякубова, Ш.А. Тураев Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаштириш. Дарслик. -Тошкент: Ўзбекистон нашриёти, 2015.
7. А.А. Абдувалиев, О.Ш. Хакимов, В.Б. Латипов. Основы обеспечения единства измерений. -Ташкент: «Узстандарт», 2005.
8. А.А.Абдувалиев, О.Ш.Хакимов, А.Алимов. Основы стандартизации, метрологии и управление качеством. –Ташкент: «Узстандарт», 2005.
9. Х. Дитрих. Проектирование и конструирование. Системный подход/ Пер. с нем. - М.: Прогресс, 2006
10. Ю.А. Капралов. Сборник задач по курсу “Основы конструирования приборов, установок и САПР”. М.: МИФИ., 2003.
11. Конструирование приборов. В 2-х томах /Под ред. В. Краузе. Пер. С нем. -Л.: Машиностроение, 1987.
12. Ю.В. Милосердин, Ю.А. Кречко. Основы конструирования измерительных приборов. – С. Пб.: Машиностроение, 2000.

13. А.Н. Оберган. Конструирование и технология средств измерений. Учебное пособие. -Томск: изд. ТПИ, 2007. -96с.
14. П.П. Орлов. Основы конструирования. - М.: Прогресс, 2008
15. <http://www.gov.uz> – O‘zbekiston Respublikasi Hukumatining rasmiy sayti.
16. <http://www.lex.uz> – O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi
17. <http://www.standart.uz> – “O‘zstandart” agenligi
18. <http://www.smsiti.uz> - Standartlashtirish, metrologiya va sertifikatlashtirish ilmiy tadqiqot instituti
19. <http://www.easc.org.by> – Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества Независимых Государств.
20. <http://www.ziyonet.uz> – Ta’lim portali
21. <http://www.window.edu.ru> – Butun Rossiya ta’lim portali

MUNDARIJA

Soʻz boshi	4
1-Bob. Oʻlchash asboblari haqida umumiy maʼlumotlar	6
1.1. “Oʻlchash asboblari konstruksiyalash” fanining maqsad va vazifalari	6
1.2. Oʻlchash vositalarining turlari va rivojlanish tendensiyasi	7
1.3. Oʻlchash vositalarining metrologik tavsiflari	14
1.4. Oʻlchash asboblari va ularning turlari	21
1.5. Nazorat savollari, amaliy mashgʻulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar	25
2-Bob. Konstruksiyalash asoslari	27
2.1. Asosiy atamalar va tushunchalar	27
2.2. Konstruksiyalashning umumiy qoidalari	28
2.3. Konstruksiyalash tamoyillari	31
2.4. Konstruksiyalashga qoʻyiladigan talablar	36
2.5. Qurilmalar yaratishda modellar va modelashtirish	38
2.6. Konstruksiyalash jarayoni va texnik yechimni qidirish	47
2.7. Asbob konstruksiyasi tizim sifatida	49
2.8. Konstruksiyalash bosqichlari	51
2.9. Konstruktorlik hujjatlari	55
2.10. Konstruksiyalash yechimini qidirish	61
2.11. Konstruksiyaning optimal strukturasini tanlash	66
2.12. Konstruksiyanı strukturalı va parametrik optimallashtirish masalalari	71
2.13. Patentga loyiq konstruksiyalarni aniqlash	80
2.14. Nazorat savollari, amaliy mashgʻulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar	92
3-Bob. Asosiy komponentlar fizikasi	94
3.1. Datchiklarning zamonaviy oʻlchash texnikasida tutgan oʻrni	94

3.2. Datchiklarni qo'llash doirasi	96
3.3. Ma'lumotlar to'plash tizimida datchiklarning roli	98
3.4. Datchiklarning asosiy vazifalari va tasniflanishi	103
3.5. Datchiklarning asosiy tavsiflari	105
3.5.1. Uzatish funksiyasi	105
3.5.2. O'lchash diapazoni (maksimal kirish signali)	109
3.5.3. Chiqish qiymatlarining diapazoni	109
3.5.4. Aniqlik	110
3.5.5. Kalibrlash	113
3.5.6. Kalibrlash xatoligi	115
3.5.7. Gisterezis	116
3.5.8. Nochiziqlilik	117
3.5.9. To'yinish	119
3.5.10. Qayta yaratuvchanlik	120
3.5.11. Yechish qobiliyati	121
3.6. Maxsus tavsiflar	122
3.7. Dinamik tavsiflar	124
3.8. Ishonchlilik	129
3.9. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar	133
4-Bob. Datchiklarning fizikaviy tamoyillari	135
4.1. Elektr zaryadlari, maydonlar va potentsiallar	136
4.2. Sig'im	146
4.3. Pyezoelektrik, piroelektrik va Xoll effekti. Zeebek va Peltze effekti	151
4.4. Tovush to'lqinlari	185
4.5. Materiallarning harorat va issiqlik xususiyatlari	189
4.6. Issiqlik uzatilishi	195
4.7. Yorug'lik tarqalishi	213

4.8. Sezgir elementlarning dinamik modellari	216
4.9. Datchiklarning materiallari	223
4.10. Datchiklarni texnologiyalari	238
4.11. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar	247
5-Bob. Datchik turlari va ularning xususiyatlari	249
5.1. Mayjudlik va harakat datchiklarining tiplari	249
5.2. Mikroto'ldinli harakat detektorlari	251
5.3. Mayjudlikni sig'imli datchiklari	257
5.4. Harakatni elektrostatik detektorlari	262
5.5. Holat, ko'chish va sath datchiklari	265
5.6. Temperatura datchiklari	273
5.7. Bosim datchiklari	287
5.8. Namlik datchiklari	297
5.9. Kimyoviy datchiklar	310
5.10. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar	322
6-Bob. O'lchash asboblari konstruksiyalash	325
6.1. Asbob konstruksiyasini dinamik va mexanik ta'sirlardan himoyalash	325
6.2. Ergonomika va texnik-estetik talablari asosida konstruksiyalash	340
6.3. Texnik qurilmalarining ekspluatatsion tavsiflarini baholash	355
6.4. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar	364
7-Bob. Konstruksiyalashni avtomatlashtirish asoslari	366
7.1. Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari haqida umumiy ma'lumotlar	366
7.2. Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari	372

7.3. Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarining matematik ta'minoti	374
7.4. ALT larning texnik ta'minoti	386
7.5. ALT ning axborot ta'minoti	392
7.6. ALT ning dasturiy ta'minoti	400
7.7. Nazorat savollari, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ishlar uchun topshiriqlar	410
Glossariy	412
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati	414

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Глава 1. Общие сведения об измерительных приборах	6
1.1. Цель и задачи предмета «Конструирование измерительных приборов»	6
1.2. Виды и тенденции развития средств измерения	7
1.3. Метрологические характеристики средств измерения	14
1.4. Измерительные приборы и их виды	21
1.5. Контрольные вопросы, задания для практических занятий и самостоятельных работ	25
Глава 2. Основы конструирования	27
2.1. Основные термины и понятия	27
2.2. Общие правила конструирования	28
2.3. Принципы конструирования	31
2.4. Требования предъявляемые к конструкциям	36
2.5. Модели и моделирование при создании устройств	38
2.6. Процесс конструирования и поиск технического решения	47
2.7. Конструкция прибора в качестве системы	49

2.8. Этапы конструирования	51
2.9. Конструкторская документация	55
2.10. Поиск конструкторского решения	61
2.11. Выбор оптимальной структуры конструкции	66
2.12. Задачи структурной и параметрической оптимизации конструкции	71
2.13. Определение патентно-пригодных конструкций	80
2.14. Контрольные вопросы, задания для практических занятий и самостоятельных работ	92
Глава 3. Физика основных компонентов.	94
3.1. Значение датчиков в современной измерительной технике	94
3.2. Сферы применения датчиков	96
3.3. Роль датчиков в системе сбора информации	98
3.4. Основные задачи и классификация датчиков	103
3.5. Основные характеристики датчиков	105
3.5.1. Передаточная функция	105
3.5.2. Измерительный диапазон (максимальный входной сигнал)	109
3.5.3. Диапазон выходных величин	109
3.5.4. Точность	110
3.5.5. Калибровка	113
3.5.6 Ошибка калибровки	115
3.5.7. Гистерезис	116
3.5.8. Нелинейность	117
3.5.9. Насыщение	119
3.5.10. Воспроизводимость	120
3.5.11. Разрешающая способность	121
3.6. Специальные характеристики	122
3.7. Динамические характеристики	124
3.8. Надежность	129

3.9. Контрольные вопросы, задания для практических занятий и самостоятельных работ	133
Глава 4. Физические принципы датчиков	135
4.1. Электрические заряды, поля и потенциалы	136
4.2. Емкость	146
4.3. Пьезоэлектрический, пирозэлектрический эффекты и эффект Холла. Эффекты Зеебека и Пельтье	151
4.4. Звуковые волны	185
4.5. Температурные и тепловые свойства материалов	189
4.6. Теплопередача	195
4.7. Световое излучение	213
4.8. Динамические модели чувствительных элементов	216
4.9. Материалы датчиков	223
4.10. Технологии изготовления датчиков	238
4.11. Контрольные вопросы, задания для практических занятий и самостоятельных работ	247
Глава 5. Виды и свойства датчиков	249
5.1. Типы датчиков присутствия и движения	249
5.2. Микроволновые детекторы движения	251
5.3. Емкостные датчики присутствия	257
5.4. Электростатические детекторы движения	262
5.5. Датчики положения, перемещения и уровня	265
5.6. Датчики температуры	273
5.7. Датчики давления	287
5.8. Датчики влажности	297
5.9. Химические датчики	310
5.10. Контрольные вопросы, задания для практических занятий и самостоятельных работ	322
Глава 6. Конструирование измерительных приборов	325

6.1. Защита конструкций прибора от динамических и механических воздействий	325
6.2. Конструирование на основе эргономических и технико-эстетических требований	340
6.3. Оценка эксплуатационных характеристик технических устройств	355
6.4. Контрольные вопросы, задания для практических занятий и самостоятельных работ	364
Глава 7. Основы автоматизации конструирования	366
7.1. Общие сведения о системах автоматического проектирования	366
7.2. Задачи проектирования автоматизации	372
7.3. Математическое обеспечение систем автоматизированного проектирования (САПР)	374
7.4. Техническое обеспечение САПР	386
7.5. Информационное обеспечение САПР	392
7.6. Программное обеспечение САПР	400
7.7. Контрольные вопросы, задания для практических занятий и самостоятельных работ	410
Глоссарий	412
Список использованной литературы	414

CONTENTS

Preface	4
Chapter 1. General information about measuring devices	6
1.1. Purposes and problems of the subject "Designing of Measuring Devices"	6
1.2. Types and trends of development of measuring instruments	7

1.3. Metrological characteristics of measuring instruments	14
1.4. Measuring devices and their types	21
1.5. Control questions, tasks for a practical training and independent works	25
Chapter 2. Designing bases	27
2.1. Main terms and concepts	27
2.2. General rules of designing	28
2.3. Principles of designing	31
2.4. Requirements imposed to a design	36
2.5. Models and modeling during creation of devices	38
2.6. Process of designing and search of technical solution	47
2.7. A device design as a system	49
2.8. Designing stages	51
2.9. Design documentation	55
2.10. Search of the design decision	61
2.11. Choice of optimum structure of a design	66
2.12. Problems of structural and parametrical optimization of a design	71
2.13. Definition of patent and suitable designs	80
2.14. Control questions, tasks for a practical training and independent works	92
Chapter 3. Physics of the main components	94
3.1. Value of sensors in the modern measuring equipment	94
3.2. Scopes of sensors	96
3.3. A role of sensors in the system of collection of information	98
3.4. Main objectives and classification of sensors	103
3.5. Main characteristics of sensors	105
3.5.1. Transfer function	105
3.5.2. Measuring range (maximum entrance signal)	109
3.5.3. Range of output sizes	109

3.5.4. Accuracy	110
3.5.5. Calibration	113
3.5.6 Calibration error	115
3.5.7. Hysteresis	116
3.5.8. Nonlinearity	117
3.5.9. Saturation	119
3.5.10. Reproducibility	120
3.5.11. Resolution	121
3.6. Special characteristics	122
3.7. Dynamic characteristics	124
3.8. Reliability	129
3.9. Control questions, tasks for a practical training and independent works	133
Chapter 4. Physical principles of sensors	135
4.1. Electric charges, fields and potentials	136
4.2. Capacity	146
4.3. Piezoelectric, pyroelectric effects and Hall's effect. Seebeck and Peltier's effects	151
4.4. Sound waves	185
4.5. Temperature and thermal properties of materials	189
4.6. Heat transfer	195
4.7. Light radiation	213
4.8. Dynamic models of sensitive elements	216
4.9. Materials of sensors	223
4.10. Manufacturing techniques of sensors	238
4.11. Control questions, tasks for a practical training and independent works	247
Chapter 5. Types and properties of sensors	249
5.1. Types of sensors of presence and movement	249

5.2. Microwave detectors of the movement	251
5.3. Capacitive sensors of presence	257
5.4. Electrostatic detectors of the movement	262
5.5. Position sensors, movements and level	265
5.6. Temperature sensors	273
5.7. Pressure sensors	287
5.8. Humidity sensors	297
5.9. Chemical sensors	310
5.10. Control questions, tasks for a practical training and independent works	322
Chapter 6. Designing of measuring devices	325
6.1. Protection of designs of the device against dynamic mechanical influences	325
6.2. Designing on the basis of ergonomic and technical and esthetic requirements	340
6.3. Assessment of operational characteristics of technical devices	355
6.4. Control questions, tasks for a practical training and independent works	364
Chapter 7. Designing automation bases	366
7.1. General information about the systems of automatic design	366
7.2. Problems of design of automation	372
7.3. Software of computer-aided engineering systems (CAD)	374
7.4. Technical support of a CAD	386
7.5. Information support of a CAD	392
7.6. Software of a CAD	400
7.7. Control questions, tasks for a practical training and independent works	410
Glossary	412
The list of the used literature	414