

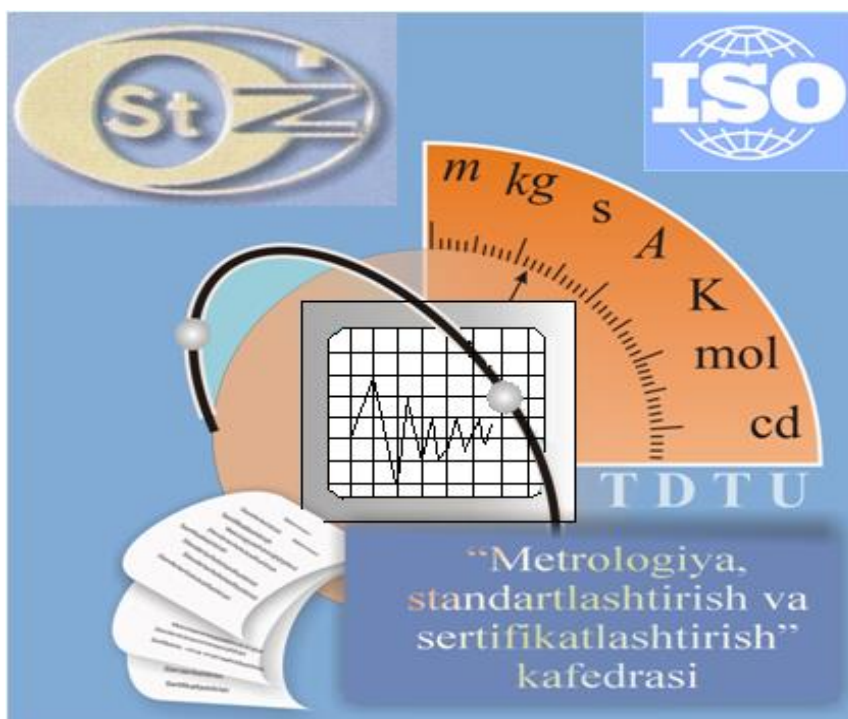
**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

O‘LCHASH ASBOBLARINI KONSTRUKSIYALASH

fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun

USLUBIY QO‘LLANMA



Toshkent – 2019

Tuzuvchilar: Nazarbayeva B.A., Raxmatullayev S.A. “O‘lchash asboblarini konstruksiyalash” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni o‘tkazish uchun uslubiy qo‘llanma.- Toshkent: ToshTDU, 2019. 160 b.

Mazkur uslubiy qo‘llanma 5310900-"Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti" bakalavriat ta'lim yo'nalishidagi talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, unga o'lchash asboblarini konstruksiyalashga tegishli asosiy tushunchalar, asboblar va o'lchash o'zgartkichlarini konstruksiyalariga bo'lgan talablarni tuzish, texnik qurilmalarning yangi konstruksiyalarini ishlab chiqish usullari, texnik qurilmalarning ekspluatatsion xarakteristikalarini baholash, elektromagnit o'zgartkichlar konstruksiyalarini va ularni loyihalash, issiqlik o'zgartkichlari konstruksiyalari va ularni loyihalash va boshqa o'lchash asboblarini konstruksiyalashga oid mavzular kiritilgan.

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

Taqrizchilar:

Gaziyev G'.A. – Standartlashtirish, sertifikatlashtirish va texnik jihatdan tartibga solish ilmiy tadqiqot instituti direktori.

Azimov R.K. – ToshDTU “Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish” kafedrası, t.f.d ., professor.

1-AMALIY MASHG‘ULOT

O‘LCHASH ASBOBLARINI KONSTRUKSIYALASH BO‘YICHA ASOSIY TUSHUNCHALAR

Reja:

1. O‘lchash asboblari konstruksiyalashga oid asosiy tushunchalar.
2. O‘lchash vositalarining asosiy turlari.
3. Analogli va raqamli o‘lchash asbobining struktura sxemasi.

Kalit (tayanch) so‘z va iboralar: o‘lchov, standart namuna, namunaviy modda, o‘lchash o‘zgartkichi, sezgir element, o‘lchash chegarasi.

O‘lchash asboblari konstruksiyalashga oid asosiy 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.

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 qismlarining o‘zaro joylashishini bildiradi.

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

Loyihalash- loyiha tuzish, tekislikda biror figura yoki predmetni geometrik aks ettirish, proyeksiyasini chizish tushuniladi.

O‘lchash vositalari turli o‘lchashlarni amalga oshirishda ishlatiladi va ular me‘yorlangan metrologik xossalarga, ya’ni kattaliklarning ma’lum sonli qiymatlariga, hamda o‘lchash natijalarining aniqligi va ishonchliligini ifodalovchi xossalarga ega bo‘ladi.

O‘lchash vositalarining asosiy turlariga o‘lchovlar, o‘lchash asboblari, o‘lchash o‘zgartkichlari va o‘lchash qurilmalari kiradi.

O'lchov-berilgan o'lchamdagi fizik kattalikni qayta o'lchash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasi. Masalan, qadoqtosh massa o'lchovi;

o'lchov rezistori-elektr qarshilik o'lchovi;

yoritish lampasi-yorug'lik o'lchovi va h.k.

Bir xil o'lchamli fizik kattalikni qayta o'lchaydigan bir qiymatli hamda turli o'lchamdagi qator bir nomli kattaliklarni qayta o'lchaydigan ko'p qiymatli o'lchovlar bor. Ko'p qiymatli o'lchovlarga bo'linmali chizg'ichlar, induktivlik variometri va boshqalar misol bo'la oladi. Maxsus tanlangan, faqat alohidagina emas, balki turli birikmalarda turli o'lchamli qator bir nomli kattaliklarni qayta o'lchash maqsadida qo'llaniladigan o'lchovlar komplekti, o'lchovlar to'plamini tashkil etadi. Masalan, qadoqtoshlar to'plami, uchlikli uzunlik o'lchovlari to'plami, o'lchash kondensatorlari to'plami va h.k.

O'lchovlar magazini- sanoq qurilmalari bilan bog'langan maxsus qayta ulagichlarga ega bo'lgan bitta konstruktiv butun qilib birlashtirilgan o'lchovlar to'plami. O'lchovlar magazini elektrotexnikada keng qo'llaniladi: qarshilik magazini, sig'imler magazini, induktivliklar magazini.

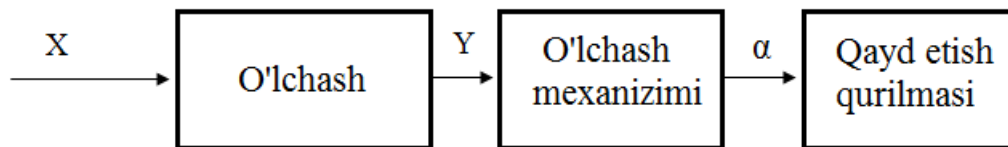
O'lchovlarga standart namunalar va namunaviy moddalar ham kiradi.

Standart namuna-modda va materiallarning xossalarini yoki tarkibini xarakterlovchi kattaliklarning birligini qayta tiklash uchun o'lchovdir. Masalan, tarkibidagi kimyoviy elementlari ko'rsatilgan ferromagnit materiallar xossalarining standart namunasi.

Namunaviy modda - tasdiqlangan spetsifikatsiyada ko'rsatilgan tayyorlash shartlariga rioya qilinganda tiklanadigan, ma'lum xossalarga ega bo'lgan moddadan iborat o'lchovdir. Masalan, "toza" gazlar, "toza" metallar, "toza" suv.

Kuzatuvchi idrok qilishi uchun qulay shakldagi o'lchash ma'lumoti signalini ishlab chiqishga xizmat qiladigan o'lchash vositasi **o'lchash asbobi** deyiladi. O'lchash asbobida kuzatuvchi o'lchanayotgan kattalikning son qiymatini o'qishi yoki sanashi mumkin. O'lchash asboblari analog va raqamli bo'lishi mumkin. Analog o'lchash asboblarida asbobning ko'rsatishi o'lchanayotgan kattalik o'zgarishining uzluksiz funksiyasidan iborat bo'ladi (1.1-rasm), raqamli o'lchash asboblarida esa, ko'rsatishlar o'lchash ma'lumoti signalini diskret o'zgartirish natijasidan iborat bo'lgan raqamli shaklda ifodalangan bo'ladi (1.2-rasm).

Keyingi vaqtlarda raqamli asboblari borgan sari kengroq qo'llana boshlandi, chunki ularning ko'rsatishlari osongina qayd qilinadi, ularni EHMga kiritish uchun qulay. Raqamli asboblarning tuzilishi o'lchashda analog asboblarga qaraganda katta aniqlikka erishishga imkon beradi. Shu bilan birga raqamli asboblari qo'llanganda o'qish xatoligi bo'lmaydi. Ammo analog asboblari raqamli asboblarga qaraganda anchagina sodda va arzonidir.



1.1- rasm. Analogli o'lchash asbobining struktura sxemasi



1.2-rasm. Raqamli o'lchash asbobining funksional chizmasi. RAO' – raqamli- analog o'zgartkich; ARO' - analog-raqamli o'zgartkich; RQQ- raqamli qayd etish qurilmasi

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, diagramma qog'ozida yozib olish yoki raqamli tarzda chop etish ko'zda tutiladi. Kombinatsiyalangan asboblari o'lchanayotgan kattalikni bir vaqtning o'zida ko'rsatadi hamda qayd qiladi. Integrallovchi asboblarda o'lchanayotgan kattalik vaqt bo'yicha yoki boshqa erkin o'zgaruvchi bo'yicha integrallanadi. Jamlovchi asboblarda ko'rsatishlar turli kanallar bo'yicha unga keltirilgan ikki yoki bir necha kattaliklarning yig'indisi bilan funksional bog'langan bo'ladi.

Sinov-nazorat savollari

1. O'lchash asboblari konstruksiyalash deganda nimani tushunasiz?
2. O'lchash vositalarining metrologik xossalarini aytib bering.

3. O'lchash asboblarning qanday turlarini bilasiz?
4. O'lchash asboblarni loyihalash tushunchasiga ta'rif bering.
5. Analogli va raqamli o'lchash asboblarning strukturasi nimalardan iborat?

2-AMALIY MASHG'ULOT

O'LCHASH ASBOBLARINI SHKALA XARAKTERISTIKALARI. KONSTRUKTORLIK HUJJATLARINING YAGONA TIZIMI

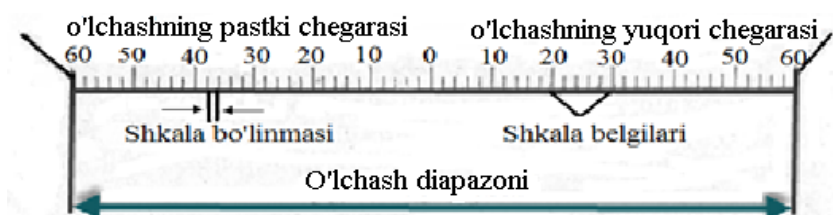
Reja:

1. O'lchash asboblarning shkala xarakteristikalarini.
2. Qayd qiluvchi tipik qurilmalarning sxemalari.
2. Konstruktorlik hujjatlarining yagona tizimi.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: asbob shkalasi, konstruksiyalash, tekis shkala, o'lchash chegaralari, ikki tomonlama shkala, konstruktorlik hujjatlarining yagona tizimi.

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

Ko'rsatuvchi analog o'lchash asboblarning sanoq qurilmasi shkala va (strelkali yoki nurli) ko'rsatkichdan tuzilgan.



2.1- rasm. O'lchash asbobi shkalasi

O'lchash asboblarning shkala xarakteristikalarini

2.1-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.** 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 oxirgi qiymati deyiladi.** Shkalaning uning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari bilan chegaralangan qiymatlari sohasi (oralig'i) **ko'rsatishlar diapazoni deyiladi.** O'lchanayotgan kattalikning o'lchash vositalari uchun yo'l qo'yiladigan xatoliklarining me'yorlangan qiymatlar sohasi o'lchash asbobi yoki o'lchash o'zgartkichining **o'lchash diapazoni deyiladi.** Texnik asboblarda, odatda, o'lchash diapazoni bilan ko'rsatuvlar diapazoni mos keladi. O'lchash diapazonining eng kichik va eng katta qiymatlari **o'lchash chegaralari deyiladi.**

Shkaladan sanoq olishda shkala qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan bo'lishi mumkin. Shkalalarda belgilar to'g'ri chiziq bo'ylab yoki yassi yoxud silindrsimon sirtidagi aylana yoyi bo'ylab joylashgan bo'ladi. 2.2-rasmda o'lchash asboblari shkalalarining eng ko'p uchraydigan turlari ko'rsatilgan.

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

Ko'rsatuvchi analog o'lchash asboblarning sanoq qurilmasi shkala va (strelkali yoki nurli) ko'rsatkichdan tuzilgan.

Ko'rsatkich vaziyati bilan sanoq orasidagi bog'lanish shkala xarakteristikasi deyiladi. Ko'rsatkichi burchakli siljiydigan asboblarning shkala xarakteristikasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

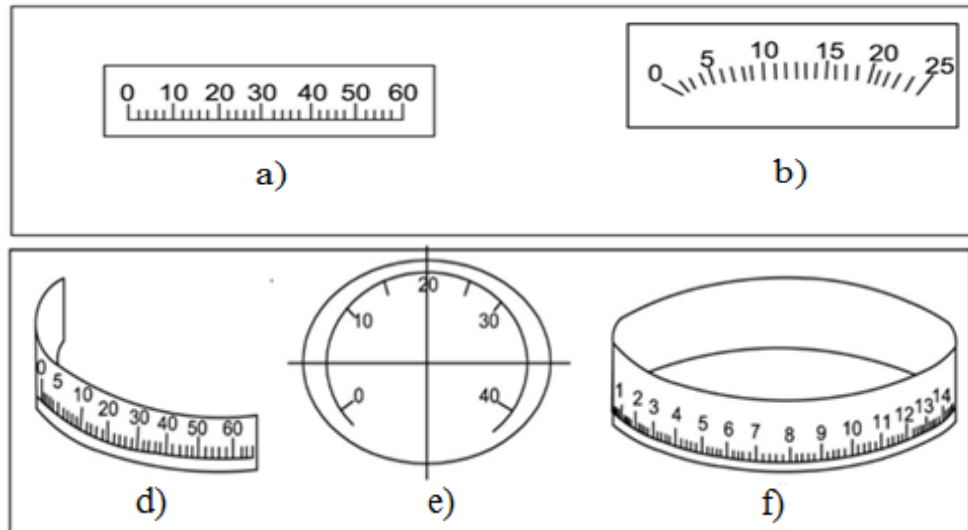
$$n = f(\varphi) \quad (2.1)$$

Bunda φ — ko'rsatkichning shkala boshidan, burulish burchagi.

To'g'ri chiziqli shkalali asboblarda uchun

$$n = f(L) \quad (2.2)$$

Bunda L - ko'rsatkichning shkala boshidan chiziqli siljishi.

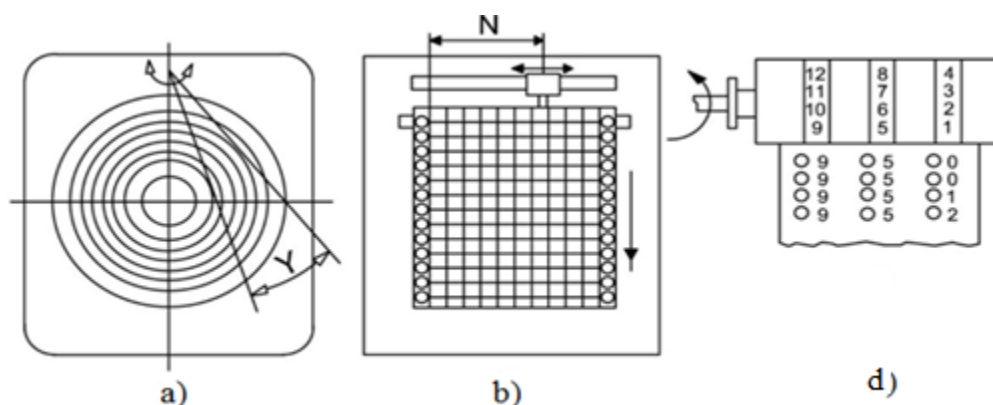


2.2- rasm. Shkalalar: a) - to'g'ri chiziqli; b) - yoysimon (yoy burchagi 180° gacha); d) - yassi; e) - yoysimon (yoy burchagi 180° dan yuqori), f)- silindrsimon

2.3-rasmda qayd qiluvchi tipik qurilmalarning sxemalari keltirilgan.

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

Qayd qiluvchi qurilmalarning xarakteristikasi shkalali sanoq qurilmalari xarakteristikasiga o'xshash va (2.1), (2.2) tenglamalar bilan ifodalanadi.



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

Qayd qiluvchi qurilmalar uchun (2.3-rasm, a, b) bu tenglamalarda φ va L tegishli burilish burchagini hamda pero ushlagichning diagramma to'g'ri chiziqlining nolli belgisidan siljishini, u esa to'r bo'yicha olingan sanoqni anglatadi. Davriy chop etuvchi qayd qiluvchi qurilma uchun xarakteristika (2.3-rasm, d) (2.1) 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'ziyozar millivoltmetrlarda) yozish yordamchi qurilma yordamida amalga oshiriladi.

Ayrim o'lchash vositalari va o'lchash tizimlaridan tashqari murakkab informatsion-o'lchash tizimlari ham qo'llaniladi. Ular ko'plab nuqtalarda avtomatik o'lchashni amalga oshirishnigina ta'minlab 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 informatsion-hisoblash mashinalarining va kirish qurilmalarining kirishiga keladigan signallarni unifikatsiyalashtirish zarurati tug'ildi. Signallarni unifikatsiyalashtirish o'lchash asboblari turlarini minimumga keltirish imkonini beradi, o'lchash vositalarining o'zaro almashuvchanligini ta'minlaydi.

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

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

Etalonlar fizik kattalik birliklarini qayta 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.

Konstruktorlik hujjatlarining yagona tizimi

Ushbu tizim O'zbekiston Respublikasi konstruktorlik hujjatlarining yagona tizimi (O'zKQYAT) majmuiga kiruvchi standartlarning maqsadli mo'ljallanishi, taalluqlik doirasi, tasniflash guruhlarining tarkibi va belgilanishi bo'yicha umumiy qoidalarni belgilaydi.

O'z KQYAT standartining talablari konstruktorlik hujjatlarini ishlab chiqish bilan shug'ullanadigan barcha iqtisodiyot tarmoqlari va xo'jalik yurutuvchi subyektlar uchun majburiy hisoblanadi.

O'z KQYAT - O'zbekiston korxonalari va xo'jalik yurituvchi subyektlarining 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 KQYAT standartlarining asosiy vazifasi xo'jalik yurituvchi subyektlar 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 subyektlar 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 bixillastirishni kengaytirish imkoniyati;

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

- texnik xujjatlarga 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 xujjatlarni tezkor tayyorlash.

O‘z KQYAT 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 KQYAT standartlari konstruktorlik hujjatlarini, shuningdek:

- xo‘jalik yurituvchi subyektlarning 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 qoidalarini;

- 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 KQYAT standartlarining tuzilishi, tarkibi va tasniflari

O‘z KQYAT ga kiradigan standartlar tarkibi belgilangan tartibda "O‘zstandart" agentligi tomonidan aniqlanadi.

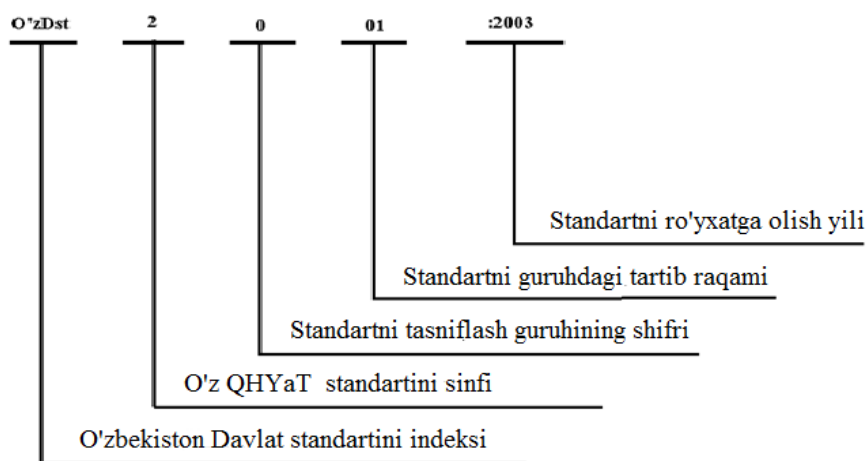
O‘z KQYAT ga kiruvchi standartlarning umumiy tarkibi 10 ta tasniflash guruhlariga bo‘linadi (2.1-jadval).

2.1-jadval

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

Bir nechta tasniflash guruhlar uchun talablarni belgilaydigan standartlar birinchi (nomerlarni olib borish tartibi bo‘yicha) guruhga kiritiladi.

O‘z KQYAT barcha standartlari tarmoqlararo standartlashtirish tizimlarining 2-sinfiga kiradi.



2.4-rasm. O‘z KQYAT standartini belgilash misoli

O‘z KQYAT standartlarini belgilanishi tasniflash prinsipi bo‘yicha tuziladi. Standartning raqami O‘z KQYAT standartlari sinfiga berilgan 2 raqamidan; (nuqtadan keyin) standartlarni tasniflash guruhini belgilovchi bitta raqamdan; standartning 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 (1.6-rasm).

Sinov-nazorat savollari

1. O'lchash asboblarning qanday shkala xarakteristikalarini bilasiz?
2. Shkala bo'linmasining qiymati deb nimaga aytiladi?
3. Kombinatsiyalangan o'lchash asboblarning vazifasi nimalardan iborat?
4. Qayd qiluvchi tipik qurilmalarning sxemasini tushuntirib bering.
5. O'z QYAT standartlarining asosiy vazifasi nimadan iborat?

3-AMALIY MASHG'ULOT

O'LCHASH ASBOBLARI KONSTRUKSIYALARI

Reja:

1. Asboblarning konstruksiyalari.
2. Signalni muvozalantiruvchi o'lchash asboblari.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: fizik kattalik, asbob shkalasi, o'lchash bo'g'inlari, signal, asboblarga qo'yilgan talablar.

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

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

$$\varphi = f(B) \quad (3.1)$$

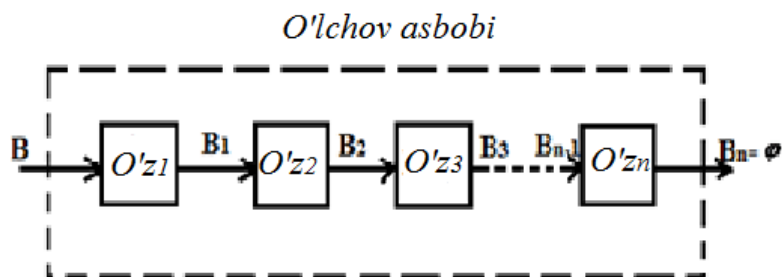
bunda φ — asbob ko'rsatkichining burchakli yoki chiziqli siljishi, B — o'lchanayotgan fizik kattalik.

(3.1) bog'lanish **asbob shkalasining tenglamasi** yoki xarakteristikasi deyiladi.

Har qanday o'lchash asbobining ishi natijada o'lchanadigan kattalikni ko'rsatkichning siljishiga o'zgartirishga keltiriladi. Shu sababli

o'lchash asbobini sxematik ravishda, o'lchanayotgan fizik kattalik B ni ko'rsatkichning mexanik siljish miqdori φ ga o'zgartiradigan o'zgartkich deb qarash mumkin.

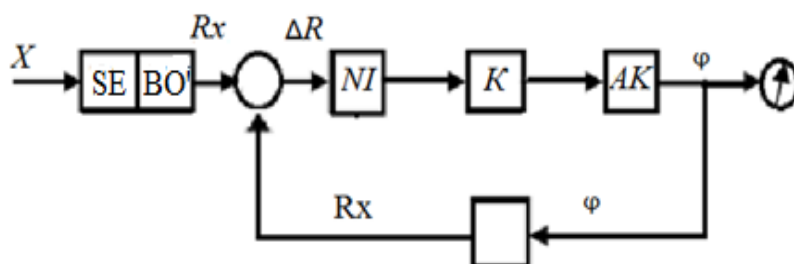
Oraliq o'zgartgichlar soniga qarab asbobni bo'g'inlarga bo'lish mumkin, bu bo'g'inlarning har biri asbob ichida B miqdorni ma'lum tarzda o'zgartiradi. Ana shu bo'g'inlar majmuasi o'lchanayotgan kattalikning talab etilgan o'zgarishini ko'rsatkichning siljishi φ ga o'zgartiradi.



3.1-rasm. O'lchash asbobining umumlashgan struktura sxemasi

Istalgan o'lchash asbobining struktura sxemasi, uning ishlash prinsipidan qat'i nazar, ketma-ket ulangan o'lchash bo'g'inlari $O'Z_1, O'Z_2, O'Z_3, \dots, O'Z_p$ (2.1-rasm) qatoridan tuzilgan zanjir kabi tasvirlanishi mumkin.

Birinchi bo'g'in $O'Z_1$ uchun kirish miqdori bo'lib B kattalik xizmat qiladi. Har bir bo'g'inning chiqish miqdori keyingi bo'g'in uchun kirish miqdori bo'lib xizmat qiladi. Oxirgi $O'Z_p$ bo'g'inning chiqish miqdori ko'rsatkichning $V_p = \varphi$ siljishini anglatadi.



3.2-rasm. Signali muvozanatlashtiruvchi o'lchash asboblarning struktura sxemasi

Signalni muvozzalantiruvchi o'lash asboblari

Umumiy holda o'lash vositalarining struktura sxemasini qurilish prinsipiga qarab ikki guruhga bo'lish mumkin: to'g'ri o'zgartiradigan o'lash sxemalari va signalni moslashtiradigan o'lash sxemalari. To'g'ri o'zgartirish prinsipi bo'yicha qurilgan o'lash vositalarida o'lanayotgan kattalik dastlabki o'zgartkichga yoki uning o'lash zanjiri qismidan iborat bo'lgan sezgir elementiga keladi.

O'lash zanjirida, odatda, o'lanayotgan kattalikni axborotning biror eltuvchisi (elektr tokining kuchi yoki kuchlanishi, siqilgan havo bosimi va boshqalar) signaliga o'zgartish amalga oshiriladi. Mazkur signal so'ngra kuchaytiriladi va sanash qurilmasiga uzatiladi. Eng sodda variantda shu sxemadan faqat sezgir element va sanash qurilmasi qolishi mumkin. To'g'ri o'zgartkich sxemalari sodda, ishonchli, yetarli tezkorlikka ega, hamda uncha qimmat emas. Ammo ulardan amalda kichik energiya signallarini o'lashda foydalanib bo'lmaydi. Differensial o'zgartkichlar va ular bilan o'lash sxemalari signali to'g'ri o'zgartish sxemalari turlaridan biridir.

Signalni muvozzanatlashtiradigan o'lash sxemalari strukturalari 3.2-rasmda keltirilgan. O'lanayotgan kattalik X dastlabki o'zgartkich BO ga (BO — birlamchi o'zgartkich) yoki uning sezgir elementi SE ga keladi va R_x signalga aylantiriladi, bu signal kompensatsiya qurilmasi KQ dan chiqqan R_k signal bilan moslashtiriladi. Kompensatsiya qurilmasi KQ chiqarish signali φ ni kompensatsiya qiluvchi R_k signalga o'zgartiradi. Muvozzanatlashmagan signali ΔR nomuvofiq lashtirish indikatorini NI orqali kuchaytirgich K kirishiga beriladi. Kuchaytirgichning chiqish signali integrallovchi qurilma IQ ga (masalan, reversiv dvigateliga) ta'sir qiladi yoki chiqish signali φ kuchaytirgich chiqishdan olinadigan signal yo'q bo'lganda o'zgarmay qolaveradi. φ signal asbob ko'rsatkichi AK va kompensatsiya qurilmasi KQ ga beriladi. Shunday qilib, chiqish signali φ o'lanayotgan X kattalik qiymatini aniqlaydi. Signalni muvozzanatlashtiruvchi asboblari yuqori aniqlikka ega bo'lib, kichik signallarni o'lash imkonini beradi. Ammo ularning tezkorligi kam, bahosi yuqori, ishonchliligi esa to'g'ri o'zgartkich asboblari nikiga qaraganda past.

Sinov-nazorat savollari

1. Asbob shkalasi tenglamasiga ta'rif bering?

2. O'lchash bo'g'inlari tushunchasiga ta'rif bering?
3. Signalni muvozalantiruvchi o'lchash asboblarning struktura sxemasi nimalardan iborat?
4. Asbob konstruksiyaga qo'yiladigan talablar qaysilardan iborat?
5. Asbob konstruksiya qo'llash shartlariga bog'liq ravishda qanday bajariladi?

4-AMALIY MASHG'ULOT

O'LCHASH O'ZGARTKICHLARI KONSTRUKSIYALARI

Reja:

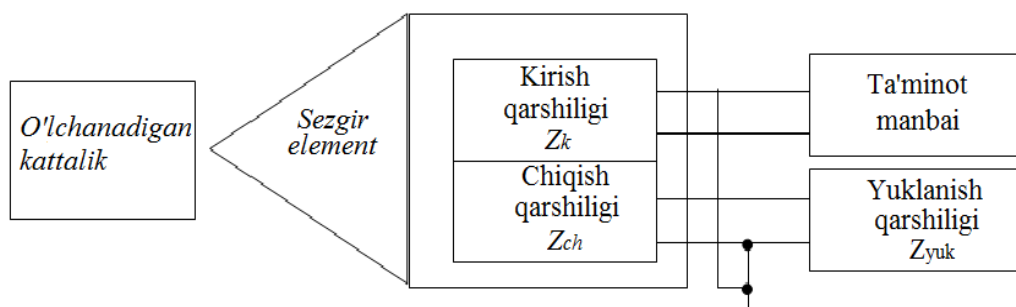
1. O'lchash o'zgartkichlarining turlari.
2. O'lchash asboblarning qo'llashdagi afzalliklarini o'rganish.
3. O'lchash signallarini ko'rsatib beruvchi qurilmalar.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: o'lchash o'zgartkichlari, sezgir element, oraliq, uzatuvchi o'zgartkich, birlamchi o'lchash o'zgartkichi, aktiv sig'imli va induktiv birlamchi o'lchash o'zgartkichlari.

O'lchashga doir axborotni uzatish, o'zgartirish, ishlov berish va saqlash uchun qulay bo'lgan, ammo kuzatuvchi bevosita idrok qilishi mumkin bo'lmaydigan shakldagi signalni ishlab chiqish uchun xizmat qiladigan o'lchash vositasi **o'lchash o'zgartkichi** deb ataladi. Inson o'zining sezgi organlari bilan o'lchash o'zgartkichi signallarini qabul qila olmaydi. O'zgartiriladigan fizik kattalik **kirish kattaligi**, uning o'zgartirilgani esa **chiqish kattaligi** deyiladi. Kirish va chiqish kattaliklari orasidagi bog'lanish o'zgartkich funksiyasida qaror topadi. O'lchash o'zgartkichlari o'lchash asboblarning, turli o'lchash tizimlarining, biror jarayonlarni avtomatik nazorat qilish yoki boshqarish tizimlarining tarkibiy qismi hisoblanadi. O'lchanayotgan kattalik keltirilgan o'lchash o'zgartkichi **birlamchi o'zgartkich** deyiladi. Birlamchi o'lchash o'zgartkichlari, ko'pincha, **datchik** deb yuritiladi. Uning bevosita o'lchanayotgan kattalik ta'siridagi qismi **sezgir element** deyiladi. Masalan, termoelektrik termometrda termopara, manometrik termometrda termoballon ana shunday elementlardir.

O'lchash o'zgartkichlarining quyidagi turlari mavjud:

- passiv (datchik), o'lchanayotgan kattalikdan (termistor) energiya oladi (termoelementlar, fotoelementlar);
- aktiv



4.1-rasm. O'lchash o'zgartkichi sxemasi

Sezgir element – obyektning o'lchanadigan xususiyatini qabul qilib uni boshqa fizik kattalikka o'zgartiradi.

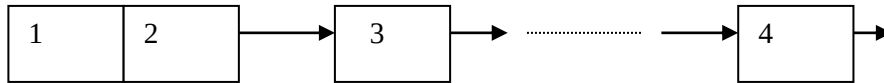
O'zgaruvchi element – fizik kattalikning qiymati obyektning o'lchanayotgan xususiyatini xarakterlovchi elektr signaliga o'zgartiradi.

O'zgartkich kuchlanish manbaiga ulanadi (u ichki manba bo'lishi mumkin). Manba aniq ishlash uchun zarur (passiv o'zgartkichlardan tashqari). Manba kuchlanishga nisbatan o'zgartkich qarshiligi Z_{in} – kirish qarshiligi. O'zgartkich chiqish klemmlaridagi qarshilik – chiqish qarshiligi – Z_{out} . O'zgartkich chiqish klemmlariga qarshilik – kuchlanish qarshiligi – Z_L .

O'zgartkich va yuklanish orasidagi kabel qarshiligi – yuklanish qarshiligi bir qismining o'zgartkich o'lchash tizimi bilan muvofiqlashtirilishi yuqoridagi aytilgan qarshiliklarni hisobga olib amalga oshiriladi.

O'zgartirish natijasida kattalikning fizik tabiati o'zgarmas va o'zgartirish funksiyasi chiziqli bo'lsa, unda bu o'zgartkich **masshtabli** yoki **kuchaytirgich deyiladi** (kuchlanish kuchaytirgichlari, o'lchash mikroskoplari, elektron kuchaytirgichlar). **“Kuchaytirgich”** so'zi odatda o'zgartirilayotgan kattalikka bog'liq ravishdagi (kuchlanish kuchaytirgichi, gidravlik kuchaytirgich) yoki unda bo'layotgan yagona o'zgartirishga bog'liq ravishdagi aniqlik kirituvchi so'z (lampali kuchaytirgich, oqimli kuchaytirgich) bilan birga ishlatiladi. O'zgartgichda kirish kattaligi fizik tabiatiga ko'ra boshqa tur kattalikka o'zgartirilganda u mos holda shu kattaliklar turlari bo'yicha nomlanadi (elektromexanik, pnevmosig'imli va h.k.).

Joylashish oʻrniga koʻra oʻzgartkichlar (4.2-rasm) **birlamchi**, yaʼni oʻlchanadigan fizik kattalik bevosita keltiriladi; uzatuvchi, yaʼni chiqishida qayd etish va masofaga uzatish uchun qulay kattalik hosil qilinadi; **oraliq**, yaʼni bular oʻlchash zanjirida birlamchidan keyin joylashgan boʻladi.



Hisoblash qurilmasiga

4.2-rasm. Oʻlchash maʼlumotini oʻzgartirish: 1– sezgir element; 2 – birlamchi oʻzgartkich; 3 – oraliq oʻzgartkich; 4 – uzatuvchi oʻzgartkich

Birlamchi oʻzgartkichlar oʻlchash tizimining aktiv yoki passiv elementi boʻlishi mumkin. Aktiv birlamchi oʻzgartkichlar odatda qoʻshimcha energiya manbalarini talab qiladi.

Mexanik, pnevmatik, gidravlik, optik, elektrik, sigʻimli va induktiv birlamchi oʻzgartkichlari ancha keng tarqalgan.

Mexanik birlamchi oʻzgartkichlar (4.3-rasm) quyidagilar uchun:

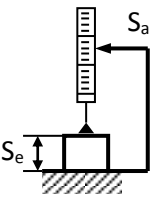
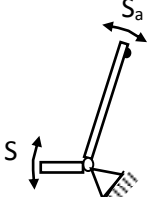
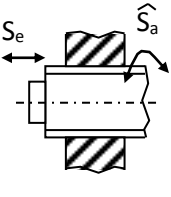
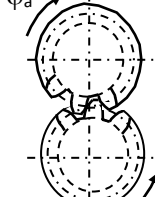
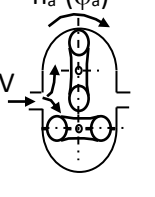
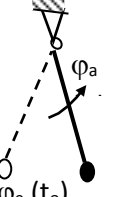
- chiziqli va burchak oʻlchashlarida, hajm, vaqt (oʻlchash obyekti bilan kuch yoki kinematik bevosita aloqa yoʻli bilan);
- kuch va bosim (deformatsiyalanuvchi elementlar orqali);
- harorat (qattiq jism, suyuqlik va gazlarning issiqlik kengayishi hisobiga) ishlatiladi.

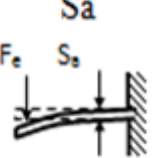
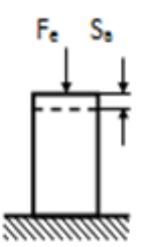
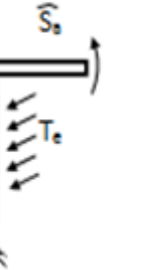
Pnevmatik va gidravlik birlamchi oʻzgartkichlar (4.4-rasm): uzunlik, tezlik (oqim uchun), aylanish chastotasi, kuch (bosim, sarf va soplo kesimi bilan bogʻliq tomoni orqali) uchun ishlatiladi.

Elektrik birlamchi oʻzgartkichlar quyidagilarga boʻlinadi:

1) Passiv elektr oʻtkazgichlar (4.5-rasm), ular quyidagilar:

- pyezoelektrik – uzunlik, kuch, bosim uchun (pyezoelektrik effekt qoʻllaniladi);
- tebranishlar uchun elektrodinamik – aylanish chastotasi, tezlik uchun qoʻllaniladi (gʻaltakdagi induksiya kuchlanishining gʻaltakni harakatlantirish orqasidan kelib chiqqan oʻzgaruvchan magnit oqimiga proporsionalligidan foydalaniladi);
- harorat uchun elektrik (Zeebek termoelektrik effekt qoʻllaniladi);
- yorugʻlik oqimi uchun yorugʻlikli (yorugʻlik effektidan foydalaniladi) boʻlishi mumkin.

Uzunlik	Burchak	Uzunlik	Burchak	Hajm	Vaqt
					
Shtrixli uzunlik o'lchovi	Richag	Rezba	Tishli g'ildirak	Aylanuvchi parrak	Mayatnik

Kuch	Kuch	Bosim	Bosim	Harorat	Harorat
					
Tekis prujina	Deformatsi yalanuvchi jism	Trubkali prujina	Halqasimon difmanometr	Dilatometrik sterjen	Bimetall plastina

4.3-rasm. Birlamchi mexanik o'lchash o'zgartkichlari

2) Aktiv rezistiv o'zgartkichlar (4.5-rasm), ya'ni quyidagilar:

- uzunlikning rezistiv o'zgartkichi (rezistor uzunligining chiqish kuchlanishiga bog'liqligi ishlatiladi);
- uzunlikning rezistiv tenzometrik o'zgartkichi (sim qarshiligining uzunligiga bog'liqligi qo'llaniladi). Material ichki kuchlanishini o'lchashda foydalaniladi;
- kuchning rezistiv o'zgartkichi (kuch ta'sirida kontakt yuzalar qarshiligining o'zgarishiga asoslangan);
- haroratning rezistiv o'zgartkichi (o'tkazgich va yarimo'tkazgichlar qarshiligining haroratga bog'liqligiga asoslangan) kiradi.

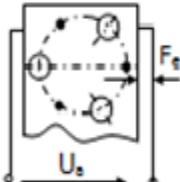
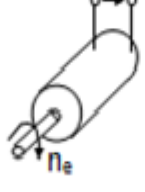
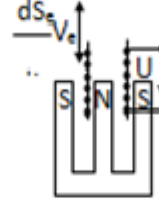
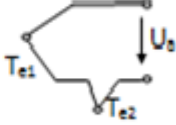
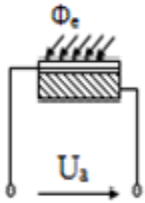
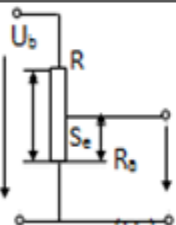
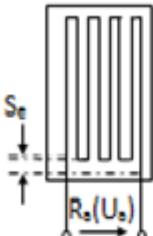
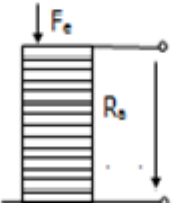
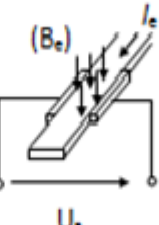
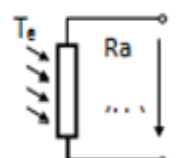
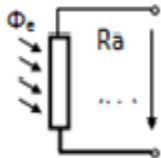
3) Sig'imli o'zgartkichlar (4.6-rasm) uzunlikni (sig'imning elektrodlar yuzalari va ular orasidagi bog'liqligiga asoslangan), sathni va elektro'tkazuvchi bo'lmagan qattiq jism qalinligini (sig'imning kondensator plastinalari orasida joylashgan ikkita turli dielektrik xususiyatli jismlar yuzalarining qo'shilishiga bog'liqligiga asoslangan) o'lchash uchun qo'llaniladi.

Uzunlik	Tezlik (oqim uchun)	aylanish chastotasi	Kuch (uzunlik)	Kuch (uzunlik)	Harorat
Soplo-to'siq	Venturi Soplosi	Drosselli nasos	Plastinali prujina	Silfon	Manometrik termometr
Uzunlik	Uzunlik	Burchak (uzunlik)	Burchak (uzunlik)	Mexanik kuchlanish	Singdirish ko'rsatkichi
O'lchash mikroskopi	Interferension komparator	Avtokol-limator	Og'dirish oynasi	Polyarimetr	Refrakto-metr

4.4 – rasm. Pnevmatik, gidravlik (tepada) va optik (pastda) birlamchi o'zgartkichlar

4) Induktiv o'zgartkichlar (4.6-rasm) da magnit o'tkazuvchanlik yoki magnit oqimi o'zgarishi oqibatida magnit qarshiligini o'zgarishiga g'altak induktivligini bog'liqligidan foydalanilgan. Bu o'zgartkichlar quyidagilar:

- ko'ndalang yakorli siljish (magnit yo'lini o'zgartirishga asoslangan);
- chiqarib oluvchi yakorli siljish (magnit singdiruvchanlik o'zgarishiga asoslangan);
- magnit qayishqoqlik (magnit qayishqoqlik prinsipi ishlatiladi, chunki bir qator materiallarning magnit singdiruvchanligi mexanik kuchlanishga bog'liq) bo'lishi mumkin.

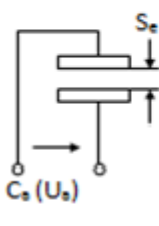
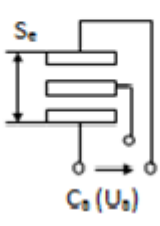
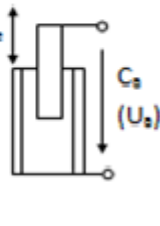
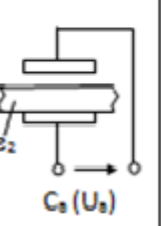
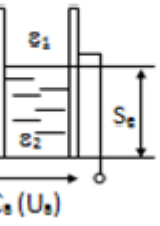
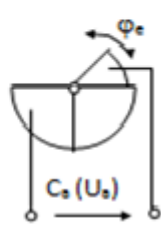
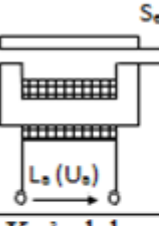
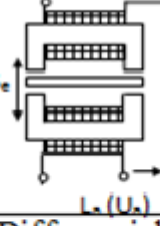
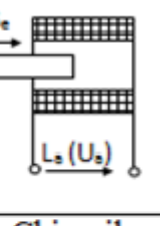
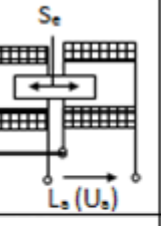
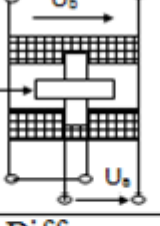
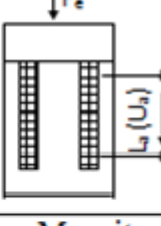
Kuch	Aylanish chastotasi	Aylanish chastotasi	Tezlik	Harorat	Yorug'lik oqimi
					
Pyezokristall	Reduksion taxometr	Generator	Qo'zg'aluvchan g'altak	Termoelement	Fotoelement
Uzunlik	Uzunlik	Kuch	Elektr toki (magn. induk)	Harorat	Yorug'lik oqimi
					
Potensiometr	Tenzometrik o'zgartkich	Ko'mirli plastinkalar	Xoll generatori	Termorezistor	Fotorezistor

4.5 – rasm. Passiv elektrik (yuqorida) va aktiv rezistiv (pastda) birlamchi o'lchash o'zgartkichlari

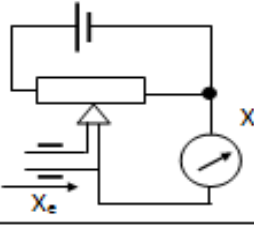
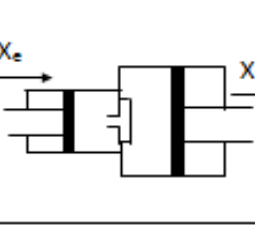
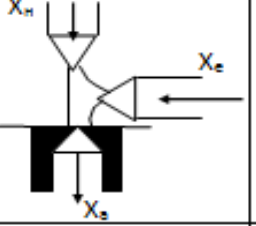
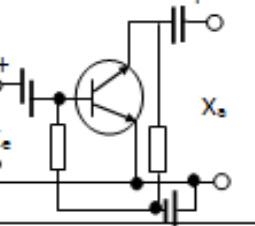
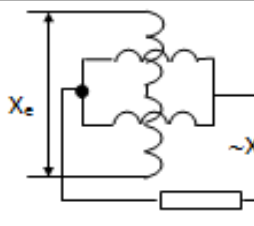
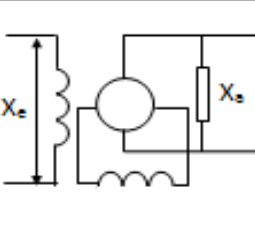
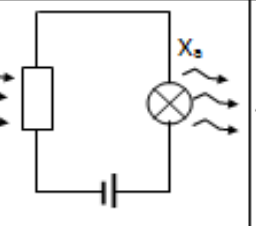
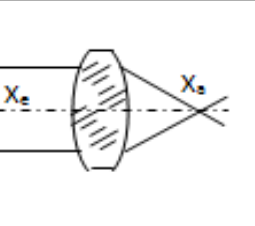
Analog o'lchash signallarini muvofiqlashtiruvchi qurilmalar o'zida quyidagilarni:

- o'lchash ko'prik sxemasi;
- o'lchash kuchaytirgichi (mexanik, gidravlik, pnevmatik, magnitli va optik elektrik) (4.7-rasm);
- tinchlantiruvchi zvenolar (rezinometalli, porshenli, havoli, uyurma toklaridagi, elektrik tinchlantiruvchi, rezistorlar, issiqlik ekranlari, yutuvchi filtrlar, qutblangan filtrlar);
- hisoblash elementlari (zvenolari) mujassamlashtirishi mumkin.

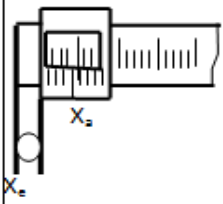
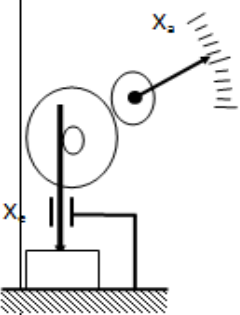
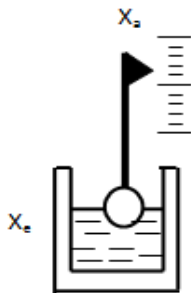
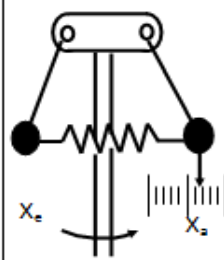
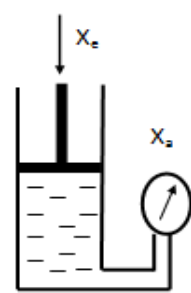
O'lchash signalini chiqarib ko'rsatib beruvchi qurilma. O'lchangan qiymatni analog shaklda ko'rsatish shkalasi va ko'rsatkich (indeks, belgi)ning bir-biriga nisbatan uzluksiz o'zgarib turishi bilan xarakatlanadi. Kirish signalining turiga qarab mexanik, pnevmatik yoki elektrik xususiyatli o'lchash tizimlari mavjud (4.8-rasm).

Uzunlik	Uzunlik	Uzunlik	Uzunlik (qalinlik)	Uzunlik (qalinlik)	Burchak
					
Yorug'lik oqimi	Differensial kondensator	Silindrik kondensator	Parallel joy-lashtirilgan dielektrik	Perpendikulyar joylashtirilgan chegaralovchi dielektrik.	O'zgaruvchan sig'imli aylanuvchi kondensator
Uzunlik	Uzunlik	Uzunlik	Uzunlik	Uzunlik	Kuch
					
Ko'ndalang yakor	Differensial ko'ndalang yakor	Chiqarib olinuvchi yakor	Differensial chiqarib olinuvchi yakor	Differens. transformator	Magnito qayishqoq o'zgartkich

4.6 – rasm. Aktiv sig'imli (yuqorida) va induktiv (pastda) birlamchi o'lchash o'zgartkichlari

Uzunlik	Kuch	Bosim	Tok kuchi
			
Sudraluvchi reostat	Porshenli tizim	Oqimli kuchaytirgich	Tranzistorli kuchaytirgich
Kuchlanish	Quvvat	Yorug'lik oqimi	Yoritilganlik
			
Magnit kuchaytirgich	Elektromashinali kuchaytirgich	Fotorezistor	Yig'uvchi linza

4.7-rasm. Kuchaytiruvchi zvenolar

Uzunlik	Uzunlik	Sath	Aylanish chastotasi	Kuch
				
shtangensirkul	Soatsimon indikator	Qalqovuch	Markazdan qochma regulyator	Porshenli manometr

4.8-rasm. Analog ko'rsatuvchi asboblari

Sinov-nazorat savollari

1. O'lchash o'zgartkichlari deb nimaga aytiladi?
2. Birlamchi mexanik o'lchash o'zgartkichlariga misollar keltiring?
3. Elektrik birlamchi o'zgartkichlar qanday turlarga bo'linadi?
4. Analog o'lchash signallarini muvofiqlashtiruvchi qurilmalari qanday elementlardan iborat?
5. Kirish signalining turiga qarab o'lchash tizimlarining qanday turlari mavjud?

5-AMALIY MASHG'ULOT

QURILMALAR YARATISHDA MODELASHTIRISH

Reja:

1. Model va modelashtirish tushunchalari.
2. Matematik modelashtirish va hisoblash tajribalari to'g'risida asosiy tushunchalar.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Model, modelashtirish, determinallashtirilgan model, geometrik, matematik model, model-algoritm-dastur.

Model va modellashtirish bu- universal tushunchalar bo‘lib, obyekt, jarayon va hodisalarni (model va modellashtirish orqali) hamda ixtiyoriy kasbiy sohani anglashning eng yaxshi usullarining atributlaridan biridir.

Model va modellashtirish mazkur modellar va modellashtirish natijalari qayerda qo‘llanilishidan qat’i nazar fanlararo muammolarni yechish 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.

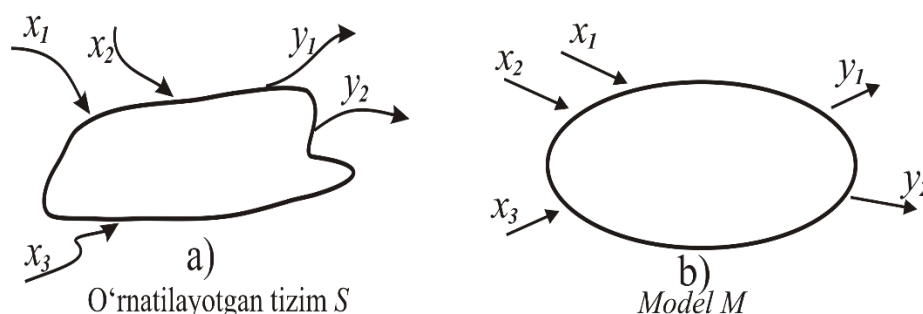
Model- bu asl nusxani qandaydir yo‘l orqali tasvirlash va ta’riflashdan iborat bo‘lib, asl nusxa hodisa bo‘yicha ma’lum bir gipoteza va aniq bir taxminlarga ko‘ra uni a’lo darajada o‘rganish, tadqiq qilish, uning xossalarini tavsiflash uchun asl nusxani almashtirishga imkon beradi.

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

- 1) tushish jarayoni vakuumda sodir bo‘ladi (havoning qarshilik koeffitsiyenti nolga teng);
- 2) shamol yo‘q;
- 3) jism 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 usulini ishlab chiqish); modelni qo‘llash (amaliyotga yoki nazariy jihatdan).

S sistemani X kiruvchi va Y chiquvchi signallari bilan M modelni qurish sxemasi 5.1 – rasmda keltirilgan.



5.1 – rasm. Model qurish sxemasi

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

Agar modelni tasvirlashda parametrlari orasida vaqt parametri qatnashmasa, bu – **statik** model deyiladi.

Agar modelni tasvirlashda parametrlari orasida vaqt parametri aniq ajralib tursa, bu – **dinamik** model deyiladi.

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

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

Agar model ierarxik (daraxtsimon) tuzulishdan iborat bo'lsa, bu – **ierarxik** (daraxtsimon) model deyiladi.

Agar model qandaydir lingvistik obyektlardan iborat bo'lsa, bu – tilli yoki **lingvistik** model deyiladi. Ko'p hollarda **sintaksis model** ham deyiladi.

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.

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

Misol: $F=am$ modeli – og'ma tekislik bo'ylab jism harakatining statistik modeli.

Nyuton qonunining dinamik modeli: $F(t)=a(t) \cdot m(t)$ yoki, yanada aniqroq aytganda $F(t)=s''(t) \cdot m(t)$. Agar faqat $t=0.1, 0.2, \dots, 1(c)$ deb

qaralsa, u holda $S_t = \frac{gt^2}{2}$ model yoki $S_0 = 0, S_1 = \frac{0.01g}{2}, S_2 = \frac{0.04g}{2}, \dots, S_{10} = \frac{g}{2}$ sonli ketma-ketlik erkin

tushayotgan jism harakatining diskret modeliga xizmat qiladi. $S = \frac{gt^2}{2}$, $0 < t < 10$ model $(0;10)$ oraliqda uzluksizdir.

$a_1x_1 + a_2x_2 = S$ model ikki xil 1 va 2 mahsulot ishlab chiqaruvchi korxonaning ekonomik 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 $S = \frac{gt^2}{2}$, $0 < t < 10$ modelda biz tasodifiy parametrni, ya'ni jism erkin tushayotganda shamolning birdan kuchayish kuchi p ni hisobga

olsak, masalan, $S(p) = \frac{g(p)t^2}{2}$, $0 < t < 10$, 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.

Hisoblashning algoritmik modeli cheksiz kamayuvchi sonli qatorlar yig'indisining, qatorning chekli yig'indisidan to uning biror berilgan aniq darajasi uchun hisoblash algoritmi bo'lib xizmat qiladi.

To'g'ri yozish qoidasi – tilli, **strukturali (tuzilishli) model**. Globus – yer sharining asl geografik modeli. Uy maketi qurilayotgan uyning asl geometrik modeli. Aylanaga ichki chizilgan ko'pburchak aylananing kompyuter ekranidagi vizual geometrik modelni beradi.

Model tiplari va uning tabiatiga emas, balki aloqalarga, uning sistema osti va elementlari munosabatlariga bog'liq.

Misol: yuqumli kasalliklar epidemiyasi dinamikasini, radioaktiv elementlarning parchalanishi, ishlab chiqarish korxonalarda buyumlarni ishlab chiqarish va boshqalarning jarayonlari har xil bo'lsa ham, matematik tavsiflanisha bir xil bo'ladi.

Ixtiyoriy modelning asosiy xossalari:

- aniq bir maqsadga qaratilganligi;
- cheklilik;
- soddalashgan;
- yaqinlashmoqlik;
- aynan bir xillik (adekvatlik);
- 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:

▪ **energetika:** atomli reaktorlarni boshqarish, termoatom jarayonini modellashtirish, energetik jarayonlarni oldindan aytib berish, energoresurslarni boshqarish va h.k.;

▪ **iqtisod:** modellashtirishda sotsial-iqtisodiy va iqtisodiy jarayonlarni oldindan aytib berish, banklararo hisob-kitoblar, avtomatlashtirish ishlari va h.k.;

▪ ***kosmonavtikada:*** kosmik kemalarni uchishini boshqarish va trayektoriyasining hisob-kitoblari, sun'iy yo'ldosh axborotlarini qayta ishlash va h.k.;

▪ ***meditsina:*** modellashtirish, epidemiyani oldindan aytib berish, yuqumli kasalliklar jarayoni, davolanish jarayonini boshqarish, kasallik diagnostikasi va davolanishning yuqori strategiyasini ishlab chiqish va h.k.;

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

▪ ***ekologiya:*** ekologik tizimni ifloslanishini modellashtirish, ekologik tizimda sababli – natija aloqalarini oldindan aytish va h.k.;

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

▪ ***harbiy ishlar:*** harbiy mojarolarni oldindan aytib berishda va modellashtirish, jangavor vazifalarda, qo'shnlarni boshqarishda, armiyani ta'minlashda va h.k.;

▪ ***siyosat:*** siyosiy vaziyatlarni oldindan aytib berish va modellashtirish va h.k.;

▪ ***sotsiologiya, jamoatchilik ilmi:*** ijtimoiy guruh va jarayonlarni hodisani oldindan aytish va modellashtirish, jamoatchilik harakati va ta'siri va h.k.;

▪ ***OAV:*** xabarlarni u yoki bu guruh kishilariga ta'sir etishi effektini oldindan aytib berish va modellashtirish, ijtimoiy qatlam va h.k.;

▪ ***turizm:*** turistlar oqimini oldindan aytib berish va modellashtirish, turizm infrastrukturasining rivojlanishi va h.k.;

▪ ***loyihalash:*** turli tizimlarni loyihalash, modellashtirish, eng yaxshi loyihalar ishlab chiqish, loyihalash jarayonini avtomatik boshqarish;

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, xabarlarni vizuallashtiradi va h.k..

Kompyuterli modellashtirish boshidan oxirigacha quyidagi bosqichlarni bosib o‘tadi.

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

Matematik modellashtirish va hisoblash tajribalari to‘g‘risida asosiy tushunchalar

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.

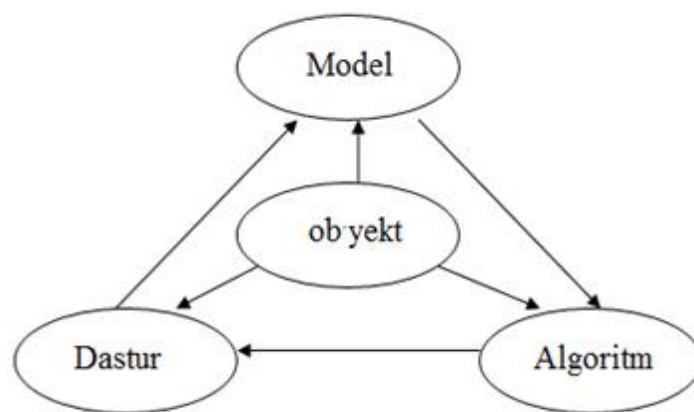
Matematik usullardan keng foydalanish nazariy tadqiqotlarning umumiy darajasini oshirishga va ularni tajribaviy tadqiqotlar bilan chambarchas aloqada olib borishga imkon beradi. Matematik modellashtirishga nazariya hamda tajribaning ko‘plab yutuqlarini o‘zida mujassamlashtirgan anglash, qurish, loyihalashtirishning yangi usuli sifatida qarash mumkin. Obyektning o‘zi bilan emas, uning modeli bilan ishlash uning mavjud holatlardagi xatti-xarakatini tez va sarf-harajatlarsiz o‘rganishga imkon beradi. Ayni paytda obyektlarning modellari ustida o‘tkazilgan hisoblash (kompyuter, imitatsiyaviy) tajribalari zamonaviy hisoblash usullarining quvvati va informatikaning 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'lmasdi. Yadroviy portlashlar, raketa va sun'iy yo'ldoshlarning uchirilishi, avvalo, kompyuterlarda loyihalashtirildi, so'ngra esa amaliyotga tatbiq etildi.

Matematik modellashtirishning asosini *«model-algoritm-dastur»* uchligi tashkil etadi. 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.



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

Uchinchi bosqichda model va algoritmnı kompyuterda ishlatish uchun dasturiy vosita yaratiladi. Dasturiy mahsulot matematik modellashtirishning matematik modellar qatoridan foydalanish, hisoblashning ko'p variantlilikı bilan bog'liq muhim xususiyatni 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 aposterial tahlil etishga, hisoblash

algoritmalarining aniqligini nazorat qilishga, hisob ma'lumotlarini sifatli qayta ishlash va tahlil qilishga asoslanadi.

Zamonaviy bosqichda hayotiy ta'minlanganlik muammosini hal etish matematik modellashtirish va hisoblash tajribasidan keng foydalanishga asoslanadi. Hisoblash vositalari (kompyuterlar va sonli usullar) odatda tabiiy fandagi tadqiqotlarda, avvalo fizika hamda mexanikada yaxshi tasvirlangan. Kimyo va biologiyani, tuproq haqidagi fanlarni, ijtimoiy fanlarni faol matematikallashtirish jarayoni olib boriladi. Muhandislik va texnologiyada matematik modellashtirishni 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 tashxis 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 modellashtirishning eng yuqori pog'onasi sifatida qaraladi.

Sinov va nazorat savollari

1. Model va modellashtirish tushunchalariga ta'rif bering.
2. Modellarning qanday turlari bor?
3. Modellashtirish bir-biriga bog'liq qanday muammolardan iborat?
4. Nazariy to'plamli model deb nimaga aytiladi? Modellarni qo'llashga misollar keltiring.
5. Modellashtirishni turli sohalarda qo'llanilishiga misollar keltiring.

6-AMALIY MASHG‘ULOT

TEXNIK QURILMALARNI YANGI KONSTRUKSIYALARINI ISHLAB CHIQISHNI AVTOMATLASHTIRILGAN USULLARI

Reja:

1. Loyihalash jarayoni va soddalashtirilgan model.
2. Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari.
3. Loyihalashni avtomatlashtirishni tashkil qilish.

Kalit (tayanch) so‘z va iboralar: Loyihalash jarayoni, loyiha, matematik ta’minot, loyihalashni avtomatlashtirish, amaliy dasturlar.

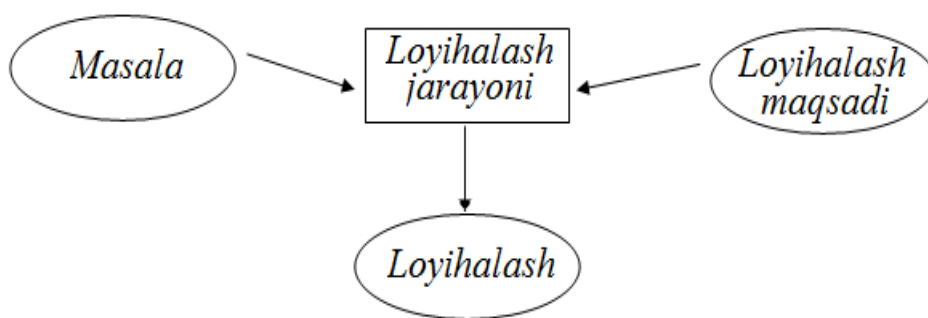
Amaliy mashg‘ulot zamonaviy pedagogik texnologiya elementlaridan, masalan, interfaol usulni qo‘llab dars o‘tiladi.

Darsda texnik vosita va ko‘rgazmali qurollardan keng foydalaniladi (kodaskop, proyektor, plakat va hokazo).

Talabalar tarqatma materiallar bilan ta’minlanadilar.

Talabalar mustaqil fikrlashi uchun to‘la sharoit yaratiladi.

Loyihalash jarayonini avtomatlashtirishni o‘rganishdan oldin, loyihalash jarayonini va uning soddalashtirilgan modeli bilan tanishib chiqishimiz kerak. Oddiy soddalashtirilgan loyihalash jarayonining umumiy modelini ko‘rib chiqamiz. (6.1- rasm).



6.1- rasm. Loyihalash jarayonining umumiy modeli

Ko‘rsatilgan modelni izohlaymiz:

- loyihalash maqsadi o‘zgarmaydi;
- loyiha yaratish uchun aniqlangan texnologik tipli bilimlar kerak bo‘ladi;

- loyihalash jarayoning hujjatlashtirish mumkin bo'lgan va ishlab chiqarishda foydalaniladigan axborotlarni (loyihani) yaratadi.

“Loyiha” – bu yaratilayotgan mahsulotning modeli bo'lib hisoblanadi.

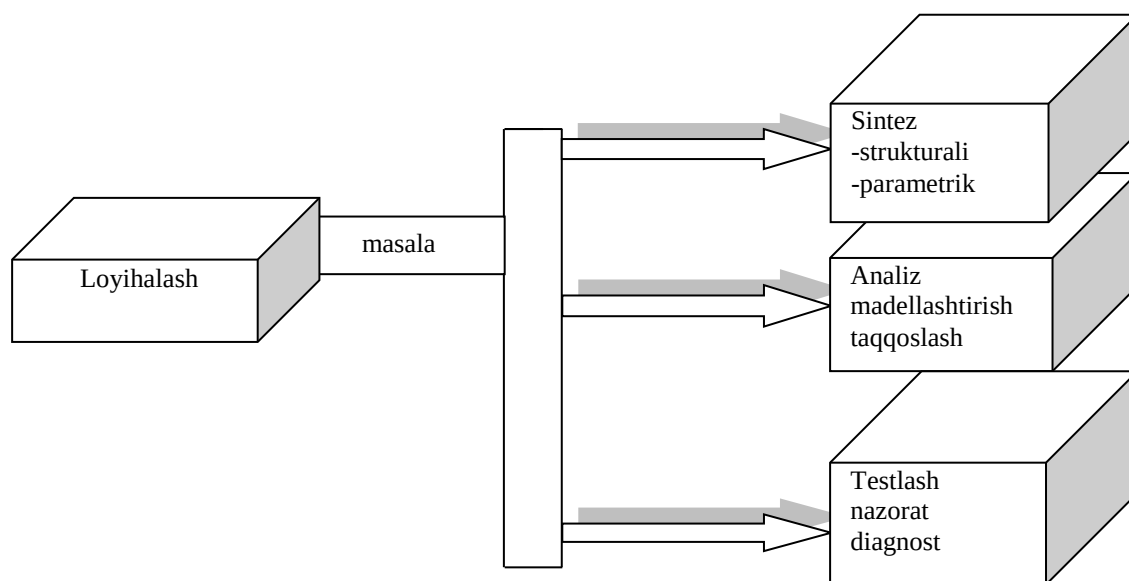
Shunday qilib, yangi mahsulotni (obyektni) hisoblash texnikasi vositalarisiz, ya'ni loyihalash jarayonini avtomatlashtirishsiz yaratishga sezilarli vaqt va mehnat resurslari sarf qilinadi. Zamonaviy murakkab hisoblash tizimlari (super EHM, ShEHM, mikroprotessorli hisoblash vositalari) yaratilishi bilan, ularning qo'lda loyihalash umuman mumkin bo'lmay qoladi. Bu esa loyihalash jarayonining asosiy masalalarini ALT lar yordamida bajarish zaruriyatini keltirib chiqarmoqda.

Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari

Loyihalashning turli bosqichlarida yechiladigan masalalarni uchta guruhga bo'lish mumkin: sintez, analiz, testlash (tekshirish) (6.2-rasm).

Sintez masalasi strukturali va parametrik sintez protsedurasini yaratishga qaratilgan. **Strukturali sintez** qilishda obyekt strukturasi, ya'ni uning elementlarini tashkil qiluvchilari va ularning o'zaro bog'lovchilari aniqlanadi. **Parametrik sintez esa** berilgan strukturadagi elementlarning sonli qiymatlari va ularni ishlash qobiliyatlari uchun shart-sharoitlarni aniqlash hisoblanadi.

Analiz qilish- bu obyektlarning uning izohlanishi bo'yicha ishlash qobiliyatini aniqlashdan iborat.



6.2- rasm. Loyihalashni avtomatlashtirish masalalari

Loyihalashni avtomatlashtirish– bu maxsuslashtirilgan va universal EHM larda yuqorida ko‘rsatilgan masalalarni to‘la yoki qisman yechishni taqozo qiladigan jarayon. Loyihalashni avtomatlashtirish quyidagi bazali ta‘minotlarga ega:

- matematik ta‘minot (MT)
- texnik ta‘minot (TT)
- lingvistik ta‘minot (LT)
- dasturli ta‘minot (DT)
- axborotli ta‘minot (AT)
- tashkiliy ta‘minot (TSHT)
- uslubiy ta‘minot (UT)

Turli ko‘rinishdagi bazali ta‘minot to‘plami loyihalashni avtomatlashtirish vositalari kompleksini tashkil qiladi. Shundan kelib chiqib, ALT lar loyihalash tashkilotlari bilan o‘zaro munosabatni ko‘rsatuvchi va avtomatlashtirilgan loyihalashni bajaruvchi, loyihalashni avtomatlashtirish vositalari kompleksidan tashkil topgan, tashkiliy, texnik tizimlar ko‘rinishida aniqlanadi.

Loyihalashni avtomatlashtirishni tashkil qilish

Har bir ALT loyihalash obyektini va loyihalash masalasini izohlovchi vositaga ega. Birinchi navbatda loyihalash masalasi formallashtiriladi. So‘ngra ALT LT vositalarida ko‘rilgan ichki tillarda dastlabki ma‘lumotlarni tasvirlash amalga oshiriladi. Bu ma‘lumotlar insonlar oson qabul qila oladigan shakllarda tasvirlanishi kerak, so‘ngra mashinada qayta ishlash uchun mashina ichki tiliga o‘giriladi. Bunday protsedura translyatsiya 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 ma‘lumotlarni tashkil qiladi. Bu dasturlarning ketma-ket bajarilishi loyihalash yo‘nalishining bajarilishini ko‘rsatadi. Olingan natijalar dastlab ichki kiritish tillarida tasvirlanib, so‘ngra loyihalovchi tushunarli shaklda kerakli qurilmaga chiqariladi.

Axborotni kiritish–chiqarishni tashkil qilish, amaliy dasturlarni berilgan loyihalash yo‘nalishidagi o‘zaro munosabatlarini tashkil qilish uchun boshqaruvchi tizim ALT operatsion tizimidan foydalaniladi.

Ma‘lumotlar asosan magnit axborot tashuvchilar bazasida saqlanadi. Amaliy dasturlarning o‘zaro munosabatlarini ma‘lumotlar bazasini

boshqarish tizimi (MBBT) orqali amalga oshiriladi. Har bir amaliy dasturlarda ma'lumotlarni qayta ishlash, ALT MT lari tarkibidagi uslub va vositalarni ishlatuvchi algoritmlar bo'yicha bajariladi.

Hozirgi vaqtga kelib, hisoblash texnikasi mahsulotlarini loyihalash uchun bir qancha katta ALT lar yaratilgan. Bunday tizimlarga misol qilib, PCAD, OrCAD, AutoCAD, DISAP, Puls, mantiqiy sxema ALT lari, PROEKT, KOMPAS tizimlarini keltirishimiz mumkin.

Sinov va nazorat savollari

1. Loyihalash jarayonining umumiy modeli nimalardan iborat?
2. Loyihalashni avtomatlashtirish deganda nimani tushunasiz?
3. Loyihalashni avtomatlashtirishni tashkil qilishni bosqichma-bosqich aytib bering.
4. Axborotni kiritish – chiqarishni tashkil qilish qanday amalga oshiriladi?
5. Loyihalash jarayonining umumiy modelini tushuntiring.

7-AMALIY MASHG'ULOT

O'LCHASH VOSITALARINING FIZIKAVIY TAMOYILLARI

Reja:

1. Fizik-texnik effektlar.
2. O'lchash vositalarining fizikaviy tamoyillari.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: elektronlar, solishtirma qarshilik, issiqlikka sezgirlik, tenzoelement, namlikka sezgirlik.

Fizik-texnik effektlarni o'zgartkichlar, datchiklarda o'lchash jarayonida sodir bo'ladigan fizik xususiyatlar orqali tushuntiramiz. Bu effektlar asosida o'lchash asbobi elementlari tanlanadi.

TIO' texnik yechimni ko'p kriteriyali optimallashtirishni ekspluatatsion xarakteristikalar asosida o'tkaziladi. Buning uchun hamma variantlarning har bir xarakteristikasi bo'yicha alohida ajratiladi. Keyin nisbiy xarakteristikalar quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

- a) sezgirlikning nisbiy qiymati S_i^* :

$$S_i^* = \frac{S_i}{S_{\max}} \quad (7.1)$$

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

b) diapazonning nisbiy qiymati D_i^*

$$D_i^* = \frac{D_i}{D_{\max}} \quad (7.2)$$

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

d) inkor intensivligining nisbiy qiymati λ_i^*

$$\lambda_i^* = \frac{\lambda_{\min}}{\lambda_i} \quad (7.3)$$

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

e) xatolikning nisbiy qiymati γ_i^*

$$\gamma_i^* = \frac{\gamma_{\min}}{\gamma_i} \quad (7.4)$$

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

f) vaqt doimiysining nisbiy qiymati T_i^*

$$T_i^* = \frac{T_{\min}}{T_i} \quad (7.5)$$

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

Har bir variant uchun nisbiy xarakteristikalar yig'indisi quyidagicha:

$$\sum N = S_i^* + D_i^* + \lambda_i^* + \gamma_i^* + T_i^* \quad (7.6)$$

Amalda har bir nisbiy xarakteristikalar 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.

O'lchash vositalarining fizikaviy tamoyillari

Har qanday materialda elektronlarning harakati yopiq idishda gazning o'zini qanday tutishini eslatadi. Ularning umumiy chizgilari: elektronlarning har qanday nuqtada ixtiyoriy ko'chish yo'nalishi va bir xil o'rtacha konsentratsiyasi (material bir jinsli strukturaga ega deb hisoblanadi). Sterjenning uchlari V kuchlanish manbaiga ulanganda (7.1- rasm) materialning ichida E kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydoni paydo bo'ladi:

$$E = \frac{V}{l} \quad (7.7)$$

Aytaylik, sterjenning uzunligi 1 m ga, manbaning kuchlanishi esa – 1,5 V ga teng bo'lsin, shunda elektr maydoni 1,5 V/m kuchlanganlikka ega bo'ladi. Maydon erkin elektronlarga ta'sir ko'rsatadi, ularni maydonning yo'nalishiga qarama-qarshi harakatlanishga majbur qiladi. Bu material orqali elektr toki oqa boshlaganligini bildiradi. Sterjenning ko'ndalang kesimi orqali o'tadigan elektr zaryadlari oqimining tezligi (vaqt birligida o'tadigan zaryadlar soni) elektr toki deb ataladi:

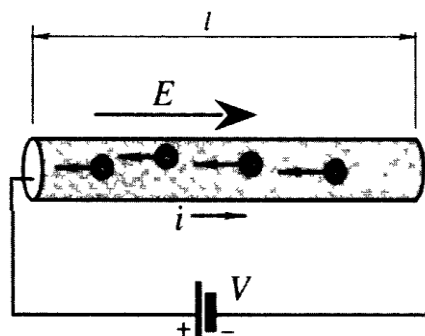
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (7.8)$$

SI birliklar tizimida elektr tokining o'lchash birligi Amper (A) bo'lib hisoblanadi: 1 Amper = 1 Kulon/sekund. SI birliklar tizimida Amper bir-biridan 1 m masofada joylashgan, o'tkazgichning har bir metr uzunligiga 2×10^{-7} N ga teng bo'lgan ta'sir ko'rsatuvchi kuchni hosil qiladigan ikkita cheksiz uzun parallel o'tkazgichlardan oqib o'tadigan elektr tokiga teng bo'ladi. Bir amper – bu yetarlicha katta tok kuchidir. Datchiklarda odatda anchagina kichik toklardan foydalaniladi, shu sababli amaliyotda ko'pincha uning quyidagi hosilalaridan foydalaniladi:

1 milliamper (mA)..... 10^3 A;
 1 mikroamper (mkA)..... 10^6 A;
 1 nanoamper (nA)..... 10^9 A;

1 pikoamper (pA)..... 10^{12} A;
 1 femtoamper (fA)..... 10^{15} A.

Tokning kattaligi, materialning ko'ndalang kesimi va bir jinsliligidan qat'i nazar, qo'yilgan elektr maydoni bilan belgilanadi. Bu xuddi har qanday kesimda suyuqlik sarfi (ko'ndalang kesim orqali vaqt birligida o'tadigan suyuqlik miqdori) har doim bir xil bo'lgan ketma-ket tutashtirilgan turlicha diametrli trubkalar tizimiga o'xshaydi, bu tor seksiyalarda oqim tezlashishini, keng seksiyalarda esa – sekinlashishini bildiradi. Fizikaning fundamental qonunlaridan biri zaryadning saqlanish qonuni bo'lib hisoblanadi, uning ma'nosi shundan iboratki, statsionar sharoitlarda materialda zaryadlar paydo ham bo'lmaydi, yo'qolib ham ketmaydi. Boshqacha qilib aytganda, **qancha zaryad kirib kelgan bo'lsa, xuddi shuncha zaryad chiqib ketishi lozim**. Bu o'rinda gap faqatgina **rezistiv xususiyatlarga** ega bo'lgan materiallar xususida boradi.



7.1- rasm. Sterjenga qo'yilgan kuchlanish unda elektr toki paydo bo'lishini chaqiradi

Elektr o'tkazuvchanlik mexanizmini soddalashtirilgan ko'rinishda quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Elektr o'tkazuvchan material, masalan mis, misning musbat ionlaridan tarkib topadigan yarim qattiq qayishqoq muntazam panjara ko'rinishida modellashiriladi. Bu ionlar panjarada kuchli elektromagnitik kuchlar yordamida ushlab turiladi. Misning har bir atomi panjaraning ichida harakatlanishga qodir bo'lgan bittadan erkin elektronga ega. Materialga E elektr maydoni qo'yilganda har bir elektronga $-e E$ kuch ta'sir ko'rsatadi (e – elektronning zaryadi). Elektronlar bu kuch ta'siri ostida tezlanish ola boshlaydi. Biroq qoidaga ko'ra, ularning vibratsiyalanish intensivligi materialning harorati bilan belgilanadigan boshqa qo'shni atomlar bilan to'qnashguncha juda qisqa

masofani bosib o'tishga ulguradi. Bunda elektronlar o'zlarining kinetik energiyasini panjaraga beradi va ko'pincha musbat ionlar tomonidan yutiladi. Bunday qayta shakllanishlar natijasida elektr maydonida mis atomi bilan keyingi to'qnashuvga ko'chadigan yana bitta erkin elektron hosil bo'ladi. To'qnashishlar o'rtasida o'tadigan o'rtacha vaqt τ bilan belgilanadi. U materialning tipi, strukturasi va sofliğiga bog'liq bo'ladi. Masalan, xona haroratida sof misda materialning elektr o'tkazuvchanligini ta'minlaydigan elektron to'qnashuvlar orasida $\tau = 2,5 \times 10^{-14}$ ga teng bo'lgan vaqtda o'rtacha 0,04 mkm masofani bosib o'tishga ulguradi. Bu mexanizmdan ko'rinib turibdiki, materialga kuchlanish manbaining manfiy qutbi tomondan kirib kelgan va musbat qutbga qarab ketadigan elektronlar xuddi o'sha elektronlarning o'zlari bo'lmaydi. Biroq bunda materialning har qanday ko'ndalang kesimi orqali elektronlarning o'zgarmas oqimi o'tadi. Elektronlarning materialning atomlari bilan to'qnashishi atomning ichki energiyasini oshiradi, bu materialning haroratini oshiradi. Shu sababli rezistiv material orqali elektr toki o'tganda issiqlik ajralishi sodir bo'ladi, bu issiqlik Joul issiqligi deb ataladi.

Tok yo'nalishi elektr maydonining yo'nalishi bilan mos tushadi (ya'ni elektronlar oqimiga qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'ladi) deb hisoblash qabul qilingan. Shunga ko'ra, elektr toki kuchlanish manbaining musbat qutbidan manfiy qutbga qarab oqadi, elektronlar esa qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi.

Solishtirma qarshilik

Agar turli materiallardan (masalan, mis va shishadan) ikkita geometrik bir xil sterjenlar tayyorlansa va ularga teng kuchlanish qo'yilsa, ular orqali oqib o'tadigan tok bir xil bo'lmaydi. Har bir material uchun undan elektr toki o'tishini xarakterlaydigan xarakteristika mavjud. U ***solishtirma qarshilik*** deb ataladi. Bunda material ***elektr qarshiligiga*** ega deyiladi, bu qarshilik Om qonuni bo'yicha aniqlanadi:

$$R = \frac{V}{i} \quad (7.9)$$

Sof rezistiv elementlar uchun (sig'imga ham, induktivlikka ham ega bo'lmagan) kuchlanish va tok faza bo'yicha mos tushadi.

Har qanday materiallar solishtirma qarshilikka ega, shu sababli ular **rezistorlar** deb ataladi. SI birliklar tizimida qarshilikning o'lchash birligi Om bo'lib hisoblanadi: 1 Om = 1 Volt 1 Amper. Ko'pincha bu birlikdan hosilalar qo'llaniladi:

1 milliom (mOm)	10^{-3} Om
1 kiloom (kOm)	10^3 Om
1 megaom (MOM)	10^6 Om
1 gigaom (GOM)	10^9 Om
1 teraom (TOM)	10^{12} Om.

Agar elektr tokini suv oqimi bilan solishtiradigan bo'lsak, quvurlar tarmog'idagi bosim (Pa) rezistordagi kuchlanishga (V), suv sarfi (l/s) – elektr tokiga (Kl/s), quvurdagi suv oqimiga qarshilik esa – elektr qarshiligiga (Ω) mos keladi. Ko'rinib turibdiki, quvurlar tarmog'i qanchalik kalta, keng va bo'sh bo'lsa, suvning oqishiga qarshilik shunchalik kichik bo'ladi. Agar quvurga, masalan, filtr o'rnatilsa, suvning oqishiga qarshilik anchagina ortadi. Xuddi shunga o'xshash, tomirlarning ichki yuzasiga xolesterin o'tirib qolishi koronar qon aylanishini yomonlashtiradi, natijada arterial bosim yurakning normal faoliyat ko'rsatishini ta'minlash uchun yetarli bo'lmay qoladi, bu yurak xurujiga olib kelishi mumkin. Elektr zanjirlarining o'zini qanday tutishi Kirxgoff qonunlariga bo'ysunadi, bu qonunlar nemis fizigi Gustav Robert Kirxgoff (1824-1887yy) nomi bilan atalgan. Bu qonunlar dastlab vodoprovod tarmoqlari uchun chiqarilgan. Yuqorida keltirilgan o'xshashliklardan ko'rinib turibdiki, ular elektr zanjirlari uchun ham amalda o'zgarmasdan qolgan.

Qarshilik har qanday qurilmaning xarakteristikasi bo'lib hisoblanadi. Uning kattaligi materialning o'zi bilan ham, rezistorning geometriyasi bilan ham belgilanadi. Material, qoidaga ko'ra, ρ *solishtirma qarshilik kattaligi* bilan xarakterlanadi:

$$\rho = \frac{E}{j} \quad (7.10)$$

bunda j – tokning zichligi, $j = i/a$ (a – materialning ko'ndalang kesim yuzasi). SI birliklar tizimida solishtirma qarshilikning o'lchov birligi **Ommetr bo'lib hisoblanadi**. Ilovada ba'zi bir materiallarning solishtirma qarshiliklari keltirilgan. Ko'pincha solishtirma qarshilikka teskari kattalikdan tez-tez foydalaniladi, u **solishtirma o'tkazuvchanlik**

yoki **elektr o'tkazuvchanlik** deb ataladi: $\sigma = 1/\rho$, u simenslarda (Sm) o'lchanadi.

Materialning solishtirma qarshiligini elektronlarning moddaning atomlari bilan to'qnashguncha o'tgan τ o'rtacha vaqt, e elektronning zaryadi, uning m massasi va n hajm birligidan o'tgan elektronlarning soni orqali ham ifodalash mumkin:

$$\rho = \frac{m}{ne^2\tau} \quad (7.11)$$

O'tkazgichning qarshiligini topish uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$R = \rho \frac{l}{a} \quad (7.12)$$

Bunda a – o'tkazgichning ko'ndalang kesimining maydoni, l – o'tkazgichning uzunligi.

Haroratga sezgirlik

Materialning o'tkazuvchanligi t haroratning o'zgarishlariga bog'liq bo'ladi va uni nisbatan tor diapazonda α qarshilikni harorat koeffitsiyenti yordamida ifodalash mumkin:

$$\rho = \rho_0 \{1 + \alpha(t - t_0)\} \quad (7.13)$$

bunda ρ_0 – materialning t_0 etalon haroratdagi (odatda yoki 0°C ga, yoki 25°C ga teng bo'lgan) solishtirma qarshiligi. Nisbatan kengroq diapazonda solishtirma qarshilikning haroratga bog'lanishi noxiziqli funktsiya bo'lib hisoblanadi.

7.2-rasmda volframning solishtirma qarshiligining haroratga noxiziqli bog'lanishini keng qiymatlar diapazonida qanday qilib eng kichik kvadratlar uslubi bilan olingan $\alpha = 0,0058^\circ\text{C}^{-1}$ to'g'ri chiziq bilan almashtirish mumkinligi ko'rsatilgan. Bunday yaqinlashishdan faqatgina baholovchi hisob-kitoblar uchun foydalanish mumkin. Katta aniqlik talab qilinadigan hollarda solishtirma qarshilikni modellashtirish uchun yuqoriroq tartibli polinomial bog'lanish qo'llaniladi. Masalan, keng haroratlar diapazonida volframning solishtirma qarshiligini ikkinchi tartibli tenglama yordamida topish mumkin:

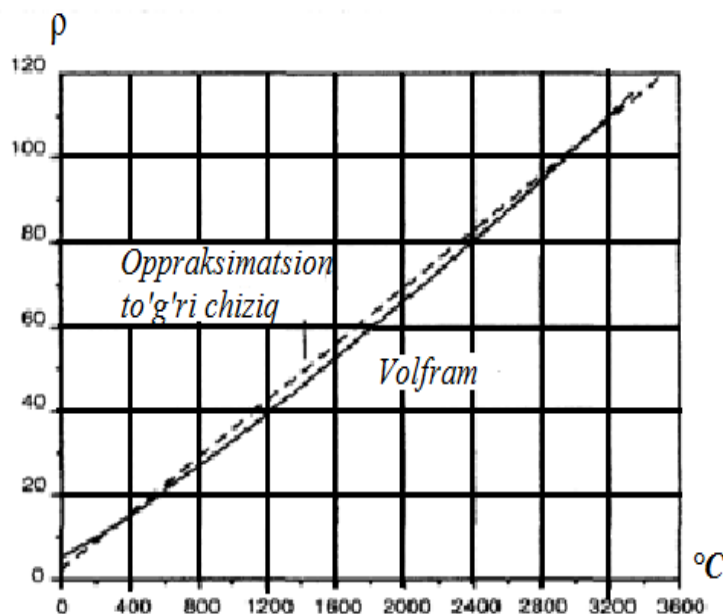
$$\rho = 4,45 + 0,0269t + 1,914 \times 10^{-6} t^2 \quad (7.14)$$

bunda t - $^{\circ}\text{C}$ larda, ρ esa – Ω larda.

Metallar musbat qarshilik harorat ko'effitsiyentiga, ko'pgina o'tkazgichlar va oksidlar esa – manfiy qarshilik harorat ko'effitsiyentiga ega. Elektron sxemalarda qo'llaniladigan rezistorlar uchun past harorat ko'effitsiyentiga ega bo'lgan materiallarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi, harorat datchiklarini qurish uchun esa rezistorlar yuqori qarshilik harorat ko'effitsiyentiga ega bo'lishi lozim bo'ladi. Rezistiv harorat datchiklari ko'pincha *termistorlar* yoki *harorat detektorlari* deb ataladi. 200 ... 600 $^{\circ}\text{C}$ keng harorat diapazonida ishlaydigan platinali detektor ko'proq keng tarqalgan rezistiv harorat datchigi bo'lib hisoblanadi. Platinali rezistiv harorat datchigining qarshiligining haroratga bog'lanishi 7.3- rasmda ko'rsatilgan. 0 $^{\circ}\text{C}$ haroratda R_0 qarshilikka ega bo'lgan qarshilik uchun eng kichik kvadratlar uslubi bilan olingan chiziqli bog'lanishni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$R = R_0 (1.00 + 36.79 \times 10^{-4} t) \quad (7.15)$$

bunda t - $^{\circ}\text{C}$ larda, ρ esa – Ω larda. Haroratdagi ko'paytuvchi (to'g'ri chiziqli egilganligi) datchikning sezgirligi deb ataladi, uni +0,3679%/ $^{\circ}\text{C}$ sifatida yozish mumkin.



7.2- rasm. Volframning solishtirma qarshiligining haroratga bog'lanishi

Rasmdan qarshilik egri chizig'ining unchalik katta bo'lmagan nochiziqliligi ko'rinib turibdi. Agar korrektirovka qilish bajarilmasa, natijalarda kattagina xatolik paydo bo'lishi mumkin. Ko'proq aniq approksimatsiya ya'ni olish uchun ikkinchi tartibli polinomial bog'lanishni qo'llash mumkin, bunda aniqlik $0,01^{\circ}\text{C}$ ga yaxshilanadi:

$$R = R_0(1 + 39.08 \times 10^{-4}t - 5,8 \times 10^{-7}t^2) \Omega \quad (7.16)$$

Biroq shuni qayd qilish lozimki, tenglamalardagi koeffitsiyentlar materiallarning sofligi va ba'zi bir texnologik omillarga bog'liq bo'ladi. Chiziqli va polinomial approksimatsiyaning platinali rezistiv harorat datchigi uchun olingan aniqligini taqqoslash uchun quyidagi misolni ko'rib chiqamiz. Agar platinali rezistiv harorat datchigi 0°C haroratda $R_0 = 100 \Omega$ qarshilika ega bo'lsa, 150°C haroratda approksimatsiyalash quyidagi qiymatni olish imkonini beradi:

$$R = 100 (1,00 + 36.79 \times 10^{-4} \times 150) = 155,55 \Omega$$

Ikkinchi tartibli polinomial bog'lanish bo'yicha esa bu qiymat quyidagiga teng:

$$R = 100 (1 + 39.08 \times 10^{-4} \times 150 - 5,8 \times 10^{-7} \times (150)^2) = 157,32 \Omega$$

Bu qiymatlar o'rtasidagi farq $1,76 \Omega$ ni tashkil qiladi, bu 150°C haroratda $-4,8^{\circ}\text{C}$ xatoga ekvivalent bo'ladi.

Termistorlar – bu yoki musbat, yoki manfiy qarshilik harorat koeffitsiyentining katta qiymatiga ega bo'lgan rezistorlardir. Termistorlar, qoidaga ko'ra, nikel, marganes, kobalt, titan, temir kabi bitta yoki bir nechta metallarning oksididan tashkil topadigan keramik yarim o'tkazgichlardan tayyorlanadi. Boshqa metallarning oksidlari deyarli hech qachon qo'llanilmaydi. Termistorlarning qarshiligi Ω ning ulushlaridan tortib to ko'plab mega Ω gacha bo'lgan oraliqlarda yotadi. Termistorlar disk, tomchi, trubka, plastinka yoki keramik taglikka surkalgan yupqa qatlam formasida bo'ladi. Yupqa plyonkali texnologiyalar sohasidagi oxirgi yutuqlar termistorlarni keramik taglikka bosib montajlash bilan tayyorlash imkonini beradi.

Issiqlikka sezgirlik

Odatda material mexanik deformatsiyalanganda uning elektr qarshiligi o'zgaradi. Bu hodisa ***pyezorezistiv effekt*** deb ataladi. Bir tomondan, bu hodisa ba'zi bir hollarda xatoliklar kelib chiqishining sababi bo'lib hisoblanadi. Boshqa tomonlama esa, shu asosda σ mexanik kuchlanishga reaksiya ko'rsatadigan tenzodatchiklarni ishlash mumkin.

$$\Sigma = \frac{F}{a} = E \frac{dl}{l} \quad (7.17)$$

Bunda E – materialning Yung moduli; G' – qo'yilgan kuch. Bu tenglamada $\frac{dl}{l} = e$ munosabat ***materialning nisbiy deformatsiyasi*** deb ataladi.

7.4-rasmda G' kuch yordamida tortilgan silindrik o'tkazgich (sim) ko'rsatilgan. Simning uzunligi oshganda, ko'ndalang kesim maydoni esa kamayganda uning v hajmi o'zgaras bo'lib qolaveradi. Natijada (7.18) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$R = \frac{\rho}{v} l^2 \quad (7.18)$$

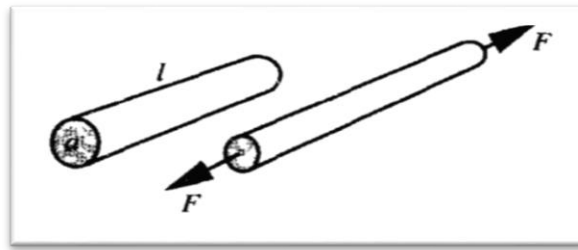
Differensiallashdan keyin qarshilikning simning uzayishiga sezgirlikni aniqlash uchun ifodani olamiz:

$$\frac{dR}{dl} = 2 \frac{\rho}{v} l \quad (7.19)$$

Bu ifodadan shunday xulosa qilish mumkinki, simning uzunligi va solishtirma qarshiligi oshganda, shuningdek ko'ndalang kesim yuzasi kamayganda, sezgirlik ortadi. Simning qarshiligining nisbiy o'zgarishi e deformatsiyalanishdan chiziqli funksiya bo'lib hisoblanadi va quyidagi ko'rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\frac{dR}{R} = S_e e \quad (7.20)$$

Bunda S_e - ***tenzosezgirlik koeffitsiyenti*** yoki ***tenzoelementning sezgirligi***. Metall simlar uchun u 2 ... 6, yarim o'tkazgichlar uchun esa – 40 ... 200 oraliqlarda yotadi.



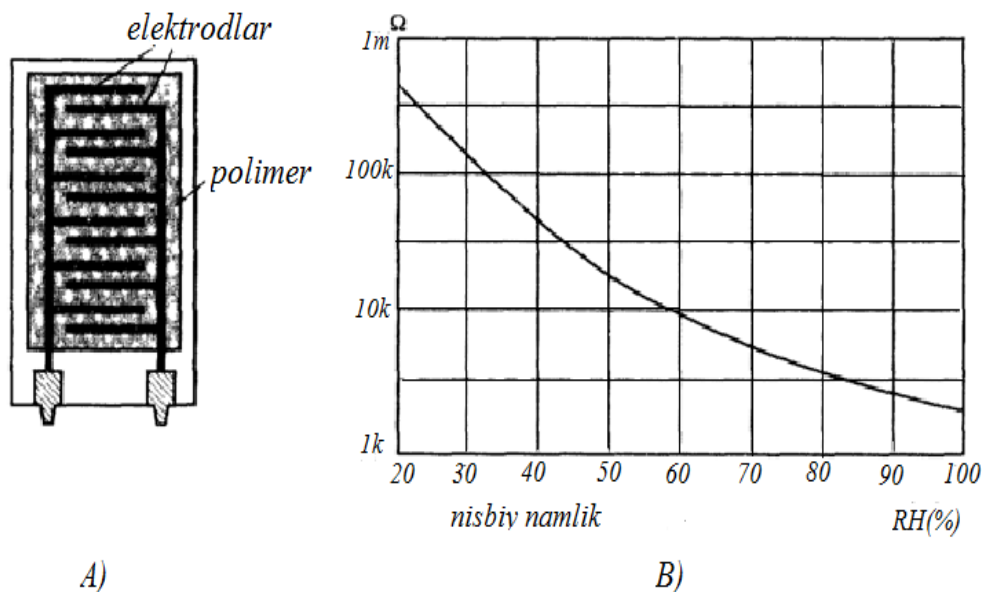
7.4- rasm. Mexanik kuchlanish o‘tkazgichning geometriyasi va uning qarshiligining o‘zgarishiga olib keladi

Dielektrik plyonkada joylashgan metall iplar eng birinchi tenzoelementlar bo‘lgan. Hozirgi kunda tenzoelementlar konstantan (mis va nikel qotishmasi) folʻgadan yoki monokristall o‘tkazuvchan materiallardan (masalan, bor bilan legirlangan kremniy) tayyorlanadi. Elementlarga kerakli formani berish uchun yoki mexanik ishlov berish, yoki fotokimyoviy eritish uslublaridan foydalaniladi. Yarim o‘tkazgichli tenzoelementga mexanik ta’sir ko‘rsatilganda uning qarshiligining o‘zgarish kattaligi yoki materialning tipi bilan, yoki aralashmaning konsentratsiyasi bilan belgilanadi. Biroq yarimo‘tkazgichli tenzodatchiklarning sezgirliги haroratga yetarlicha kuchli bog‘liq bo‘ladi, bu keng haroratlar diapazonida ishlashda mos keluvchi kompensatsiyalashni bajarishni talab qiladi.

Namlikka sezgirlik

Rezistor uchun material tanlashda uning solishtirma qarshiligini va qurshab turuvchi muhit omillariga beriluvchanligini hisobga olish zarur bo‘ladi. Shunday omillardan biri rezistor tomonidan yutiladigan namlik miqdori bo‘lib hisoblanadi. Ularning solishtirma qarshiligi yutilgan suv molekulalarining konsentratsiyasiga kuchli tarzda bog‘liq bo‘ladigan gigroskopik materiallar asosida namlikning o‘zgarishiga reaksiya ko‘rsatadigan rezistorlarni yasash mumkin. Bunday rezistorlar rezistiv namlik datchiklarida qo‘llaniladi va ***gigristorlar*** deb ataladi. Tiplashgan gigristor unga trafaretli bosish uslubi bilan ikkita qarama-qarshi qoziqsimon elektrodlar kiritilgan taglikdan tashkil topadi, elementlar gigroskopik elektr o‘tkazuvchan yarimo‘tkazgich gel bilan qoplangan bo‘ladi (7.5A-rasm). Gel, qoidaga ko‘ra, gidroksietilsellyuloza, nonilfenil polietilen glikolefir va bundan kam bo‘lmagan ekzotik nomlarga ega bo‘lgan, uglerod kukuni qo‘shilgan boshqa organik

moddalardan tashkil topadi. Bu gel to bir jinsli massa hosil bo'lguncha obdon aralashtiriladi. Gigristorlarning boshqa bir tipi litiy-xlorid (LiCl) plyonka va bog'lovchi moddadan tayyorlanadi.



7.5- rasm. A – gigristorning sxemasi, B – uning uzatish funksiyasi

Datchikning tagligi gel elektronlar o'rtasidagi butun kenglikni to'ldirmaguncha nazorat qilinadigan tezlik bilan gelga cho'ktiriladi. Qoplama qoplangan tagliklar ma'lum bir harorat va namlikda o'tkaziladigan termik qotishga tortiladi. Gigristorlarning qarshiligining haroratga bog'lanishi noxiziqli xarakterga ega (7.5B- rasm), kalibrlash va o'lchashlar natijalariga ishlov berish paytida buni hisobga olish zarur bo'ladi.

Nazorat va sinov savollari

1. Elektr toki o'lchash birligi (Amper)ga ta'rif bering.
2. Solishtirma qarshilik deb nimaga aytiladi?
3. Solishtirma o'tkazuvchanlik yoki elektr o'tkazuvchanlik deb nimaga aytiladi?
4. Haroratga sezgir materiallarga misollar keltiring.
5. Namlik datchiklarini ishlash prinsipini tushuntirib bering.

8-AMALIY MASHG'ULOT

TEXNIK QURILMALARINING EKSPLUATATSION XARAKTERISTIKALARINI BAHOLASH

Reja:

1. O'lchash asboblarning ishonchliligi.
2. O'lchash asboblarning buzilmasdan ishlash ehtimolligini hisoblashning funksional sxemasini o'rganish.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: o'lchash asbobining ishonchliligi, buzilish ehtimolligi, buzilishlar chastotasi, parametrik ishonchlilik.

Ishlab chiqarish jarayonlarida murakkab o'lchash asboblari juda ham ko'p ishlatilishi munosabati bilan avtomatlashtirishda qo'llanadigan 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'yimoqda.

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 yechishda shu prinsipdan foydalanish, ishlab chiqarish texnologiyasini to'g'ri tanlash, sifat, rejim va alohida detal hamda asboblarni tayyorlashni nazorat qilish, shuningdek, foydalanish, qarab turish va remont qilishga bo'lgan talablarga rioya qilish bilan erishiladi.

Ishonchlilik deganda tizimning (asbob, qurilma va boshqalarning) berilgan vaqt oralig'i mobaynida o'z parametrlarini ma'lum berilgan chegaralarda saqlab, buzilmasdan ishlay olish qobiliyati tushuniladi. Tizim ishlash qobiliyatining buzilishi natijasida uning parametrlarining qo'yilgan talablarni qanoatlantirmay qo'yishi, tizimning buzilganligini anglatadi. Tizim ishining buzilish sabablari, xarakteri na oqibatlari turli-tuman bo'lishi mumkin. Tizimning buzilishi to'satdan va asta-sekin, to'liq va qisman bo'lishi mumkin. Buzilishning boshlanishi, uning xarakteri va oqibatlari doim tasodifiy, ehtimolli xarakterga ega bo'ladi.

Buzilmasdan (tuzuk holda) ishlash ehtimolir(t) —tizim ishonchliligining asosiy xarakteristikasidir. Bunda $p(t)$ berilgan vaqt oralig‘ida berilgan shartlar bajarilganda birorta ham buzilish ro‘y bermaslik ehtimolidir:

$$p(t)=p\{T>t\}. \quad (8.1)$$

Ishonchlilikning yana bir necha muhim xarakteristikalarini ko‘ramiz.

Buzilish ehtimoligi (t) — berilgan vaqt oralig‘igacha hech bo‘lmasa bir marta buzilish ro‘y berishi ehtimoli:

$$g(t) = p\{ T \leq t \}. \quad (8.2)$$

Ma’lumki, buzilmasdan ishlash va buzilish ehtimollari yig‘indisi birga teng:

$$p(t) + q(t)=1. \quad (8.3)$$

Buzilishlar chastotasi

$$a(t) = \frac{\Delta n_x}{n\Delta t} , \quad (8.4)$$

bunda Δn_x — $(t - \frac{\Delta}{2})$ dan $(t + \frac{\Delta}{2})$ gacha bo‘lgan vaqt oralig‘ida buzilgan buyumlar soni; n — buyumlarning dastlabki soni; Δt — vaqt oralig‘i.

Buzilishlar chastotasi yana quyidagi ko‘rinishda tasvirlanishi mumkin:

$$a(t) = \frac{dg(t)}{dt} = \frac{dP(t)}{dt} \quad (8.5)$$

Buzilishlar jadalligi (xavfliligi) $\lambda(t)$ — vaqt birligi davomida buzilishlar sonining berilgan vaqt oralig‘ida buzilmay ishlaydigan elementlarning o‘rtacha soniga nisbati bilan aiiqlanadigan buyumlarning buzilish ehtimoli, ya’ni

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n_x}{n_x \cdot \Delta t}, \quad (8.6)$$

bunda Δn_x — $(t - \frac{\Delta t}{2})$ dan $(t + \frac{\Delta t}{2})$ gacha bo'lgan vaqt oralig'ida buzilgan buyumlar soni.

$$n_x = \frac{n_{i-1} + n_i}{2}. \quad (8.7)$$

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:

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)}. \quad (8.8)$$

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:

$$T_m \approx \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (8.9)$$

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 (8.6) formulaga buzilgan elementlar sonini qo'yish yo'li bilan topilishi mumkin:

$$\Delta n_x = n_i - n_{i+\Delta t} = n[p(t) - p(t + \Delta t)]; \quad (8.10)$$

$$n_x = np(t). \quad (8.11)$$

Natijada quyidagini topamiz:

$$\lambda(t) = \frac{n[p(t) - p(t + \Delta t)]}{np(t)\Delta t}. \quad (8.12)$$

yoki limitga o'tsak

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)} = \frac{a(t)}{p(t)}. \quad (8.13)$$

Bu tenglamani 0 dan t gacha integrallab quyidagini hosil qilamiz:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -[\ln p(t) - \ln p(0)]. \quad (8.14)$$

Endi $t = 0$ da $p(0) = 1$ bo'lgani uchun (8.14) dan:

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln p(t) \text{ yoki } p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (8.15)$$

Agar $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ bo'lsa, (8.15) dan

$$p(t) = e^{-\lambda t} \quad (8.16)$$

munosabat kelib chiqadi.

Ishonchlilikning boshqa xarakteristikalar orasidagi bog'lanishlar ham shunga o'xshash topilishi mumkin. Masalan, buzilishlar chastotasi $a(t)$ va to'g'ri ishlash ehtimoli $p(t)$ orasidagi munosabat

$$p(t) = 1 - \int_0^t a(t) dt \quad (8.17)$$

formula bilan ifodalanadi.

Buzilmasdan ishlashning o'rtacha vaqti T_m bilan buzilish jadalligi $\lambda(t)$ orasidagi munosabat

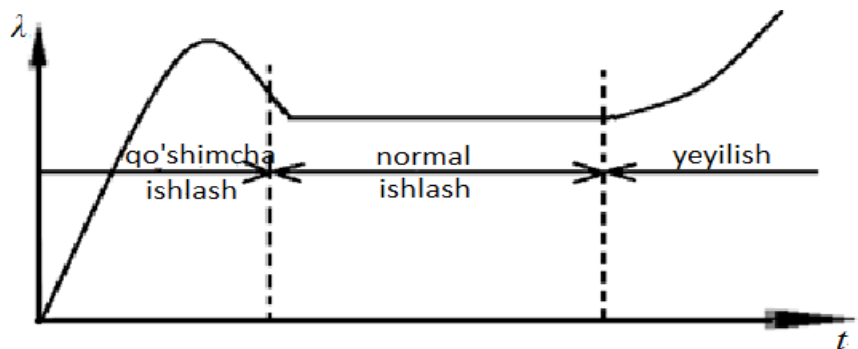
$$T_m = \int_0^\infty e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (8.18)$$

formula bilan, buzilishlar chastotasi $a(t)$ bilan buzilishlar jadalligi $\lambda(t)$ orasidagi bog'lanish

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t} = \frac{1}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}} \quad (8.19)$$

formula bilan ifodalanadi.

Biror asbob, qurilmaning buzilishlar jadalligi uning butun xizmat qilish davri mobaynida oʻzgarmas boʻlib qola olmaydi. 7. 1-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.



8.1-rasm. Buzilishlar intensivligi bilan ish vaqti orasidagi bogʻlanish

Keyinchalik buzilishlar jadalligi turgʻunlashadi va butun normal ish davrida taxminan oʻzgarmas boʻlib qoladi, bu esa ikkinchi davrga toʻgʻri 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 oʻzgarishi foydalanish davriga qarab mos ravishda oʻzgartirishlar va xizmat koʻrsatishlar kiritishni talab etadi. Buzilishlar jadalligi yoki buzilishlar orasidagi oʻrtacha vaqt ustida gap borganda doim normal ish davri koʻzda tutiladi.

Oʻlchash va avtomatlashtirish vositalarining ishonchliligi xarakteristikalarini topishda laboratoriya sinovlari keng tarqalgan. Bu sinovlar real foydalanish sharoitlari bilan bir xil sharoitlarda (oʻsha temperatura, namlik, tebranish va h.k) va rejimlarda olib boriladi. Ishonchlilik xarakteristikasini aniqlashning boshqa usuli asbobni foydalanish sharoitlarida bevosita sinab koʻrishdan iborat. Bu usul tizimning istalgan elementining ishonchliligini sinab koʻrish imkoni borligi, sinov oʻtkazishning 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 xarakteristikalarini bilish turli qurilmalarning ishonchliligi xarakteristikalarini hisoblash imkonini beradi. Agar biror elementning buzilishi sistemaning buzilishiga olib kelsa, ishonchlilik xarakteristikasini hisoblash quyidagi formulalar bo'yicha olib boriladi:

$$\frac{1}{T_{o'r}} = \frac{1}{T_{o'r1}} + \frac{1}{T_{o'r2}} + \dots + \frac{1}{T_{o'rn}} \quad (8.20)$$

bunda $T_{o'r}$ —tizim buzilishlari orasidagi o'rta vaqt; $T_{o'r1}, T_{o'r2}, \dots, T_{o'rp}$ — tizimga kiradigan alohida elementlar va asboblarning buzilishlari orasidagi o'rtacha vaqt.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n, \quad (8.21)$$

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

$$p(t) = p_a(t)p_b(t)p_c(t) \quad (8.22)$$

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 bir sikli (smena, sutka, oy, yil) uchun yoki butun ishlash davri uchun uning ish grafigi tuziladi. Qurilma va alohida elementlar ishining har bir vaqti oralig'i uchun ish rejimi va sharoitlari (temperatura, namlik, tebranish, zarbalar, atrof-muhitdagi agressiv aralashmalarning tarkibi va miqdori va h.k) aniqlanadi.

Qurilma asosiy elementlaridan har birining ishonchliligining to'liq buzilishlar paydo bo'lishiga bog'liqligi ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$p_a = e^{-(\lambda + \lambda'f)T} \quad (8.23)$$

bunda λ — uzluksiz ish rejimida buzilishlar jadalligi; λ' — ulash va uzib qo'yishda o'tish jarayoni bilan aniqlashadigan buzilishlar jadalligi; f —vaqt birligida sikllar chastotasi; T — buzilmasdan ishlash vaqti.

Bunda λ va λ' miqdorlar elementlardan har birining real ish rejimini hisobga olgan holda olinishi lozim.

Parametrik buzilishning paydo bo'lishida elementlarning ishonchliligi quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$p_b = e^{-\lambda_{\text{эКБ}} T} \quad (8.24)$$

bunda

$$\lambda_{\text{эКБ}} = \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_b} \quad (8.25)$$

$\lambda_{\text{ЭКВ}}$ — qiymat ushbu shartdan topiladi:

$$p_b = p_{b_0} + \Delta p_b = p_{b_0} \left[1 + \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_{b_0}} \cdot t \right] \approx \overline{p_{b_0}} e^{-\lambda_{\text{эКБ}} t} \quad (8.26)$$

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.

$$p_j = p_{aj} + p_{bj} \quad (8.27)$$

Qurilma ishining ishonchliligi, umuman, unga kiradigan elementlar ishonchliliklari bilan aniqlanadi, ya'ni

$$p(t) = p_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n p_j \quad (8.28)$$

bunda n — asosiy funksional sxemaga kiradigan elementlar soni.
 (8.28) munosabat quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$p(t) = \prod_{i=1}^n p_{aj} \cdot \prod_{i=1}^n p_{bj} = p_{a\Sigma} \cdot p_{b\Sigma} \quad (8.29)$$

Uzoq vaqt mobaynida foydalaniladigan o'lchash qurilmalari ishonchliligining (tizimning boshlang'ich holatini, uning buzilmasligini va qayta tiklana olishini e'tiborga oladigan) to'liq xarakteristikasini

uning normal ishlash ehtimolidan iborat yoki quyidagi formula bilan topiladigan to'liq ishonchliligidan iborat,

$$p_{\Sigma}(t) = p_0 \cdot p(t) + (1 - p_0)V(\tau)p(t - \tau) \quad (8.30)$$

bunda p_0 — boshlang'ich paytda tizimning tuzuk holatdaligi ehtimolining qiymati; $p(t) = e^{-\frac{t}{T_m}}$ — berilgan vaqtga kelib buzilmay ishlash ehtimoli; $(1 - p_0)$ — boshlang'ich paytda tizimning buzuq holatdaligi ehtimoli; $V(\tau) = 1 - e^{-\frac{\tau}{T_b}}$ — $\tau < t$ vaqtda tizimning qayta tiklanish ehtimoli; $p(t - \tau)$ — qolgan vaqt $(t - \tau)$ davomida buzilmasdan ishlash ehtimoli, bu qo'yilgan masalani yechish uchun yetarli.

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.

Sinov va nazorat savollari

1. Texnik qurilmalar qanday ekspluatatsion xarakteristikalar 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 qurilmasining buzilmasdan ishlash ehtimolini hisoblash uchun nima qilinadi?

9-AMALIY MASHG‘ULOT

KONSTRUKSIYALARNING TEXNIK HUJJATLARINI TAYYORLASH

Reja:

1. Tarmoq xususiyatidan kelib chiqqan holda loyihalashtirish vazifalari.
2. Loyiha hujjatlari tarkibi va uni ishlab chiqish tartibi.

Kalit (tayanch) so‘z va iboralar: Loyihalashtirish, loyihalashtirish topshiriqlari, loyiha tarkibi, loyihalashtirish bosqichlari.

Tarmoq xususiyatidan kelib chiqqan holda loyihalashtirish vazifalari

Har qanday obyektni yaratish, xoh u ishlab chiqarish yoki noishlab chiqarishga mo‘ljallangan bo‘lishidan qat’i nazar tegishli loyiha asosida amalga oshirilishi kerak. Loyihalashtirish muhim ahamiyatga ega, chunki sifatli loyiha asosida yaratilgan vosita kelgusida samarali ishlashi mumkin.

Loyihalashtirish ishlarini shu yo‘nalishda ish olib borish uchun tegishli litsenziyaga ega bo‘lgan loyiha tashkilotlari olib boradi. Ba’zi bir muhim tarmoqlarda (metallurgiya, mashinasozlik, energetika va h.k.) ixtisoslashtirilgan tarmoq loyiha tashkilotlari tashkil etilgan. Ular ichidan eng kattasi va yuqori malakali kadrlarga ega bo‘lgan tashkilot bosh loyihalashtiruvchi tashkilot sifatida faoliyat ko‘rsatadi. U yoki bu tarmoqqa xizmat ko‘rsatuvchi bosh loyihachi tashkilotlarga (institutlarga) qolgan barcha loyihachi tashkilotlarning ishini muvofiqlashtirish vazifasi topshiriladi. Bosh loyihachi tashkilot rahbarligida va uning bevosita qatnashuvi asosida loyihalarning texnik iqtisodiy asoslanishi amalga oshiriladi. Shu maqsadda bosh loyihachi tashkilotlar korxonalarni loyihalashtirish, ularni qurish va ekspluatatsiyaga topshirish ishlari bo‘yicha mahalliy va xorijiy tajribalarni o‘rganish va ularni amalga tatbiq etish bo‘yicha izlanishlar olib boradi. Bundan tashqari loyihalashtirish bosh institutlari shu tarmoq yo‘nalishidagi institutlarga loyihalashtirish ishlari bo‘yicha yordam beradi va ular tomonidan ishlab chiqilgan loyihani ekspertiza qiladi.

Tarmoq loyiha tashkilotlaridan tashqari ixtisoslashtirilgan tarmoqlararo loyiha tashkilotlari ham mavjud bo'lib, ular qisqa ixtisoslashtirilgan yo'nalish bo'yicha loyihalash ishlarini olib boradi.

Bosh loyihachi tashkilot buyurtmachiga loyiha ishlari sifati va uni o'z vaqtida bajarilishi bo'yicha javobgardir. Subloyihachi tashkilotlar esa bosh loyihachi tashkilot oldida o'zlariga yuklatilgan loyihalash ishlari bo'yicha javobgardir. Loyihalashtirish ishlari yakunlangandan keyin bosh loyihachi tashkilot loyiha hujjatlarini ko'rib chiqish va tasdiqlash uchun buyurtmachiga beradi. Buyurtmachilar loyiha hujjatlarini o'zlari, davlatdan tashqari va davlat ekologik ekspertizasidan o'tkazadi.

O'lchash vositasi loyihasi kerakli texnik va iqtisodiy hujjatlar to'plamidan iborat bo'ladi. Bundan tashqari loyihalashtirilayotgan asbobning ishlab chiqarish texnologiyasi texnik ta'minlanishi aniqlanadi va ishlab chiqish va ekspluatatsiyaga topshirish bo'yicha iqtisodiy ko'rsatkichlar hisob-kitob qilinadi. Loyihaning texnik va iqtisodiy qismi bir-biri bilan o'zaro bog'liq va bitta texnik-iqtisodiy hujjatni tashkil etadi.

Loyiha hujjatlari tarkibi va uni ishlab chiqish tartibi

Loyihalashtirish bo'yicha topshiriq hujjatlariga qo'yiladigan talablar:

1. Ishlab chiqarish hajmi, ya'ni loyiha masshtabi, mahsulot ishlab chiqarish va qo'llash sohalarini aniqlash;
2. Yo'naltirilganligi, ya'ni ishlab chiqarish, ijtimoiy, ekologik talablarga javob berishi;
3. Mablag'larning qoplanuvchanligi (qisqa, o'rta va uzoq muddatli);
4. Yakuniy natijalarning samaradorligi (yuqori daromadli, o'rtacha daromadli va past daromadli).

Loyiha tarkibi: texnik va iqtisodiy qismi. Loyiha konstruksiyalash, texnologik va iqtisodiy qismdan iborat bo'ladi. Texnologik qism asbob ishlab chiqarishni tashkil etish va uning texnologiyasi bilan bog'liq loyiha qarorlarini, uskunalarning turlari va xarakterini, ishlab chiqarishning mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish darajasini o'z ichiga qamrab oladi.

Konstruksiyalash qismi asbob hajmini, konstruktiv qarorlar (materiallarni tanlash, yig'ma, o'xshash konstruksiyalarni qo'llash)ni va sinashni tashkil etish loyihasi va boshqa kerakli hujjatlardan tarkib topadi. Bu qismda asbob materiallari, konstruksiyalari, detallari,

mashina va uskunalari, transport vositalari, loyiha uchun ishchi kadrlarga boʻlgan talab hisob-kitob qilinadi va asbobni qoʻllash moʻljallangan har bir obyekt uchun montaj ishlari hajmi, montaj ishlarining ketma-ketligi va ularni bajarish muddatlari hisob-kitob qilinadi. Loyihaning iqtisodiy qismi asbobni loyihalashtirishga, sinashga va ishlab chiqarishga joriy qilishga ketadigan xarajatlar bilan bogʻliq hisob-kitoblarni oʻz ichiga oladi. Unda mahsulot tannarxi asoslanadi.

Loyihani tayyorlash jarayoni bosqichlarining mazmuni va tavsifi

Loyihalashtirish quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

- 1) Texnik iqtisodiy asoslash;
- 2) Texnik loyiha (asosiy loyihaviy qarorlar, asbobning umumiy sxemasi, boʻlgʻusi asbobning texnik iqtisodiy koʻrsatkichlari).
- 3) Texnik loyiha asosida amalga oshiriladigan ishchi chizmalar.

Loyihalashtirish bir yoki ikki bosqichda amalga oshirilishi mumkin. Bir bosqichli loyihalashtirish tipikli yoki takroriy individual loyihalar boʻyicha yaratiladigan vositalar, shuningdek texnik jihatdan qiyin boʻlmagan asboblari uchun moʻljallangan; ikki bosqichli loyihalashtirish esa – alohida maxsus asboblari uchun moʻljallangan. Bunda bosqichlilik qatʼiy belgilanmagan.

Loyiha tushunchasi uning yoʻnaltirilgan maqsadini amalga oshirish uchun texnologik jarayonlarni, texnik va tashkiliy hujjatlashtirish jarayonini, obyektlarni barpo etish va ishga tushirish jarayonini, moddiy, moliyaviy, mehnat resurslarining harakatini, shuningdek tegishli boshqaruv qarorlari va tadbirlarni oʻzida mujassamlashtiruvchi tizim sifatida qarash mumkin. Asbob loyihasi oʻz maqsadi, yoʻnalishi, amal qilish sohasi, muddati va chegarasiga ega boʻlgan alohida faoliyat turi hisoblanadi.

Texnik loyiha toʻliq va mukammal hisob-kitoblari yordamida asoslangan yuridik hujjatlar toʻplami hisoblanadi.

Sinov va nazorat savollari

1. Loyihalashtirishning vazifalari nimalardan iborat?
2. Loyihani konstruksiyalash qanday qismlarga boʻlinadi?
3. Loyihalashtirish bosqichlarini sanab bering?
4. Loyihani tayyorlash jarayoni bosqichlarining mazmuni nimadan iborat?

5. Loyiha hujjatlari tarkibi va uni ishlab chiqish tartibi qaysi me'yoriy hujjat asosida amalga oshiriladi?

10-AMALIY MASHG'ULOT

BIRLAMCHI O'LCHASH O'ZGARTKICHLARINI OPTIMALLASHTIRISH MASALALARI

Reja:

- 1.Strukturali optimallashtirish masalasi.
- 2.Parametrik optimallashtirish masalasi.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: o'lchash o'zgartkichlari, strukturali optimallashtirish, elektromagnit o'zgartkichlari (EMO'), sezgirlik, xatolik, diapazon, optimal o'lcham, geometrik parametr, magnit oqimi, elektromagnit siljishli o'zgartkich.

Strukturali optimallashtirish masalasi

Yuqori metrologik xarakteristikali chiziqli va burchakli siljish elektromagnit o'zgartgichlari (EMO') quyidagi optimallashtirish masalalar yechimini 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' ning ***strukturali optimallashtirish*** asosini tashkil qiladi. Ikkinchi masala esa - parametrik optimallashtirishdir. EMO'ni qurish prinsiplarining tahlili shuni ko'rsatadiki, ko'pchilik konstruksiyalar quyidagi asosiy elementlardan iborat: magnit oqim manbai, magnit o'tkazgichlar, magnitosezgir elementlar va kirish kattaligining ta'sirini qabul qiluvchi elementlar.

EMO' strukturasini tanlashni yengillashtirish uchun EMO' ning ma'lum bo'lgan asosiy elementlar bankini tuzish zarur, shunda berilgan talablarga to'g'ri keladigan EMO'ning konkret strukturasini tanlash protsessini 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 tatbiq etilishi berilgan. Asosiy elementlarni texnik tatbiq etish variantlari sifat ko'rsatkichlari bo'yicha taqsimlangan (9.1-9.3 jadvallar). Bunga quyidagi masalalar kiritilgan:

1-sezgirlik; 2-narxi; 3-ishonchlilik; 4-xatolik; 5-nochiziqlilik; 6-diapazon; 7-tezkorlik; 8-og'irlik.

Birlamchi o'lchash o'zgartkichlarini optimallashtirish masalasini chiziqli siljish elektromagnit o'zgartkichlari misolida ko'rib chiqamiz. Jadvallardan foydalanib, o'zgartkich strukturasini berilgan xarakteristikalarga mos ravishda tanlab olamiz.

Shuni aytib o'tish kerakki, alohida elementlarni taqsimlash asosida EMO' strukturasini tanlash va keyinchalik konstruksiya variantlarini taqsimlash EMO' ning yakuniy konstruksiyani 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 xarakteristikalarini yaxshilashga va EMO' ning zarur bo'lgan konstruksiyasini olishga imkon beradi. EMO' konstruksiyaning kompanovkasi buyurtmachining texnologik, iqtisodiy, texnik dizayn va boshqa talablarini qondirishga yo'naltirilgan bo'ladi. EMO' konstruksiyaning kompanovkasi umumlashgan usullari bilan birgalikda ijodiy protsessidur va bu yerda muhandislik ijodining ma'lum hamma usullarini qo'llash mumkin bo'ladi. **Kompanovkadan maqsad** – bir-birini qaytaruvchi tugun va qismlarning ortiqchasini olib tashlash, bir necha elementlarni bitta elementda yoki konstruktiv tugunlarda joylashtirish. Mumkin bo'lgan variantlar soni bir necha mingdan oshib ketishi mumkin bo'lgani uchun EMO' optimal strukturasini izlash EHM yordamida bajariladi.

EMO' strukturasini tanlanganidan keyin elementlar optimal o'lchami va ularni joylashtirish o'rni tanlashga o'tiladi. EMO' ning hamma asosiy xarakteristikalarini 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 hisobga olgan ma'lum qonun bo'yicha o'zgarishini parametrik optimallashtirish masalasida hisobga olinadi. Umumiy holda EMO' ni loyihalash 2 masaladan iborat. Taqsimlangan magnit zanjirini loyihalash va EMO'ni kompleks loyihalash ba'zi

hollarda bu 2 masalani yagona masalaga birlashtirish mumkin, chunki magnitosezgir element sifatida ishlatilgan o'lchash chulg'ami, o'lchash sxemasi bilan uyg'unlashgan bo'ladi.

Parametrik optimallashtirish masalasi

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

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

$$I[x, a(y)] = \min \sum_{i=0}^{i=N} B - Ax_i - f(x_i), \quad i = 0, N \quad (10.1)$$

yoki

$$I[x, a(y)'] = \min \max \{B - Ax_{onm} f(x_{onm})\} \quad (10.2)$$

Optimallashtirish natijasida oqim taqsimlanishining chiziqliligini 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 bir tekisligini ta'minlash zarur. Bu o'z navbatida yuqori sezgirlik va EMO' statik xarakteristikalarining chiziqliligini ta'minlaydi. Shunday qilib, funksional $I[x, a(y)]$ minimallashtiriladi.

$$I[x, a(y)] = \min \sum_{i=0}^{i=N} [\Phi(x_0) - \Phi(x_i)] \quad (10.3)$$

yoki

$$I[x, a(y)] = \min \max [\Phi(x_0) - \Phi(x_{onm})] \quad (10.4)$$

$$U_{kup} = f \left[X_{kup}, \bar{a}(y) \right], X_{kup} \in [X_{bx \min}, X_{bx \max}], \bar{a} \in D_{\bar{a}} \quad (10.5)$$

bu yerda $\bar{a} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_k\}$ - ruxsat etilgan ko'p parametrlar.
Maksimal tezlikni ta'minlash masalasi quyidagiga olib kelinadi:

$$\max S = \max (dU_{chiq}/dU_{Kir}) \quad (10.6)$$

EMO' ning muhim xarakteristikalaridan sezgirlik, nochiziqlilik va tezkorlik ekanligini e'tiborga olsak, unda EMO' ni loyihalash kompleks kriteriyalar bo'yicha amalga oshirilishi mumkin.

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

$$\beta = 0.5 \frac{U_{chiq}(X_{kir}) - \frac{U_{chiq}(X_{kir \max}) - U_{chiq}(X_{kir \min})}{X_{kir \max} - X_{kir \min}}}{U_{chiq}(X_{kir \max}) - U_{chiq}(X_{kir \min})} \quad (10.7)$$

Minimallashtirilayotgan funksiyaning ko'rinishi

$$I[X_{kir}, a(y)] = \min \beta_{\max} \quad (10.8)$$

- «sezgirlik-tezkorlik»

$$I[X_{kir}, \bar{a}(\bar{y})] = \max \frac{S}{T_3} \quad (10.9)$$

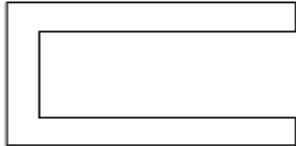
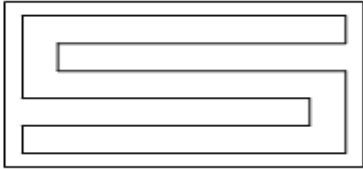
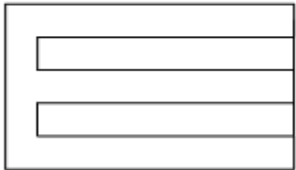
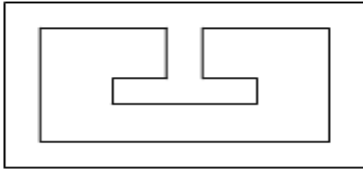
- «sezgirlik-aniqlik»

$$I[X_{kir}, \bar{a}(\bar{y})] = \max \frac{S}{\beta_{\max}} \quad (10.10)$$

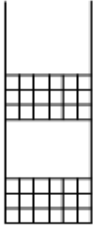
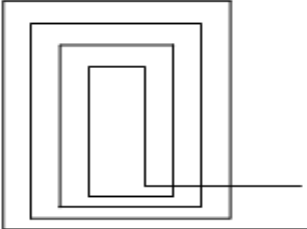
- «sezgirlik-tezkorlik-aniqlik»

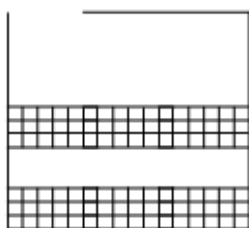
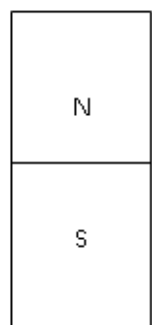
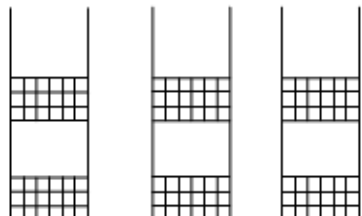
$$I[X_{kir}, \bar{a}(\bar{y})] = \max \frac{S}{\max T_3} \quad (10.11)$$

10.1-Jadval

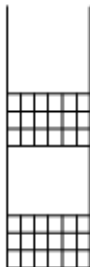
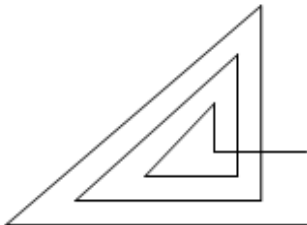
Elektromagnit siljishli o'zgartkich					
1. Magnit o'tkazgichning formasi va tipi					
1.1 P - simon			1.4 S – simon kesimli		
	5	1		1	1
	1	2		5	2
	1	3		4	3
	5	4		2	4
	5	5		3	5
	1	6		3	6
	2	7		5	7
	1	8		5	8
1.2 Trubasimon			1.5 T – simon ishchi uchastkali		
	4	1		2	1
	3	2		4	2
	3	3		5	3
	3	4		1	4
	3	4		2	5
	1	5		5	6
	2	6		4	7
	3	7		4	8
	3	8			

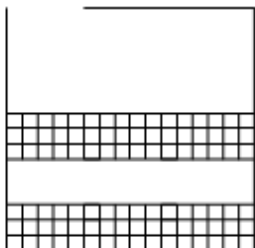
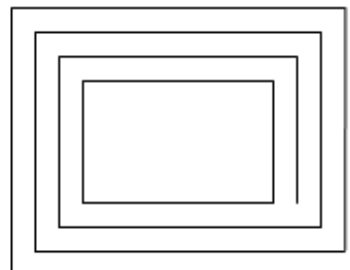
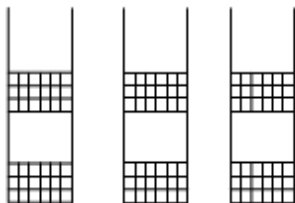
10.2-Jadval

Elektromagnit siljishli o'zgartkichi					
1. Magnit o'tkazgichning formasi va tipi					
1.1 P - simon			1.4 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

1.2 Trubasimon			1.5 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
1.3 B - simon					
	3	1	sezgirlik bahosi ishonchlilik xatolik nochiziqlilik diapazon harakatchanlik ogʻirlik	1	
	2	2		2	
	2	3		3	
	4	4		4	
	4	5		5	
	4	6		6	
	1	7		7	
	2	8		8	

10.3-Jadval

Elektromagnit siljishli o'zgartkich					
3. O'lchash chulg'ami					
1.1 P - simon			1.4 Silliqli 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 taqsimlangan o'lchash chulg'ami					
	4	1	sezgirlik		1
	5	2	bahosi		2
	3	3	ishonchlilik		3
	4	4	xatolik		4
	1	5	nochiziqlilik		5
	2	6	diapazon		6
	5	7	harakatchanlik		7
	5	8	og'irlik		8

Sinov va nazorat savollari

1. Birlamchi o'lchash o'zgartkichi deganda nimani tushunasiz?
2. Chiziqli va burchakli siljish EM o'zgartkichlari qaysi optimallashtirish masalalar yechimnini talab qiladi?
3. EMO' ning asosiy elementlarining texnik tatbiq etishda taqsimlangan sifat ko'rsatkichlari nomini sanab bering.
4. EMO' ni strukturali optimallashtirishning o'ziga xosligi nimalardan iborat?
5. EMO' ni parametrik optimallashtirishning o'ziga xosligi nimalardan iborat.
6. Elektromagnit siljishli o'zgartkichiga chizmalar asosida misollar keltiring.

11-AMALIY MASHG'ULOT

O'LCHASH ASBOBLARINING XARAKTERISTIKALARINI O'RGANISHGA OID MASALALAR

1-Masala.

Millivoltmetr 50 intervalga bo'lingan tekis taqsimlangan shkalalariga ega. O'lchashlarning pastki chegarasi $U_p = -10$ mV, yuqorisi $U_{yu} = 10$ mV. Millivoltmetr shkala bo'linmasining qiymatini va sezgirligini aniqlang.

Yechilishi:

Bu hol chiqish kuchlanishi ΔU ning o'zgarishi bilan ko'rsatkich shkalaning bir belgisidan keyingisiga ko'chadi:

$$\Delta U = (U_{yu} - U_p)/N = (10 - (-10))/50 = 0,4 \text{ mV}$$

Shuning uchun shkala bo'linmasining qiymati $K = 0,4$ mV. Agar asbobning chiqish kattaligining o'zgarish sifatida ko'rsatkichning bir intervalga ko'chishini qabul qilsak, sezgirlik S va shkala bo'linmasining qiymati K bir-biriga teskari kattalik ekanligini aniqlash mumkin:

$$S = 1/K = 1/0,4 = 2,5 \text{ 1/mV}$$

2-Masala.

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

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

$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$ - platina termometr uchun.

Yechilishi:

O'zgarish koeffitsiyenti S sezgirlik misolida, lekin sezgirlikning o'lchash asbobining xarakteristikasi, o'zgarish koeffitsiyenti esa bu o'lchash o'zgartkichining xarakteristikasidir. Termometrning kirish signali – harorat, chiqish signali – termometrning elektr qarshiligi. Mis termometr uchun o'zgarish koeffitsiyenti:

$$S_m = dR/dt = R_0\alpha;$$

Platina termometr uchun: $S_p = dR/dt = R_0(A + Bt)$.

Demak, mis termometr uchun o'zgarish koeffitsiyenti haroratga bog'liq emas, platina termometr uchun esa harorat o'zgarishi bilan o'zgaradi.

3-Masala.

K tipidagi graduirovkali (nikelxrom – nikelalyuminiy, xromel – alyumin). 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 temperaturani o'lchashdagi muntazam xatolikni qanday e'tiborga olish kerak?

Yechilishi:

Muntazam xatolikni hisoblash uchun, diagrammali qog'ozdagi barcha gradusdagi natijalarni graduirovka jadvali bo'yicha millivoltlarga o'tkazish kerak. Oxirgi natijani yana gradusga aylantirish kerak bo'ladi.

Ko'rsatkich va peroning 0 dan 10 °C ga siljishi XK graduirovka uchun issiqlik – EYUK o'zgarishi 0,65 mV ga to'g'ri keladi. Diagrammali qog'oz bo'yicha 430 °C sanab olindi. 430 °C uchun issiqlik – EYUK tuzatmani e'tiborga olgan holda 34,12 mV ni tashkil qiladi:

$$34,12 + (-0,65) = 33,47 \text{ mV}$$

Harorat qiymatini aniqlaymiz: $t = 422,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4-Masala.

Prujananing mustahkamligi o'zgaras bo'lganda ramkadagi o'ramlar sonini ko'paytirsa, Millivoltmetrning sezgirligi o'zgaradimi?

Yechilishi:

Millivoltmetr ramkasining aylantiruvchi moment:

$$M_1 = 2rLNB I ,$$

Bu yerda r – ramka radiusi; L – ramkaning aktiv uzunligi; N – ramkadagi o'ramlar soni; B – tirqishdagi magnit induksiya; I – ramkadagi tok kuchi.

$$M_2 = c\varphi ,$$

Bu yerda s – aks ta'sir etuvchi prujina egiluvchanligini hisobga oladigan koeffitsiyent; φ – ramkaning burilish burchagi (prujinaning burilishi).

$M_1 = M_2$ teng bo'lganida ramkaning burilish burchagi:

$$\varphi = 2rLNBI / c ;$$

Sezgirlik S quyidagicha aniqlanadi: $S = \Delta\varphi / \Delta I$

Millivoltmetr uchun $\varphi = f(I)$ bog'lanish chiziqli bo'lgani uchun,

$$S = 2rLNB / c$$

Ya'ni, koeffitsiyent s o'zgaras bo'lib qolsa, o'ramlar soni N ortishi bilan sezgirlik S ortadi.

5-Masala.

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

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

Yechilishi:

Tasavvur qilaylik, termoelektrik termometrning issiqlik – EYUK i $E(t, to)$ dastavval reoxord qismidagi U_p kuchlanish bilan muvozanatlanadi. Bunda nol -indikatoridan oqadigan tok $I = 0$. Agar keyin $E(t, to)$ da o'sish boshlansa, nol –indikator orqali tok oqa boshlaydi.

$$I = (E(t, to) - U_p) / (R_p + R_t + R_r),$$

Bu yerda, R_p , R_t va R_r – potensiometr, termometr va ulash chiziqlari qarshiligi.

Agar tok sezgirlik ostonasi ΔI dan oshib ketsa, nol–indikator ko'rsatkichi og'ishni boshlaydi, ya'ni potensiometr issiqlik – EYUK o'zgarishga sezgir emas.

$$\Delta E = \Delta I(R_p + R_t + R_l)$$

Yuqori Omli potentsiometrda ΔE kattaligini ko'rish mumkin. Demak, o'lchash xatoligi ham katta. Bundan xulosa qilish mumkinki, termoelektrik termometrlarning issiqlik EYUK ini o'lchash uchun past Omli potentsiometrlarni qo'llash maqsadga muvofiq. Shu sababga ko'ra avtomatik potentsiometrlarning tashqi chiziq qarshiligini ko'tarilishiga yo'l qo'yilmaydi. O'lchash aniqligi kamayadi.

12-AMALIY MASHG'ULOT

O'LCHASH ASBOBLARI VA QURILMALARI UCHUN ALT LARNING IQTISODIY SAMARADORLIGINI HISOBLASH

Reja:

1. Ilmiy tadqiqotlar samaradorligi.
2. Avtomatlashtirilgan tizimlarning texnik iqtisodiy samaradorligi.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Iqtisodiy samaradorlik, haqiqiy iqtisodiy samaradorlik, beto'xtovlik, uzoq muddatlilik, texnik iqtisodiy ko'rsatkich.

Ilmiy tadqiqotlar samaradorligi—ilmiy ijod bilan shug'ullanish va kishilik jamiyati farovonligini oshirishga yo'naltirilgan ilmiy–texnikaviy mahsulot (ITM) yaratish strategiyasi va taktikasining asosi.

Ilmiy tadqiqotlar iqtisodiy samarasini hisoblash ularni amalga oshirish bosqichlariga muvofiq amalga oshiriladi. Shu munosabat bilan mo'ljal, kutilayotgan va haqiqiy iqtisodiy samaradorlik bir–biridan farqlanadi.

Mo'ljal iqtisodiy samara- ilmiy tadqiqot ishini asoslashda va uni ish rejasiga kiritishda belgilanadi. Mazkur holda hisob-kitoblar taxminan, bashoratlanayotgan joriy etish ko'lamini hisobga olgan holda yiriklashtirilgan ko'rsatkichlar bo'yicha olib boriladi.

Kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik- ilmiy tadqiqotlar bajarilish jarayonida hisob–kitob qilinadi. U ilmiy mahsulot ishlab chiqarishga joriy etiladigan muayyan yilga bashorat qilinadi. Kutilayotgan samaradorlik mo'ljaldagidan ko'ra ancha aniq mezon hisoblanadi.

Haqiqiy iqtisodiy samaradorlik- ilmiy mahsulot ishlab chiqarishga joriy etilgandan so‘ng belgilanadi, hisob–kitob ilmiy tadqiqotlar va joriy etish uchun amalda ketgan xarajatlar bo‘yicha olib boriladi. Bunda haqiqiy samara ko‘pincha kutilayotgandan kam bo‘ladi. U iqtisodiy samaradorlikning eng ishonchli mezoni hisoblanadi.

Kutilayotgan yoki haqiqiy iqtisodiy samaradorlik quyidagi tenglama bo‘yicha aniqlanadi

$$S = X_{qx2} - X_{qx1} \quad (12.1)$$

Bunda X_{qx1} va X_{qx2} — oldingi (tayanch variant)ga va yangi variant (ilmiy tadqiqotlar natijalari asosi)ga muvofiq qilingan xarajatlar quyidagicha hisoblanadi:

$$X_{qx} = T + E_M k \quad (12.2)$$

Bunda T —mahsulot birligi tannarxi, so‘m: k — ITM yaratishga qo‘yilgan kapital mablag‘, so‘m: E_M — iqtisodiy samaradorlik me‘yoriy koeffitsiyenti ($E_M = 0,15$).

Iqtisodiy samaradorligini hisoblashni yana bir metodikasi keltirilgan.

Ishlab chiqarishga yakunlangan ilmiy tadqiqotlarni joriy etish ITI ning yakuniy bosqichi hisoblanadi. Joriy etish jarayonini jadallashtirish uchun ilmiy–tadqiqot tashkilotlari loyihalovchilar bilan birlashib texnoparklar, texnopolislar tashkil etadi. Ilmiy tadqiqotlarning natijalarini joriy etish baholashning asosiy mezoni bo‘lib, haqiqatdagi iqtisodiy samaradorlik hisoblanadi.

Avtomatlashtirilgan tizimlarning ishonchliligi tizimning berilgan vazifalarni to‘la bajarish qobiliyati, tizimning beto‘xtovligi va uzoq muddat ishlashi orqali belgilanadi.

Beto‘xtovligi– tizimning ishlatish jarayonida berilgan vaqt davomida to‘xtashsiz ishlay olish qobiliyatidir.

Uzoq muddatlilik - bu tizimning ish qobiliyatini oxirgi holatigacha saqlay olish xossasidir. U tabiiy va maanan eskirish omillari bilan belgilanadi va tizimning xizmat qilish muddati bilan aniqlanadi. Tizim ishonchliligining optimal darajasini o‘rnatish va ta‘minlash murakkab va mas‘uliyatli vazifalardir, chunki texnologik obyektlarni boshqarishni avtomatlashtirishni ko‘pfunksiyali tizimiga kiradi, uning tarkibida ko‘p texnik qurilmalar va operator xodim bo‘ladi. Bunda bir tomondan ayrim vazifalarni bajarishda bir nechta texnik qurilmalar foydalanishi mumkin, ikkinchi tomondan-ayni bir qurilmani bir nechta vazifani bajaruvchi o‘rnida foydalanish mumkin. Tizimlarning ko‘pligi ham katta

ahamiyatga ega bu tizimning ishonchliligini ayrim qism tizimlar va qurilmalar ishonchliligidan yuqoriroq tutishga imkon beradi. Operator xodimlarining bo'lishi berilgan vazifalarning umumiy ishonchliligini oshirishi ham mumkin, xodimlar texnik qurilmalar bilan izchil ishlagan holda ishonchliligini kamaytirish ham mumkin.

Real qurilmaning uzluksiz ishlash vaqti berilgan qiymatdan yuqori bo'lishi kerak, ya'ni $P(\tau) > q(\tau_b)$ shart bajarilish kerak. $P(\tau)$ -berilgan vaqt davomidagi uzluksiz ishlash ehtimolligi $q(\tau_b)-\tau_b$ vaqt davomida to'xtash ehtimoli. Quyidagi tenglik o'rinli bo'ladi.

$$q(\tau) = 1 - P(\tau) \quad (12.3)$$

Berilgan τ_b vaqt oralig'ida $p(\tau)$ ehtimollik

$$P(\tau) = e^{-\frac{\tau_b}{\tau_{yp}}} \quad (12.4)$$

Formula bo'yicha hisoblanadi, bu yerda τ_{ur} - o'rtacha to'xtovsiz ishlash vaqti.

$(\tau_{ur}) = 1/\lambda_{kb}$ formula bo'yicha aniqlanadi.

Bu yerda λ - qurilmaning to'xtab qolish jadalliklari; K_b - qurilmaning yuklanish koeffitsiyenti.

Qurilmaning to'xtashlar jadalligi λ uning pasportida keltiriladi.

Avtomashtirilgan tizimlarning texnik iqtisodiy samaradorligi

Texnologik obyektlarni avtomatlashtirib ularni texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini 3-5 % ga ortirib og'ir mehnatni 30 - 40 % ga kamaytirish mumkin. Loyihalashtirishni avtomatlashtirish uchun talab etiladigan qo'shimcha mablag' barcha qurilmalar tannarxining 35 % ni tashkil etadi.

Avtomashtirishning samaradorligi asosiy ko'rsatkichi ularning o'zini qoplay olish muddatidir.

$$T = (K + A) / E \quad (12.5)$$

K - avtomatlashtirish uchun sarflangan mablag', A - joriy etilgan avtomatlashtirish vositalari tan narxidan ajratilgan amortizatsion to'lovlar.

Iqtisodiy samara

$$E=(S_1-S_2)/P \quad (12.6)$$

S_1 , S_2 - avtomatlashtirishdan oldingi va keyingi ishlab chiqarilgan mahsulot tan narxlari, P - avtomatlashtirishdan keyingi yillik mahsulot ishlab chiqarish.

Iqtisodiy samaradorlik koeffitsiyenti

$$E=I/T=E/(K+A) \quad (12.7)$$

Avtomatlashtirish tizimining o'zini qoplashning normadagi muddati 3 yildir.

Sinov va nazorat savollari

1. Avtomatlashtirish tizimlarining ishonchliligi deganda nimani tushunasiz?
2. ARS ni uzluksiz ishlash ehtimolligi nima?
3. Avtomatlashtirish tizimlarining texnik-iqtisodiy samaradorligini ifodalovchi matematik formulalarni tushuntiring.
4. Haqiqiy iqtisodiy samaradorlik deganda nimani tushunasiz?
5. Avtomatlashtirishning samaradorligi asosiy ko'rsatkichlari nimalarga bog'liq?

13-AMALIY MASHG'ULOT

DATCHIKLARNING ASOSIY XARAKTERISTIKALARINI O'RGANISH

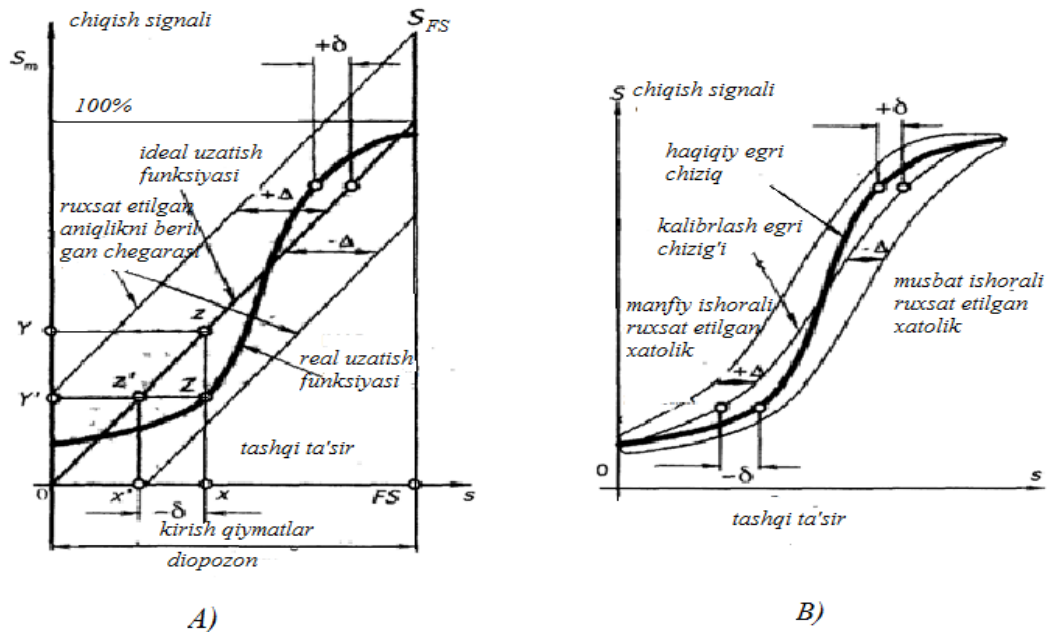
Reja:

1. Datchiklarning asosiy xarakteristikalarini.
2. Nochiziqli uzatish funksiyasini chiziqli approksimatsiyalash.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Gisterezis, nochiziqlilik, qayta yaratuvchanlik, o'lik zona, qo'zg'atish signali.

Datchiklarning aniqligiga gisterezis, o'lik zona, kalibrlash parametrlari, datchiklarning partiyadan partiyaga takrorlanuvchanligi, xatoliklarning qayta yaralishi kabi xarakteristikalar ta'sir ko'rsatadi, ular keyingi bo'limlarda ko'rib chiqiladi. Eng chekka yo'l qo'yiladigan

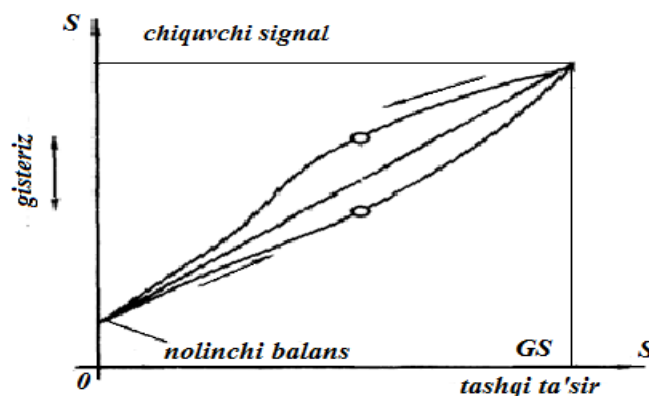
xatoliklar odatda datchiklarning eng yomon ishchi xarakteristikalariga to'g'ri keladi. 13.1 B-rasmdan ko'rinib turibdiki, kalibrlash aniqroq bajarilganda (masalan, kalibrlash ko'p sonli nuqtalarda o'tkazilganda) kalibrlash egri chizig'i real uzatish funksiyalariga yaqinroqdan o'tadi, bu o'lchashlar aniqligining oshganligini bildiradi. Amaliyotda yo'l qo'yiladigan xatoliklarning chegaralari ideal uzatish funksiyalarning atrofida emas, balki kalibrlash egri chiziqlariga nisbatan o'rnatiladi.



13.1- rasm. Uzatish funksiyasi (A) va yo'l qo'yiladigan xatoliklar chegaralari (B). Xatoliklar kirish qiymatlariga nisbatan aniqlangan

Gisterezis – bu xuddi o'sha bitta kirish signali uchun uning ortishida va kamayishida olingan chiqish signallari qiymatlarining farqidir (13.2-rasm).

Nochiziqlilik ularning uzatish funksiyalarini to'g'ri chiziq bilan approksimatsiyalash mumkin bo'lgan ((13.2) tenglama) datchiklar uchun aniqlanadi.

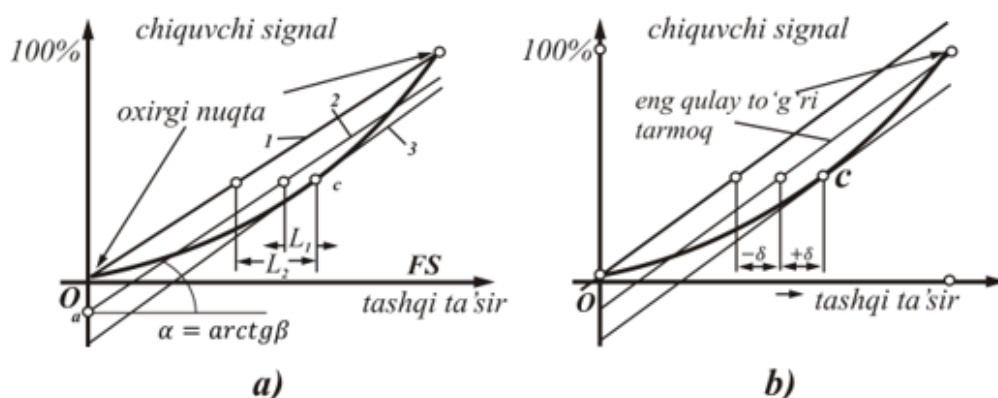


13.2-rasm. Gisterezisga ega bo'lgan uzatish funksiyasi

Nochiziqlilik deganda – real uzatish funksiyasining approksimatsiyalaydigan to‘g‘ri chiziqdan L maksimal chetlashishi tushuniladi.

“**Chiziqlilik**” deganda aslida “**nochiziqlilik**” tushuniladi. Kalibrlashning bir nechta sikllarini o‘tkazishda nochiziqlilikning olingan qiymatlaridan eng yomoni tanlanadi. Nochiziqlilik odatda yoki maksimal kirish signalidan foizlarda yoki o‘lchanadigan kattalikning birliklarida (masalan, kPa 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. 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). Bundy chiziqlashtirishda nochiziqlilik xatosi oxirgi nuqtalarda minimal va ularning oralig‘ida qayerdadir maksimal bo‘ladi.

Boshqa bir chiziqlashtirish usuli eng kichik kvadratlar uslubini qo‘llashga asoslanadi (13.3A 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:



13.3-rasm. Nochiziqli uzatish funksiyasini a) chiziqli approksimatsiyalash va b) mustaqil chiziqlashtirish

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 (13.3A rasmda 3 chiziq). Bunday protsedura natijasida eng kichik nochiziqlilik qiymatiga kalibrlash nuqtasi zonasida erishiladi, o'lchashlar diapazonining oxirlariga yaqin joylarda esa chiziqlilik sezilarli darajada yomonlashadi.

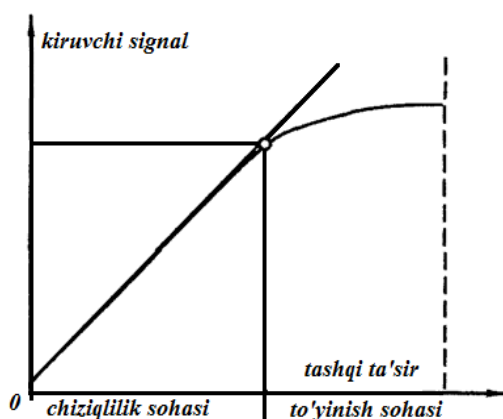
Rasmdan ko'rinib turibdiki, mazkur uslubda approksimatsiya chizig'i ko'pincha uzatish funksiyasiga s kalibrlash nuqtasida tegib o'tadigan urinma bo'lib hisoblanadi. Agar real uzatish funksiyasi uchun ifoda ma'lum bo'lsa, bu chiziqning egilishini (13.2) tenglama bo'yicha topish mumkin.

$$\delta_a = a_1 - a = \frac{\Delta}{s_2 - s_1} \quad (13.2)$$

Mustaqil chiziqlashtirish uslubi ko'pincha “eng yaxshi to'g'ri chiziq uslubi” deb ataladi (12.4B-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.

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.

Har bir datchik o'zining ishchi xarakteristikalarining 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 (13.4-rasm).

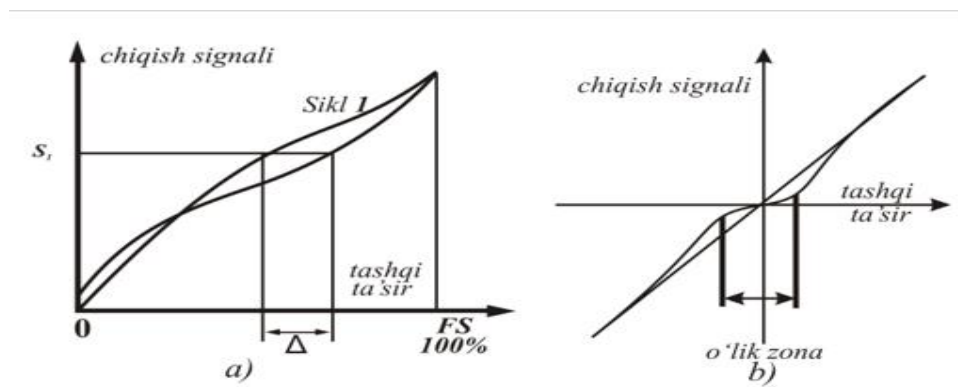


13.4- rasm. To'yinishga ega bo'lgan uzatish funksiyasi

Qayta yaratuvchanlik –bu datchikning bir xil shart-sharoitlarga amal qilinganda bir xil natijalarni bera olish qobiliyatidir. Natijalarning qayta yaraluvchanligi datchikning kalibrlashning ikkita siklida olingan chiqish qiymatlarining maksimal farqi bo'yicha aniqlanadi (13.5 -A rasm). U odatda kirish signalining maksimal qiymatidan foizlarda ifodalanadi:

$$\delta_r = \frac{\Delta}{FS} \times 100\% \quad (13.3)$$

Natijalarning yomon qayta yaralishining sabablari ko'pincha quyidagilar bo'lib hisoblanadi: issiqlikli shovqini, yuzadagi zaryadlar, materiallarning plastikliги va hokazolar.



13.5-rasm. a – qayta yaratuvchanlik xatoligi: xuddi o'sha bitta chiqish signaliga turli tashqi ta'sirlar mos keladi. b – uzatish funksiyasidagi o'lik zona

O'lik zona – bu kirish signallarining ma'lum bir diapazonida datchikning sezmasligidir (13.5B-rasm). Bu zona oralig'ida chiqish signali deyarli o'zgarmas bo'lib qolaveradi (ko'pincha nolga teng bo'ladi).

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.

Sinov va nazorat savollari

1. Datchiklarning asosiy xarakteristikalaridan biri aniqlik deganda nimani tushunasiz?

2. Qanday xarakteristikalar datchiklarning aniqligiga ta'sir ko'rsatishi mumkin?
3. Datchiklarning xatoligi qanday ko'rinishlarda taqdim etilishi mumkin?
4. O'lik zonaga ta'rif bering.
5. Datchikning yechish qobiliyati deganda nimani tushunasiz?

14-AMALIY MASHG'ULOT

DATCHIKLARNING MAXSUS XARAKTERISTIKALARINI O'RGANISH

Reja:

1. Datchiklarning maxsus xarakteristikolari.
2. Datchiklarning qo'llanilish shart-sharoitlari bilan belgilanadigan xarakteristikolari.

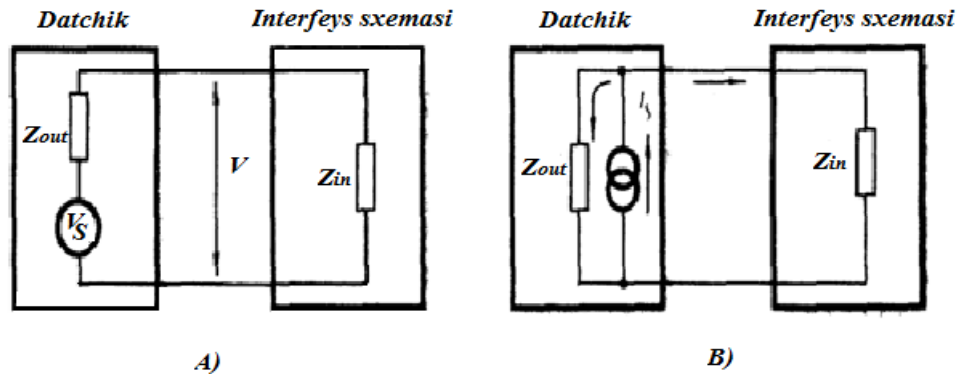
Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Maxsus xarakteristikalar, chiqish impedansi, qo'zg'atish funksiyasi, statik baholash, statik xatolik.

Datchiklarning maxsus xarakteristikolari

Ba'zi bir datchiklar uchun kirish signallarining maxsus xarakteristikalarini ko'rsatish zarur bo'ladi. Masalan yoritilganlik detektorlari uchun uning chegaralangan optik polosa oralig'ida sezuvchanligi shunday xarakteristika bo'lib hisoblanadi. Shundan kelib chiqqan holda, bunday datchiklar uchun spektral xarakteristikalarini aniqlash zarur bo'ladi.

Z_{out} **chiqish impedansi**- datchik elektron sxema bilan qanchalik oson muvofiqlasha olishini ko'rsatuvchi xarakteristika bo'lib hisoblanadi. Datchikning chiqish impedansiga mos keladigan qarshilik elektron sxemaning Z_{in} kirish impedansini xarakterlaydigan qarshilikka parallel qilib (potensial ulanish) yoki u bilan ketma-ket (tokli ulanish) ulanadi. Har ikkala ulash varianti 14.1- 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 (14.1B-rasm) maksimal mumkin bo'lgan

chiqish impedansiga, uning interfeys sxemasi esa – minimal kirish impedansiga ega bo‘lishi lozim. Potensial ulash holatida (14.1A-rasm) datchik past chiqish impedansiga, interfeys sxemasi esa – yuqori kirish impedansiga ega bo‘lishi lozim.



14.1-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 – bu aktiv datchikka ishlash uchun zarur bo‘ladigan elektr signalidir. Qo‘zg‘atish signali kuchlanish 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.

Datchiklarning qo‘llanilish shart-sharoitlari bilan belgilanadigan xarakteristikalar

Turli sohalarda qo‘llash mumkin bo‘lishi uchun datchiklarning quyidagi xarakteristikalar muhim bo‘ladi: ularning **konstruksiya, og‘irligi va gabaritlari**. Agar datchiklar uchun aniqlik va ishonchlilik bosh parametrlar bo‘lib hisoblansa, uning narxi kabi xarakteristikasi ikkinchi planga chekinadi. Agar qurilma, yashashni ta’minlash tizimlari, mudofaa sanoati yoki fazoviy kemalar uchun mo‘ljallangan bo‘lsa, ularning narxining qimmatligi har doim aniqlik va ishonchlilik bo‘yicha

qo'yiladigan talablar bilan oqlanadi. Biroq datchiklar qo'llaniladigan bir qator sohalar borki – bunda ularning narxi asosiy xarakteristika bo'lib hisoblanadi.

Statistik baholash

Bu olamda hech bir mukammal narsaning o'zi yo'q. Bizning materiallar to'g'risidagi barcha bilimlarimiz yaqinlashuvchi xarakterga ega, aslida esa, ular biz ular to'g'risida o'ylaydigan narsalarimizdan butunlay boshqa narsalarni taqdim qiladi. Barcha stanoklar ham mukammal emas va hech qachon detallarni chizmaga aniq mos keladigan qilib ishlab chiqarmaydi. Har qanday qurilmalarning barcha tarkibiy qismlarida xarakteristikalarining qurshab turuvchi shart-sharoitlar va eskirish bilan bog'lanadigan dreyfi mavjud bo'ladi. Tashqi xalaqit beruvchilar tizimning ishchi parametrlariga ta'sir ko'rsatishi va ularning chiqish signallarini o'zgartirishi mumkin. O'lchashlarning natijalari faqat olingan ma'lumotlarni statistik baholash hamrohlik qilgan taqdirdagina yakuniy deb hisoblanishi mumkin, chunki har doim aniqlangan qiymatlarning aniqligiga 100% lik ishonch bo'lmaydi.

Shovqinli sharoitlarda datchikning s' ko'rsatishlari x tashqi signalning real qiymatidan δ o'lchash xatoligi kattaligiga farq qiladi, buni quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\delta = s' - s \quad (14.1)$$

Bu formula yordamida aniqlash mumkin bo'lgan ***o'lchashlar xatoligi*** bilan natijalarning ***statistik xatosi*** o'rtasidagi farqni har doim aniq farqlash zarur bo'ladi. O'lchashlar xatoligini tizimli tarkib toptiruvchilarni korrektirovkalash hisobiga qandaydir bir darajagacha pasaytirish mumkin. Biroq xatolikning juda kichik qiymatiga erishilgan taqdirda ham bunda statistik xatolik juda katta bo'lishi mumkin. Bunday holda biz o'lchashlarning natijalarini ishonchli deb hisoblay olmaymiz. Boshqacha qilib aytganda, ***o'lchashlar xatoligi*** – bu biz konkret o'lchashlarni bajarish paytida oladigan konkret narsadir, ***statistik xatolik*** esa – biz olingan natijalarga qanchalik ishonishimiz mumkinligidir.

O'lchovlar va og'irliklar bo'yicha Xalqaro Qo'mita statistik xatolarni ikkita guruhga ajratish mumkin deb hisoblaydi, biroq A va B guruhlar o'rtasida aniq chegaralar yo'q:

A guruh – statistik uslublar bilan baholanadigan xatoliklar;

B guruh – boshqa uslublar bilan baholanadigan xatoliklar.

A tipidagi statistik xato ko'pincha s_i standart chetlashish bo'yicha aniqlanadi, u v_i o'lchashlar soniga bo'lingan statistik aniqlangan $\sum s_i^2$ dispersiyadan musbat kvadrat ildizga teng bo'ladi. Alohida tarkibiy qismlar uchun u_c standart statistik xato odatda s_i teng bo'ladi. Standart xato har bir tarkibiy qismning umumiy statistik xatoga qo'shadigan hissasini ko'rsatadi.

Dispersiyani aniqlash uchun odatda o'lchashlar natijalariga statistik ishlov berish qo'llaniladi. Buning uchun eng kichik kvadratlar uslubi bilan olingan eksperimental ma'lumotlarni ko'proq aniq tasvirlaydigan bog'lanish tenglamasi topiladi va har bir o'lchangan qiymatning shu tariqa olingan o'rtalashtirilgan egri chiziqdan chetlashishi aniqlanadi.

B tipidagi statistik xatoni aniqlash uchun odatda mumkin bo'lgan hamma informatsiyadan foydalaniladi, bu informatsiya quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- Oldingi o'lchashlarda olingan hamma ma'lumotlar;
- Xarakteristikalar va o'xshash datchiklarning o'zini qanday tutishini, shunga o'xshash materiallar va instrumentlardan foydalanishni tahlil qilishdan olingan bilimlar;
- Ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan spetsifikatsiya;
- Kalibrlash jarayonida olingan ma'lumotlar;
- Spravochniklar va boshqa adabiyotlardan olingan statistik ma'lumotlar.

Barcha statistik xatoliklarning baholari olingandan keyin ularni birlashtirish va to'liq standart statistik xatoni aniqlash zarur bo'ladi. Buni **statistik xatoliklarning tarqalish qonuni** yordamida qilish mumkin, u statistik xatolarning barcha tarkibiy qismlari kvadratlari yig'indisidan kvadrat ildizni topishdan iborat:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_i^2 + \dots + u_n^2} \quad (14.2)$$

bunda n – to'liq standart statistik xatoning tarkibiy qismlarining soni.

14.1-jadvalda termistor asosida ishlangan, vannadagi suvning haroratini o'lchaydigan elektron termometrning statistik xatolarining taqsimlanishiga misol ko'rsatilgan. Mazkur sxema bo'yicha to'liq statistik xatolikni hisoblashda o'lchash zanjirining har bir tarkibiy qismi – datchik, interfeys sxemasi, eksperimental qurilma va o'lchashlar obyektining o'zining xatosini hisobga olish zarur bo'ladi. Bularning barchasi harorat, namlik, atmosfera bosimi, oziqlantirish tarmog'idagi

tebranishlar, ma'lumotlarni uzatishdagi shovqinlar, eskirish va boshqa ko'pgina omillarni o'z ichiga olgan holda qurshab turuvchi muhitning turlicha shart-sharoitlari uchun bajarilishi lozim.

Barcha konkret o'lchashlar yetarlicha tartib bilan o'tkazilganligiga qaramasdan, hech kimda olingan harorat ob'ektning real haroratiga mos kelishiga to'liq ishonch hosil bo'lishi mumkin emas. $0,068^{\circ}\text{C}$ ga teng bo'lgan standart xatolik o'lchashlar xatoligi $0,068^{\circ}\text{C}$ dan oshiq bo'lmasligini umuman bildirmaydi.

14.1- jadval

Termistorli termometrning statistik xatoliklarining taqsimlanishi

Xatolikning manbai	Standart xatolik ($^{\circ}\text{C}$)	Tip
Datchikni kalibrlash	0,03	B
O'lchashlarning xatolari		
Takrorlanuvchi natijalar	0,02	A
Datchikning shovqinlari	0,01	A
Kuchaytirgichning shovqinlari	0,005	A
Datchikning eskirishi	0,025	B
Simli tutashuvlarda issiqlik yo'qolishlari	0,015	A
Datchikning inertsionligi tufayli dinamik xatolar	0,005	B
O'lchash obyektining harorat beqarorligi	0,04	A
Signallarni uzatishdagi shovqinlar	0,01	A
Uzatish funksiyasining nomuvofiqligi	0,02	B
Qurshab turuvchi muhit omillarining ta'siri tufayli dreyf		
Etalon kuchlanishning dreyfi	0,01	A
Ko'priqli sxema rezistorlarining dreyfi	0,01	A
Kondensatorlarda dielektrik yo'qolishlar	0,005	B
Raqamli yechish	0,01	A

Sinov va nazorat savollari

1. Datchiklarning maxsus xarakteristikalariga misollar keltiring.
2. Datchiklarning qo'zg'atish signali deganda nimani tushunasiz?
3. Datchiklarning xatoligi qanday ko'rinishlarda taqdim etilishi mumkin?
4. O'lchashlar xatoligi bilan natijalarning statistik xatosi o'rtasidagi farqni tushuntirib bering?

5. Statistik xatoni aniqlash uchun odatda mumkin bo'lgan qanday ma'lumotlardan foydalaniladi?

15-AMALIY MASHG'ULOT

HARAKAT OPTIK DATCHIKLARINING XARAKTERISTIKALARI

Reja:

1. Spekrning ko'rinadigan va yaqin IQ diapazonida ishlaydigan harakat detektorlari.
2. Passiv IQ elementlar asosidagi harakat detektorlari.
3. Passiv IQ harakat detektori (PIQ detektor) ishlashining samaradorli-gining tahlili.

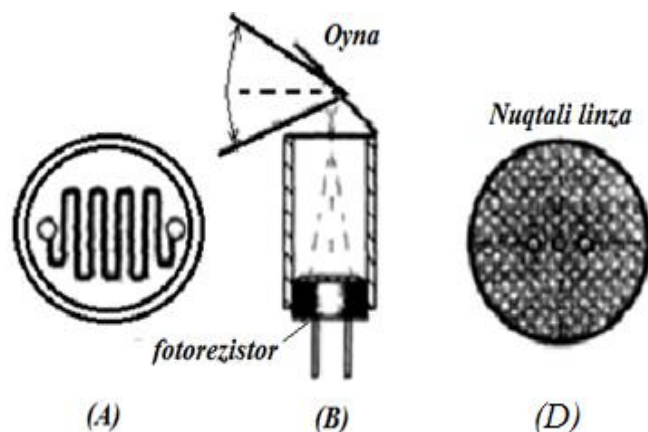
Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Harakat detektorlari, fotorezistor, issiqlik oqimi, Stefan-Boltsman qonuni, nurlanish manbai, infraqizil to'lqin.

Spekrning ko'rinadigan va yaqin IQ diapazonida ishlaydigan harakat detektorlari

Aksariyat obyektlar (juda qaynoqlaridan tashqari) spektral diapazonning faqatgina uzoq IQ elektromagnitik to'lqinlarini nurlatadi. Shu sababli mazkur guruh detektorlari ishlashi uchun obyektни yoritadigan qo'shimcha yorug'lik manbai bo'lishi zarur. Yorug'lik obyektдан detektorning tarkibiga kiradigan fokuslaydigan qurilmaga qarab qaytadi. Yorug'lik manbai quyosh yorug'ligi yoki maxsus nurlatgichlardan chiqadigan ko'rinmas IQ yorug'lik bo'lishi mumkin. Ko'rinadigan yorug'lik diapazonida ishlaydigan detektorlarni ishlab chiqish 1932 yilda boshlangan, u paytda hali radarlar bo'lmagan, uchayotgan obyektlarni (aeroplanlarni) aniqlash zarurati esa allaqachon mavjud bo'lgan. Birinchi aeroplan detektorlaridan biri uning shishadan ishlangan fokuslaydigan linzasi osmonga qaratilgan fotokamera ko'rinishida ishlangan. Uchayotgan samolyotning tasviri selenli fotodetektorga fokuslangan, u osmonning tasvirining optik kontrastligining o'zgarishiga reaksiya ko'rsatgan. Tabiiyki, bunday detektor faqatgina kunduzi va bulutlar bo'lmaganda ishlashi mumkin bo'lgan. Bunday cheklanganlik ushbu detektorlarning keng tarqalishiga

yo‘l qo‘ymagan. Harakat detektorlarining ko‘rinadigan spektral diapazonda ishlaydigan boshqa bir tipi xonalarda yoritilganlikni nazorat qilish qurilmalari va interfaol o‘yinchoqlarni boshqarish uchun ishlab chiqilgan.

Xonada odamlar bo‘lmaganda unda chiroqni o‘chirish uchun ko‘rinadigan diapazonda ishlaydigan harakat detektorini taymer va qudratli kontaktsiz rele bilan kombinatsiyalashdan foydalanish mumkin. Detektor xona yorug‘ bo‘lganda ishlaydi. Ko‘rinadigan yorug‘lik yetarlicha katta energiyani tashiydi, shu sababli uni yetarlicha yaxshi sezgirlikka ega bo‘lgan fotogalvanik elementlar yoki fotorezistorlar yordamida aniqlash mumkin. Shu sababli bunday detektorlarning optik tizimi boshqa optoelektron datchiklardagiga qaraganda anchagina sodda bo‘ladi. Motion Switch detektorida fokuslaydigan qurilma nuqta linza ko‘rinishida ishlangan (15.1D-rasm). Bunday linza o‘zida shaffof bo‘lmagan folgadagi jimitdaygina teshikni taqdim qiladi. Yorug‘lik to‘lqinlari difraktsiyasining oldini olish uchun bu teshikning diametri detektirlanadigan eng uzun to‘lqin uzunligidan anchagina katta bo‘lishi lozim. Aslida Motion Switch detektori ularning har birining aperturasi $0,2\text{ mm}$ bo‘lgan uchta teshikli linzaga ega (15.1D-rasm). Bunday linza nazariy jihatdan fokuslash chuqurligining cheksiz katta diapazoniga ega bo‘ladi, bu fotodetektorning undan har qanday masofaga joylashtirish imkonini beradi. Bu masofa, qoidaga ko‘ra, obyektning maksimal ko‘chishi va ishlatiladigan fotorezistorning o‘lchamlaridan kelib chiqish bilan belgilanadi. Qo‘llaniladigan fotorezistor sezuvchan elementning serpantin konfiguratsiyasiga ega bo‘ladi (15.1A-rasm). U chiqish signalining faqatgina o‘zgaruvchan tarkib toptiruvchisiga reaksiya ko‘rsatadigan sxemaga ulanadi. Xona yorug‘ bo‘lganda datchik xuddi fotokamera kabi ishlaydi, ko‘rish zonasining tasviri fotorezistorning yuzasida shakllanadi. Odamlarning xonada harakatlanishi bu tasvirning optik kontrastligini o‘zgartiradi, bu fotorezistorning qarshiligining o‘zgarishiga va shunga muvofiq, u orqali o‘tadigan elektr tokining modulyatsiyalanishiga olib keladi. Bu modulyatsiyalangan signal kuchaytiriladi va komparatorga uzatiladi, bu yerda u oldindan o‘rnatilgan ostona daraja bilan taqqoslanadi. Signalning kattaligi ostona darajasidan oshiq bo‘lganda komparator 15 minutga rostlangan taymerni ishga tushiradigan elektr impulslarini ishlab chiqaradi. Agar 15 minut davomida hech qanday harakat sodir bo‘lmasa, taymer xonadagi chiroqni o‘chiradi. Shundan keyin chiroqni faqatgina qo‘l bilan yoqish mumkin, chunki ushbu detektor qorong‘ida ishlamaydi.



15.1-rasm. Chiroqni o‘chirish va interfaol o‘yinchoqlarni boshqarish tizimlarida qo‘llaniladigan oddiy optik harakat detektori. A)– fotorezistorning sezgir yuzasi; B)– tekis oyna va nuqta linza fotorezistorning yuzasida tasvirni shakllantiradi; D)– nuqta linza

Uzoq IQ diapazonda ishlaydigan harakat detektorlari

Harakat detektorlarining boshqa bir turi issiqlik nurlanishining uzoq IQ diapazon deb ataladigan **optik diapazonida** ishlaydi. Bunday detektorlar sezgir elementga tushadigan, obyekt harakatlanganda o‘zgaradigan issiqlik oqimining o‘zgarishiga reaksiya ko‘rsatadi. Ushbu bo‘limda harakatlanayotgan odamlarni aniqlash uslubi ko‘rib chiqiladi, biroq bu usulga biroz qo‘shimchalar kiritilsa, uni qaynoq obyektlar uchun ham, sovuq obyektlar uchun ham qo‘llash mumkin bo‘ladi.

Harakatlanuvchi obyektlarni detektirlashning issiqlik uslubining tamoyili harorati absolyut noldan yuqori bo‘lgan jismlarning elektromagnitik to‘lqinlarni nurlatishi nazariyasiga asoslanadi.

Ushbu uslub uchun obyekt yuzasining harorati qurshab turuvchi muhit haroratidan farq qilishi muhim bo‘ladi. Har qanday obyektning yuzasidan ajralib chiqadigan issiqlik nurlanishining intensivligi **Stefan-Boltsman qonuni** bilan aniqlanadi. Agar obyektning harorati qurshab turuvchi muhitning haroratidan yuqori bo‘lsa, uning issiqlik nurlatishi qisqa to‘lqin uzunliklari tomonga qarab siljiydi, intensivligi esa kuchayadi. Ularning harakatini aniqlash zarur bo‘ladigan obyektlarning ko‘pchiligi no metallar bo‘lib hisoblanadi, shu sababli ular nurlatadigan issiqlik energiyasi yarim sfera ko‘rinishida yetarlicha bir tekis taqsimlanadi. Bundan tashqari, deyarli barcha dielektrik ob’ektlar yuqori nurlatish qobiliyatiga ega. Odamning terisi eng yaxshi nurlatgichlardan

biri bo‘lib hisoblanadi, uning nurlatish koeffitsiyenti 90% dan oshadi. Keyingi bo‘limlarda uzoq IQ diapazonda ishlaydigan harakat detektorlarining ikkita tipi tasvirlanadi. Ularning birinchisi passiv IQ datchik asosida ishlangan, ikkinchisi esa faol IQ elementlardan foydalanadi.

Passiv IQ elementlar asosidagi harakat detektorlari

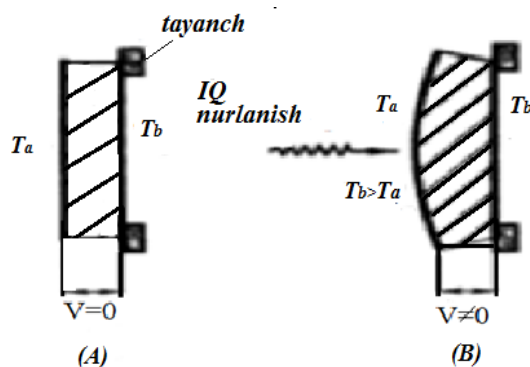
Bunday detektorlar qo‘riqlash tizimlari va yoritishni boshqarish tizimlarida ko‘p qo‘llaniladi. Passiv IQ sezgir elementlar uzoq IQ spektral diapazonning 4-20 mkm oraliqdagi to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan nurlanishlarga reaksiya ko‘rsatadi. Bu interval odam tanasining issiqlik nurlatishiga mos keladi. Bunday detektorlarda sezgir elementlarning uchta tipidan–termorezistorlar, termoelementlar va piroelektrlardan foydalanilishi mumkin. Biroq harakat detektorlarida ko‘pincha oddiyligi, narxining arzonligi, yuqori sezgirliigi va keng dinamik diapazoni tufayli piroelektrik elementlar ko‘proq qo‘llaniladi.

Piroelektrik materiallar o‘zlari orqali o‘tadigan issiqlik oqimiga javob tariqasida elektr zaryadlarini ishlab chiqaradi. Soddashtirilgan ko‘rinishda piroelektrik materiallarning issiqlikdan kengayishi oqibatida paydo bo‘ladi deb hisoblash mumkin (15.2-rasm). Yutilgan issiqlik sezgir elementning oldingi qismini kengayishga majbur qiladi. Barcha piroelektriklar shuningdek pyezoelektrik xususiyatlarga ham ega bo‘lishi sababli, kengayish natijasida vujudga keladigan kuchlanish elementning elektrodlarida zaryadlar paydo bo‘lishiga olib keladi. Bu elementning ikki tomonida joylashgan elektrodlar o‘rtasida potentsiallar farqi vujudga kelishini bildiradi. Taassufki, bu yerda pyezoelektrik effekt salbiy rol o‘ynaydi. Agar datchikka parazit tashqi mexanik kuchlar ta’sir ko‘rsatsa, ular ham elektrodlarda zaryadlar paydo bo‘lishiga olib keladi, ko‘pincha ularni foydali signaldan farqlash qiyin bo‘ladi.

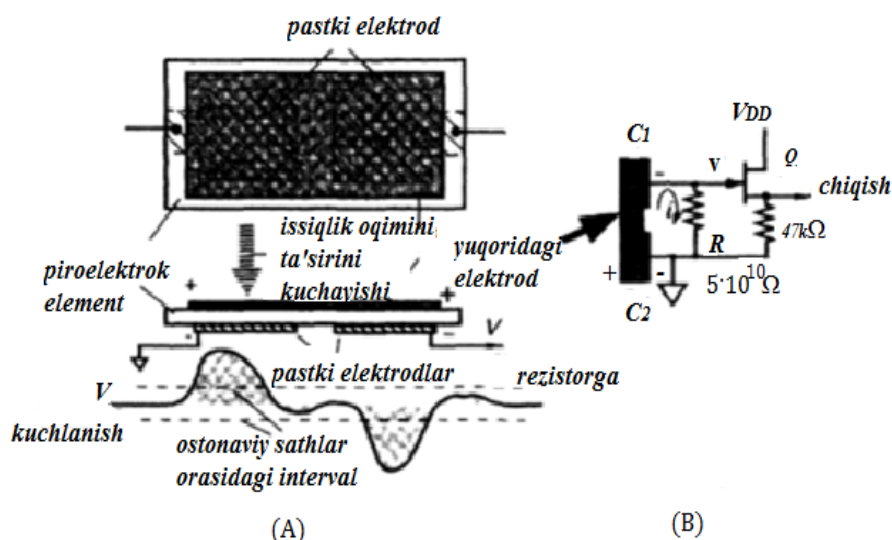
Dastlab element bir tekis haroratga ega bo‘ladi (15.2A-rasm); issiqlik nurlanishi ta’siri ostida elementning oldingi qismi kengayadi, bu elektrodga zaryadlar paydo bo‘lishiga olib keladi (15.2B-rasm).

Issiqlik va pezoelektrik usullar bilan shakllanadigan zaryadlarni ajratish uchun piroelektrik datchiklar odatda simmetrik qilib ishlanadi (15.3-rasm), ya’ni korpusning ichiga ikkita mutlaqo bir xil element joylashtiriladi, ularning chiqishlari elektron sxemaga ulanadi. Bu elementlarga bir paytning o‘zida bir xil kirish signallari berilganda, ular

o‘zaro bir-birini yo‘q qiladi. Shu sababli datchik signalning nolinch (yoki doimiy) darajasini saqlaydi.



15.2-rasm. Piroelektrik effektning pyzoelektriklikning oqibati sifatidagi soddalashtirilgan modeli



15.3- rasm. Simmetrik piroelektrik datchik. A – oldingi (yuqorigi) elektrod; B - umumiy taglikka o‘rnatilgan ikkita pastki elektrodlardan tashkil topgan sezgir element

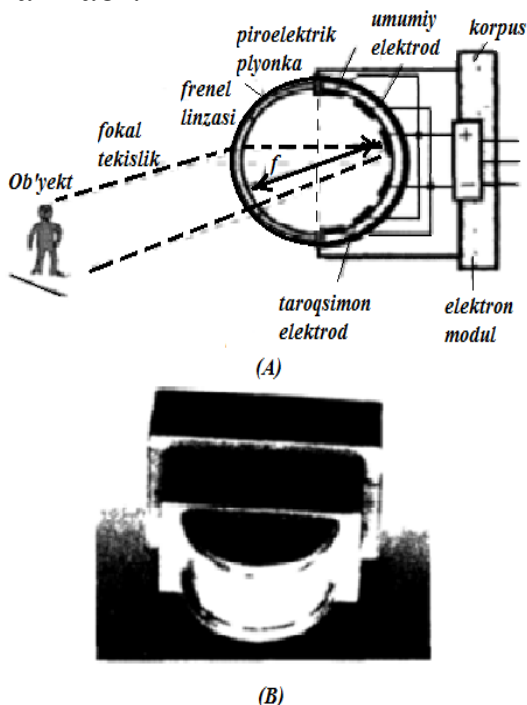
Datchikning asosiy g‘oyasi shundan iboratki, obyekt harakatlanganda hosil bo‘ladigan issiqlik oqimi sezgir elementga turli vaqt momentlarida yetib boradi, natijada detektorning chiqishidagi signalning darajasi o‘zgaradi.

Harakatlanayotgan obyektдан chiqadigan issiqlik oqimi chapdan o‘ngga qarab harakatlanish bilan rezistorda o‘zgaruvchan kuchlanish hosil qiladi.

Ilovada piroelektrik effektga ega bo‘lgan, ulardan sezgir elementlarni tayyorlash uchun foydalanish mumkin bo‘lgan ba’zi bir materiallar

ko'rsatib o'tilgan. ***IQ harakat detektorlarining*** tarkibiga sezgir elementlardan tashqari fokuslaydigan qurilmalar ham kiradi. Bunday qurilmalar parabolik oynalar va Frenel plastik linzalari bo'lishi mumkin. Keyingi paytlarda bu linzalarning ommaviyligi ortib bormoqda, bu ularning narxining arzonligi, ularga kerakli shaklni berish mumkinligi bilan izohlanadi, ular fokuslashdan tashqari detektorning ichki qismlarini namlik va ifloslanishdan himoya qiladigan deraza vazifasini ham o'taydi.

15.4A-rasmda Frenel bir qirrali polietilen bo'rtik linzasi va PVDF plyonkali sezgir elementdan ishlangan harakat detektori ko'rsatilgan. Bu datchikda ikkita uslub – faset linza va tarkibli elektroddan foydalanish birlashtirilgan. Kuchaytirgich sinxron fazali xalaqit beruvchilarni bostiradi va issiqlik oqimi bilan induksiyalangan kuchlanishni kuchaytiradi. Sezgir elementning plenkasiga linza tomondan organik qoplama qoplangan, u uning uzoq IQ spektral diapazonda yutish qobiliyatini oshiradi. Mazkur detektor yaxshi yechish qobiliyatiga (obyektgacha bo'lgan masofa katta bo'lganda ham juda kam sezgir harakatlarni ham aniqlaydi) va juda kichik o'lchamlarga ega (15.4B-rasm). Bu detektorlar gabarit o'lchamlar hal qiluvchi rol o'ynaydigan qurilmalarda keng qo'llaniladi.



15.4- rasm. Spektrning uzoq IQ diapazonida ishlaydigan, Frenel linzasi va PVDF piroelektrik sensordan tashkil topgan harakat detektori:
A – datchikning ichki tuzilishi; B – datchikning tashqi ko'rinishi

Passiv IQ harakat detektori (PIQ detektor) ishlashining samaradorligining tahlili

Qoʻllaniladigan optik qurilmalarning tiplaridagi farqlarga qaramasdan, barcha PIQ-detektorlar bitta fizikaviy hodisa – piroelektrlikka asoslanadi. Bunday datchiklarning ishchi tavsiflarini baholash uchun dastlab sezuvchan element uni elektr zaryadlariga aylantiradigan IQ nurlanishning (issiqlik oqimining) quvvatini bilish zarur boʻladi. Optik qurilma obyektidan chiqayotgan nurlanishni kichik timsol sifatida sensor yuzasiga fokuslaydi. Bu timsolning energiyasi sezuvchan element tomonidan yutiladi va issiqlikka aylantiriladi. Bu issiqlik, oʻz navbatida, piroelektrik elementda elektr tokiga aylantiriladi.

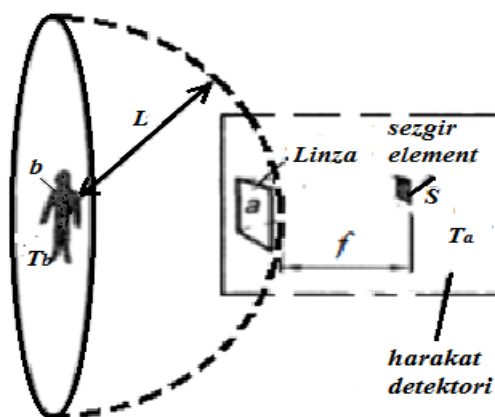
Datchik yuzasida nurlanishning quvvat darajasini baholash uchun bir nechta taxminlarni qilish kerak boʻladi:

- ***Harakatlanuvchi obyekt*** – odam, uning tana yuzasining samarali maydoni b ga teng (15.5 rasm). Bunda uning tana yuzasining har qanday nuqtasida harorat T_b ga teng (Kelvinlarda).

- Obyekt diffuzion (sochilgan) nurlanish manbai boʻlib hisoblanadi, uning nurlanishi maydoni $A = 2\pi L^2$ ga teng boʻlgan Yarim sferaning ichida bir tekis taqsimlangan.

- Fokuslaydigan qurilma har qanday masofada joylashgan obyektning aniq tasvirini olish imkonini beradi.

- Kelgusidagi hisoblashlarda linza yuzasining maydoni a ga teng, T_a sensorning harorati (Kelvinlarda) esa qurshab turuvchi muhitning harorati bilan mos tushadi deb hisoblaymiz.



15.5rasm. PIQ harakat detektori sezgir elementining yuzasida issiqlik timsolining shakllanishi

Obyekt tomonidan chiqariladigan nurlanishning (issiqlik oqimining) to'liq quvvatini Stefan-Boltsman qonuni yordamida topish mumkin:

$$F = b\varepsilon_a\varepsilon_b\sigma(T_b^4 - T_a^4) \quad (15.1)$$

bunda σ - Stefan-Boltsman doimiysi; ε_b va ε_a – obyekt va qurshab turuvchi muhitning nurlatish koeffitsiyentlari.

Agar obyektning harorati qurshab turuvchi muhitning haroratidan yuqori bo'lsa, butun nurlatiladigan IQ energiya undan ochiq kenglikka qarab yo'naladi. Obyekt sochilgan nurlanish manbai bo'lib hisoblanishi sababli, undan teng uzoqlikdagi masofalarda oqimning zichligi bir xil bo'ladi deb hisoblash mumkin. Boshqacha qilib aytganda, infraqizil nurlanishning intensivligi sferik yuza bo'ylab bir tekis taqsimlanadi.

Obyektning yuzasi ideal nurlatgich, qurshab turuvchi muhit esa – ideal yutuvchi bo'lib hisoblanadi (ya'ni $\varepsilon_a = \varepsilon_b = 1$) deb hisoblash bilan L masofada nurlanish oqimining zichligini topish mumkin:

$$f = \frac{b}{2\pi L^2} \varepsilon_s \sigma (T_b^4 - T_a^4) \quad (15.2)$$

bunda ε_s - sezgir elementning yutish koeffitsiyenti.

Linza ning γ samaradorligi (o'tkazish qobiliyati) linza materialining xususiyatlari va uning konstruksiyaga bog'liq ravishda 0 – 0,92 diapazonda o'zgaradi. Frenel polietilen linzalari uchun γ 0,4 – 0,7 oraliqda yotadi. Haroratlarning to'rtinchi darajasi bilan chaqiriladigan nochiziqlilikni hisobga olmaslik bilan element tomonidan yutilgan issiqlik energiyasining quvvatini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$F_s = a\gamma f \approx \frac{2\sigma\varepsilon_s}{\pi L^2} a\gamma T_a^3 (T_b - T_a) \quad (15.3)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, bu quvvat obyektgacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsional va linza hamda obyektning maydonlariga to'g'ri proporsional bo'ladi. Shuni qayd qilish muhimki, ko'p qirrali linza qo'llanilgan holatda a parametr deganda bitta qirraning maydoni tushuniladi. Agar obyekt sensorga qaraganda issiqroq bo'lsa, F_s oqim musbat bo'ladi. Agar obyekt sensorga qaraganda sovuqroq bo'lsa, oqim manfiy bo'ladi, bu uning yo'nalishi o'zgarishini, ya'ni issiqlik datchikdan obyektga qarab yo'nalganligini bildiradi. Real hayotda bu

odam sovuqdan kelib issiq xonaga kirkanda sodir bo‘ladi. Kelgusidagi mulohazalarda oqimni har doim musbat deb hisoblaymiz.

Sezgir elementning harorati, undan IQ nurlanish oqimi o‘tganda quyidagi ifoda bilan aniqlanadigan tezlik bilan o‘zgaradi:

$$\frac{dT}{dt} \approx \frac{F_s}{c} \quad (15.4)$$

Bunda F_s - yutilgan nurlanishning quvvati; S – elementning issiqlik sig‘imi; t - vaqt.

Bu tenglama faqatgina juda qisqa vaqt oralig‘ida (amalda faqatgina sensorga issiqlik oqimi ta’sir ko‘rsata boshlagan boshlang‘ich momentda) adolatli bo‘ladi, shu sababli undan faqatgina signalning kattaligini aniqlash uchun foydalaniladi. Sezgir element tomonidan ishlab chiqariladigan elektr tokini quyidagi fundamental formuladan topish mumkin:

$$i = \frac{dQ}{dt} \quad (15.5)$$

bunda Q – sezgir elementning elektrodlarida hosil bo‘lgan elektr zaryadi. Bu zaryadning kattaligi sensorning R piroelektrik koeffitsiyenti, uning s maydoni va dT harorat o‘zgarishi bilan belgilanadi:

$$dQ = PsdT \quad (15.6)$$

Elementning S issiqlik sig‘imini quyidagi ifodadan topish mumkin:

$$S = csh \quad (15.7)$$

Bunda s – solishtirma issiqlik sig‘imi; s – maydon; h – sezgir elementning qalinligi.

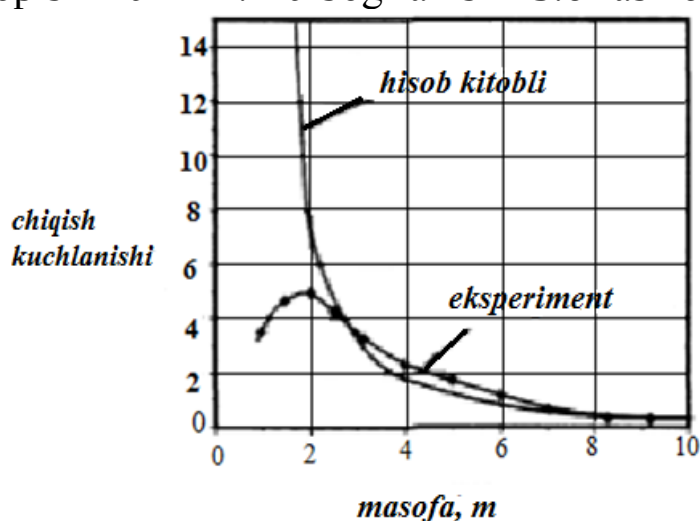
(15.4), (15.6) va (15.7) tenglamalarni (15.5) ifodaga o‘rniga qo‘yish bilan tushadigan issiqlik oqimiga sensor tomonidan javob tariqasida ishlab chiqariladigan eng katta tokni baholash mumkin:

$$i = \frac{PsdT}{dt} = \frac{PsF_s}{csh} = \frac{P}{hc} F_s \quad (15.8)$$

Tok bilan ob’ektning harakati o‘rtasidagi munosabatni chiqarish uchun quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$i = \frac{2Pa\sigma\gamma}{\pi hc} bT_a^3 \frac{\Delta T}{L^2} \quad \text{bunda } \Delta T = (T_b - T_a) \quad (15.9)$$

Tenglamani tahlil qilish asosida bir nechta xulosaga kelish mumkin. Bu ifodaning birinchi nisbati detektorni, qolgani esa–obyektni xarakterlaydi. Piroelektrik tok obyekt bilan qurshab turuvchi muhit o‘rtasidagi haroratlar farqiga (issiqlik kontrastligiga) to‘g‘ri proporsional bo‘ladi. Boshqa tomonlama esa, agar linza sezgir elementga obyektning butun tasvirini fokuslasa, datchikning maydoni piroelektrik tokning kattaligiga ta’sir ko‘rsatmaydi. (15.9) tenglama yordamida chiqish kuchlanishining datchikdan obyektgacha bo‘lgan masofaga bog‘lanishini topish mumkin. Bu bog‘lanish 15.6-rasmda ko‘rsatilgan.



15.6-rasm. PIQ harakat detektori chiqish signali amplitudasining obyektgacha bo‘lgan masofaga hisob-kitob va eksperimental bog‘lanishi

15.6-rasmdagi grafiklar obyektning tasviri sezgir elementning maydonidan katta emas va optik tizim obyektgacha bo‘lgan masofaning qanchaligidan qat’i nazar, uning aniq tasvirini ta’minlaydi degan shartlarda adolatli bo‘ladi. Amaliyotda ko‘pincha, ayniqsa obyektgacha bo‘lgan masofa kichik bo‘lganda bu shartlar bajarilmaydi, bunda obyektning tasviri nafaqat fokal tekislikning chegaralaridan tashqariga chiqib qolmasdan, balki simmetrik sezgir elementning ishchi bo‘lmagan uchastkalariga ham tushishi mumkin.

Sinov va nazorat savollari

1. Infraqizil diapazonida ishlaydigan harakat detektorlariga ta’riflang.

2. Passiv IQ sezgir elementlarini qanday tiplarini bilasiz?
3. Harakatlanuvchi obyektlarni detektorlashning issiqlik usulining tamoyili nimaga asoslangan?
4. Sezgir element tomonidan ishlab chiqariladigan elektr tokini qanday fundamental formuladan topish mumkin?
5. PIQ harakat detektori chiqish signali amplitudasining obyektgacha bo'lgan masofaga hisob-kitob va eksperimental bog'lanishi grafigini ta'riflang.

16-AMALIY MASHG'ULOT

MIKROTO'LQINLI HARAKAT DETEKTORLARI

Reja:

1. O'ta yuqori chastotali detektorlar.
2. Dopler hodisasi.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: O'YUCH detektorlar, Gann generatori, faza sezgir detektor, Dopler hodisasi, mikroto'lqinli Dopler.

Katta maydonlarni nazorat qilish va kuchli shovqin-suron sharoitlarida shamolda, kuchli xalaqit beruvchilar mavjud bo'lganda, tumanda, chang-to'zonda, namlik va hokazolarda keng haroratlar diapazonida ishlash talab qilinganda O'YUCH detektorlar boshqa datchiklarga ajoyib alternativa bo'lib hisoblanadi. O'YUCH detektorlarning harakat tamoyili qo'riqlanadigan zona tomonga elektromagnitik radiochastotali to'lqinlarni nurlatishga asoslanadi. 10.525 GGts (X-diapazon) va 24.125 GGts (K-diapazon) chastotalar eng keng tarqalgan chastotalar bo'lib hisoblanadi. Nurlatish quvvati odamlarning salomatligiga ziyon yetkazmaslik uchun yetarlicha past bo'lishi, nurlatiladigan to'lqinlarning uzunligi havoni ifloslantiradigan aksariyat zarrachalar orasidan bema'lol o'tish uchun yetarlicha katta bo'lishi (X-diapazon uchun $\lambda=3$ sm) va katta obyektlardan qaytishi uchun yetarlicha qisqa bo'lishi lozim.

Detektorlarning mikroto'lqinli qismi Gann generatori, antenna va aralashtiruvchi dioddan tashkil topadi. Gann generatori o'zida kichik pretsizion bo'shliqqa o'rnatilgan diodni taqdim qiladi, unga oziqlantiruvchi kuchlanish berilganda u O'YUCH tebranishlarni ishlab

chiqara boshlaydi. Bu elektromagnitik to‘lqinlarning f_0 chastotaga ega bo‘lgan bir qismi diafragma va to‘lqin uzatuvchi (volnovod) orqali o‘tadi va ularni obyekt tomonga qarab yo‘naltiradigan antennaga kelib tushadi. Qo‘llanilishga bog‘liq ravishda antenning turlicha fokuslaydigan xarakteristikalarini tanlanadi. Asosiy qoida quyidagicha: antenning yo‘naltirilganlik diagrammasi qanchalik tor bo‘lsa, u shunchalik katta sezuvchanlikka 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 yetarlicha kichik bo‘lishi mumkin bo‘lgan keng burchakli antennalarga qaraganda katta o‘lchamlarga ega bo‘ladi. Uzatgichning tiplashgan quvvati 10-20 mVt 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. Impulslı rejimda ishlashda oziqlantirish manbaidan iste’mol qilinadigan quvvat keskin kamayadi.

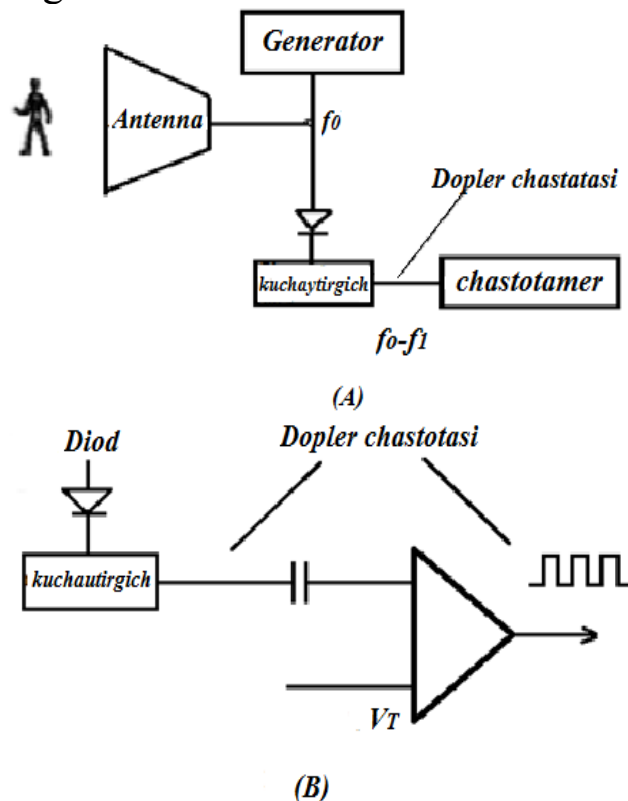
Nurlantiriladigan to‘lqinlarning kamroq qismi Shotka aralashtiruvchi diodga kelib tushadi va etalon signal sifatida foydalaniladi (16.1A rasm). Ko‘pincha signallar qabul qilgich va uzatgich priemoperedatchik yoki transiver deb ataladigan bitta modulda joylashadi. Obyektdan qaytarilgan to‘lqinlarning bir qismi antennaga qaytadi, u ularni aralashtiruvchi diodga yo‘llaydi. Dioddagi tok o‘zida uning chastotasi nurlatilgan va qaytarilgan to‘lqinlarning obyektgacha bo‘lgan masofaga to‘g‘ri proporsional bo‘lgan faza farqi bilan belgilanadigan garmolnik signalni taqdim qiladi. Bunday **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.

Antenna f_0 chastota bilan nurlatadi, bu chastota λ_0 to‘lqin uzunligi bilan belgilanadi:

$$f_0 = \frac{c}{\lambda_0} \quad (16.1)$$

bunda s_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.



16.1 - rasm. O'YUCH mavjud bo'lish detektori: A) Dopler chastotasini o'lchash uchun sxema; B) ostona detektoriga ega bo'lgan sxema

Dopler hodisasi dastlab tovush uchun kashf qilinganligiga qaramasdan, u elektromagnitik 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:

$$f_r = f_0 \frac{\sqrt{1 - (\frac{v}{s_0})^2}}{1 + v/c_0} \quad (16.2)$$

Amaliyotda $(\frac{v}{s_0})^2$ 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:

$$f_r = f_0 \frac{1}{1+v/c_0} \quad (16.3)$$

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:

$$i = i_0 + \sum_{k=1}^n a_k (U_1 \cos 2\pi f_0 t + U_2 \cos 2\pi f_r t)^2 \quad (16.4)$$

bunda i_0 – doimiy tarkib toptiruvchi; a_k - diodning ishchi nuqtasi bilan belgilanadigan garmonika koefitsiyentlari; 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:

$$\Delta f = a_2 U_1 U_2 \sin 2\pi (f_0 - f_r) t \quad (16.5)$$

Aralashtiruvchi dioddagi Dopler chastotasini (16.3) tenglamadan topish mumkin:

$$\Delta f = f_0 - f_r = f_0 \frac{1}{\frac{c_0}{v} + 1} \quad (16.6)$$

$\frac{c_0}{v} \gg 1$ bo‘lganligi sababli, (14.1) ifodani qo‘ygandan keyin quyidagi tenglamani olamiz:

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda_0} \quad (16.7)$$

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

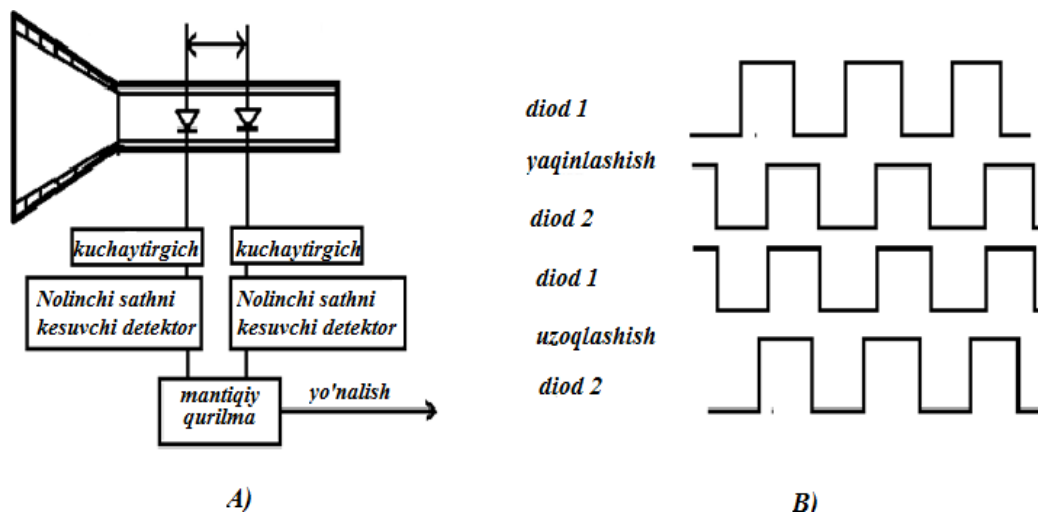
yaqinlashib kelayotgan bo'lsa, datchik X -diapazonda ishlaganda Dopler chastotasi $\Delta f = 0,6/0,03 = 20$ Hz ni tashkil qiladi.

(16.7) 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:

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda_0} \cos \theta \quad (16.8)$$

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 (16.1A 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 (16.1B rasm). Shuni qayd qilamizki, garchi (16.8) 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 sapchishiga va shunga mos ravishda aralashtiruvchi diodning chiqish kuchlanishining o'zgarishiga olib keladi. Odatda signallarning bu o'zgarishlari ostona detektorining ishga tushishi uchun yetarli bo'ladi.

Mikroto'lqinli datchiklar uchun eng yaxshi obyektlar tekis, silliq yuzaga ega bo'lgan, detektorning nurlatish yo'nalishiga perpendikulyar joylashgan o'tkazuvchan plastinkalar bo'lib hisoblanadi. Tekis o'tkazuvchan yuza juda yuqori qaytarish qobiliyatiga ega bo'ladi, biroq plastinkaning hatto unchalik katta bo'lmagan θ burchakka og'ishi ham datchikning ishlashiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Masalan, burchak $\theta = 45^\circ$ bo'lganda qaytarilgan signal qabul qiluvchi antennaga umuman yetib bormasligi ham mumkin. Elektromagnitik to'lqinlar chetlashishining bunday usuli yerdagi radarlarning ekranlarida ko'rinmaydigan Stels samolyotida qo'llanilgan.



16.2- rasm. A) Ko'chish yo'nalishini aniqlash funksiyasiga ega bo'lgan mikroto'lqinli Dopler harakat datchigining blok-sxemasi; B) vaqt diagrammalari

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 (16.2B 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 informatsiyani 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.

Sinov va nazorat savollari

1. O'ta yuqori chastotali detektorlar nima uchun qo'llaniladi?
2. Detektorlarning mikroto'lqinli qismi qanday qurilmalardan tashkil topgan?
3. Dopler hodisasiga ta'rif bering.

4. Nisbiylik nazariyasiga ko'ra, qaytarilgan elektromagnitik to'liqlarning chastotasi qaysi ifodaga ko'ra aniqlanadi?

5. Obyektning harakat yo'nalishini aniqlash uchun datchik tuzilishini tushuntirib bering.

17-AMALIY MASHG'ULOT

ELEKTROMAGNIT O'ZGARTKICHLAR KONSTRUKSIYALARI VA ULARNI LOYIHALASH

Reja:

1. Elektromagnit o'zgartkichlar konstruksiyalari.
2. Bir elementli va differensial induktiv datchiklar.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Elektromagnit o'zgartkich, induktiv o'zgartkichlar, differensial datchik, magnit-birlik datchigi.

Bunday datchiklarning ishlash prinsipi magnit oqimlarining ta'sirlashuviga asoslangan. Induktor g'altakdagi tokning o'zgarishidan siljish yoki deformatsiya kattaligi haqida xulosa chiqariladi. Elektromagnit datchiklarning turli xil sxemalari rasmda ko'rsatib o'tilgan.

Elektromagnit (EM) birlamchi o'lchash o'zgartkichlari turli xildagi fizik kattaliklarni (siljish, buralish, bosim va boshqalar) o'lchashda qo'llaniladi. EM datchiklar sifatida induktiv o'zgartkichlarni ko'rish mumkin. Bunday o'zgartkichlar magnit zanjiri qarshiligining o'zgarishi natijasida EM chulg'am induktivligining o'zgarishiga asoslangandir.

17.1-rasmlarda induktiv o'zgartkichlarning konstruksiyalari keltirilgan.

17.1a-rasmda, bir chulg'amli chiziqli siljish datchigining konstruksiyasi keltirilgan. Harakatsiz o'zak 2 ga nisbatan harakatli o'zak 3 chiziqli siljiganda ular orasidagi havo bo'shlig'i oralig'i δ o'zgaradi. Havo bo'shlig'ining oralig'i δ o'zgarganda zanjirning magnit qarshiligi o'zgaradi va shu bilan birga chulg'amning 1 induktiv qarshiligi ham o'zgaradi.

17.1-Rasm Induktiv o'zgartkich:	
a – chiziqli siljishlarning induktiv o'zgartkichlari.	b – buraluvchi siljishlarning induktiv o'zgartkichlari.

Chulg'am induktiv qarshiligi ωL bilan havo oralig'i orasidagi bog'liqlik funksiyasi quyidagicha:

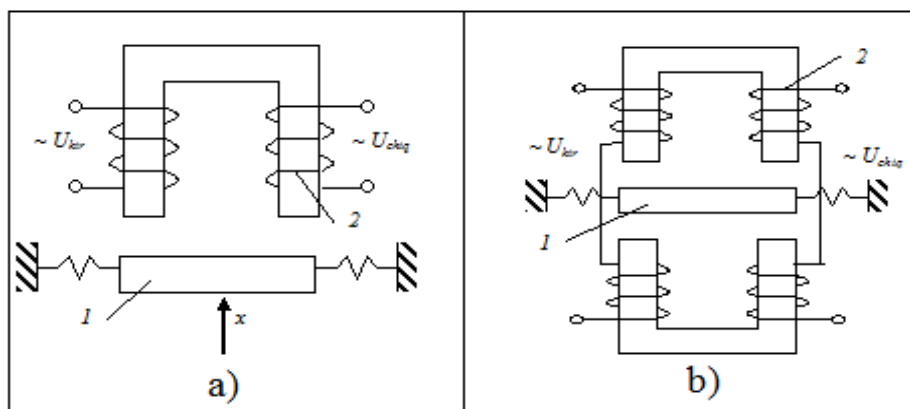
$$\omega L = f(\delta). \quad (17.1)$$

b-rasmda chiziqli siljish induktiv datchigining ishlash prinsipiga o'xshash bo'lgan burchakli siljishni o'lchovchi induktiv datchik ko'rinishi keltirilgan.

Amalda transformatorli datchiklarni qo'llash qulaydir. Ularning chiqish parametri elektr yurutuvchi kuch (EYUK) hisoblanadi. 17.2a-rasm va 17.2b-rasmlarda bir elementli va differensial datchiklarning rasmlari keltirilgan.

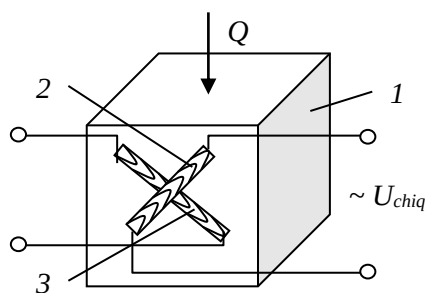
17.2b-rasmdagi qo'zg'aluvchan o'zak 1 qo'zg'almas o'zakka nisbatan siljirilganda 2-chulg'amdagi EYUK o'zgaradi, differensial datchikda esa qo'zg'aluvchan o'zak qo'zg'almas o'zaklar markazida bo'lganda 2-chulg'amdagi EYUKlar summasi 0 ga teng bo'ladi, o'zak siljiganda esa o'zgarmas chulg'amlarni kesib o'tadigan magnit oqimi 1-sida oshsa, 2-sida kamayadi, natijada 2 chulg'am chiqishida siljishga mos holda yig'iladi, EYUK hosil bo'ladi.

O'lchash xatoligining yuqoriligi (1÷4)% uning asosiy kamchiligi hisoblansada, yuqori kuchlarini ($10^5 \div 10^6$)N o'lchashda keng qo'llaniladi.

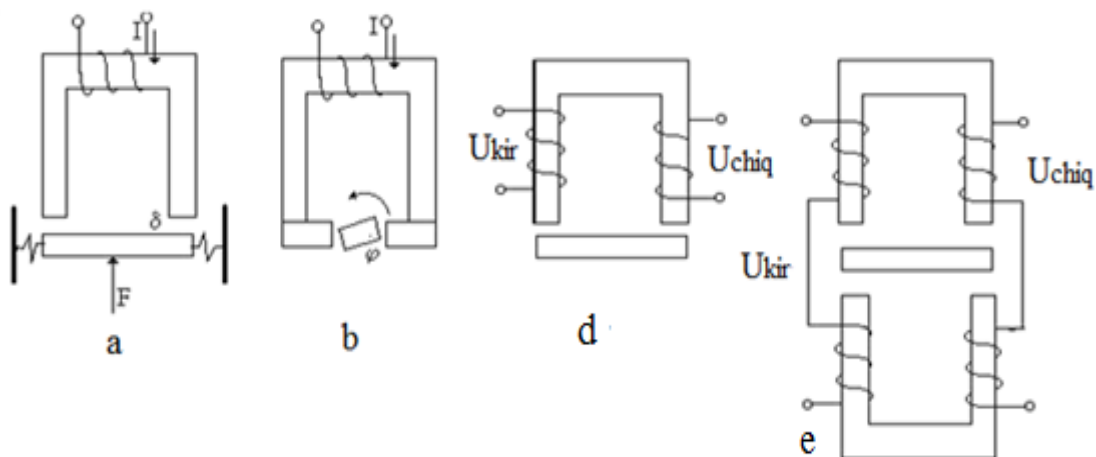


17.2-rasm. Bir elementli va differensial induktiv datchiklar

Induktiv datchiklar orasida magnit-bikirli datchiklar (17.3-rasm) alohida o‘rin egallaydi, ular o‘zak 1 magnit singdiruvchanligini tashqi mexanik kuch ta‘sirida Q o‘zgarishiga asoslangandir.



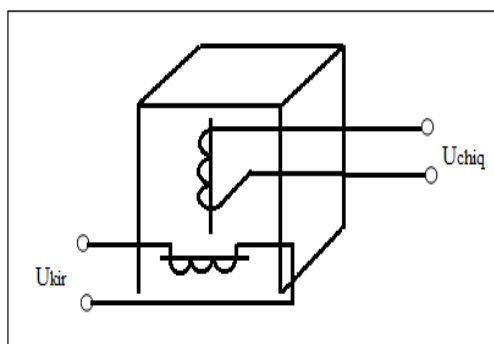
17.3 – rasm. Magnit-bikrlik datchik



17.4- rasm. a) chiziqli siljishlar datchigi; b) burchakli siljish datchigi; d) transformatorli o‘lchash sxemasi; e) differensial sxema

17.4 a- rasmda chiziqli siljishlar datchigi, 17.4 b-rasmda burchakli siljishlar ko'rsatilgan. Aniqlikni oshirish uchun transformatorli o'lchash sxemasi (17.4 b-rasm) va differensial sxema (17.4 g-rasm) ishlatiladi.

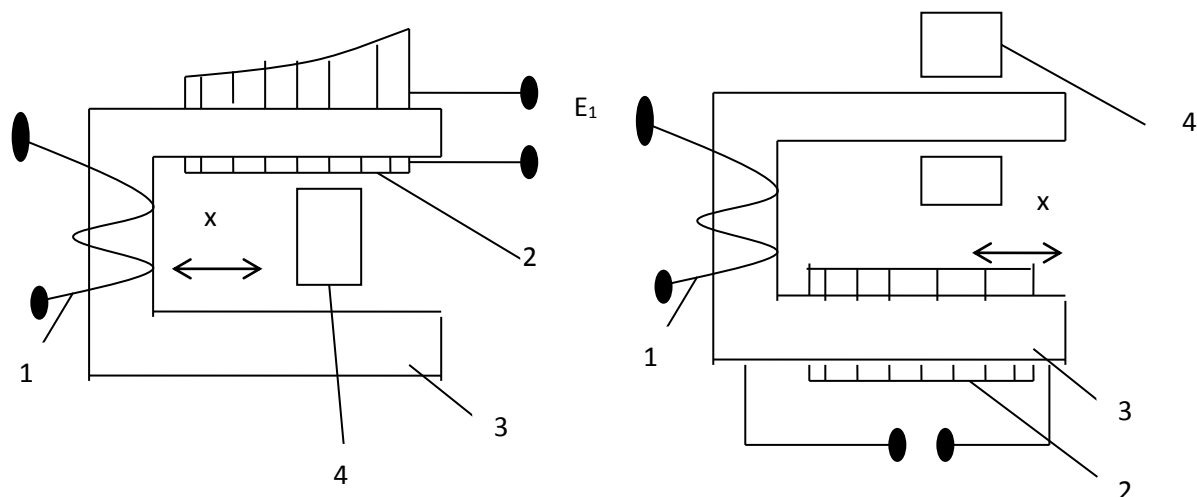
Magnit qayishqoq datchiklar – katta kuchlarni o'lchash uchun ishlatiladi ($F=105...106$ N). Datchik quyidagicha tuzilgan: ikkita o'zaro perpendikulyar g'altak ustidan katta qattiqlikdagi dielektrik material eritib qo'yilgan. Agar birinchi g'altakga o'zgaruvchan kuchlanish berilsa, ikkinchi qaltakda 0 ga EYUK induksiyalanadi. Datchikka kuch qo'yilganda material deformatsiyalanadi, natijada g'altaklar joylashish muhiti o'zgarib ikkinchi g'altakda noldan farqli EYUK paydo bo'ladi. Datchik tuzilishi 17.5- rasmda ko'rsatilgan.



17.5-rasm. Magnit qayishqoq datchik tuzilishi

Elektromagnit o'zgartkich turlari. Bu xil o'zgartkichlarning afzalliklari shundan iboratki, qo'zg'aluvchan element harakatlanganida o'zgartkichning elektrik va magnetik parametrlarini o'zgartkich magnit o'qi bo'ylab taqsimlanishi o'zgaradi. Qo'zg'aluvchi o'zagi qo'zg'aluvchi, ekrani qo'zg'aluvchi, o'lchash chulg'ami qo'zg'aluvchi va kombinatsiyali elektromagnit o'zgartkichlar mavjud. Mo'ljallanishiga qarab bu o'zgartkichlar chiziqli siljishlar uchun va burchakli siljishlar uchun kabilarga bo'linadi. Quyida texnologik jarayonlarni nazorat qilish uchun ishlab chiqilgan o'zgartkichlarning asosiy turlarini ko'rib chiqamiz.

17.6.a – rasmda keltirilgan funksional o'zgartkich jamlangan qo'zg'almas induktivlik hosil qiluvchi chulg'am 1 va funksional jihatidan uzunlik bo'ylab yoyilgan chulg'am 2 dan iborat. O'zgartkich chiqish signalini o'zgarish qonuni o'zak 4 ni harakatlanish koordinatasi va o'lchash chulg'am nisbiy o'ramlari sonini bir – biriga bog'liqlik funksiyasidir.



17.6-rasm. Elektromagnit o'zgartkichning funksional modeli

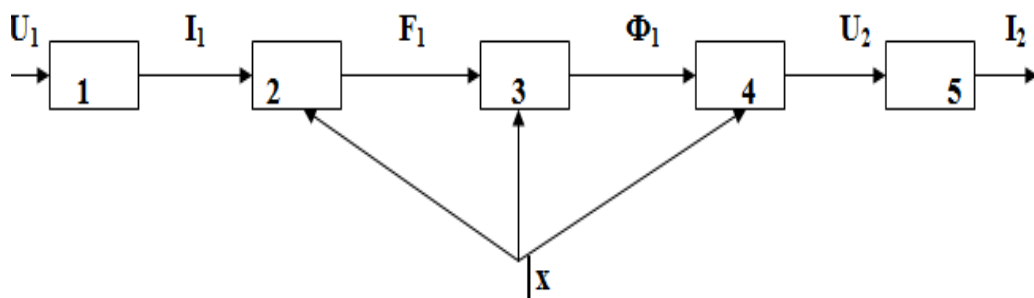
Qo'zg'aluvchan ekran (qisqa tutashtirilgan chulg'am) 4 li sodda o'zgartkich konstruksiya 17.6.b – rasmda tasvirlangan. Bu o'zgartkichda ham o'lchash chulg'ami 2 yoyib o'rab chiqilgan.

Agar magnit oqimi yo'lidagi havo tirqishini qo'zg'aluvchan element (ekran) joylashish o'rni o'zgarishiga bog'liq qilib loyiha ishlansa, yangi bir xildagi o'zgartkich hosil bo'ladi.

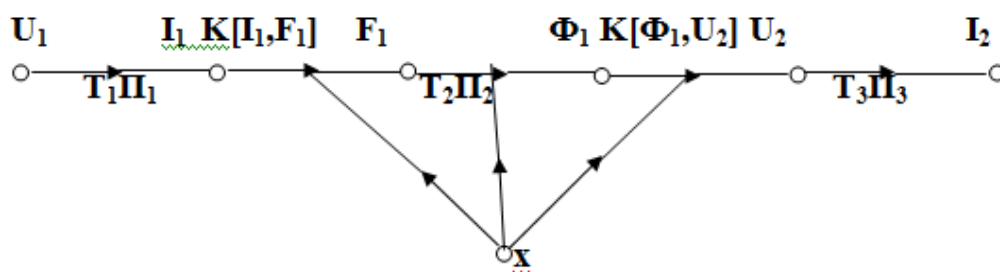
Elektromagnit o'zgartkichning strukturaviy modeli. 17.7–rasmda elektromagnit o'zgartkichlarni tuzilish prinsipining strukturaviy modeli tasvirlangan bo'lib, u 1 – blok (bu blokda kirishdagi elektr kuchlanishi U_1 tok kuchi I_1 ga aylantiriladi) dan, 2 – blok (tok I_1 magnit kuchlanishi F_1 ga aylantiriladi) dan, 3 – blok (magnit kuchlanishi F_1 yoyilgan magnit oqimi F_1 ni hosil qiladi) dan, 4 – blok (magnit oqimi F_1 o'lchovchi chulg'am o'ramlarini kesib o'tib chiqish elektr kuchlanishi U_2 ni hosil qiladi) dan, 5 – blok (bu yerda U_2 kuchlanish o'lchanuvchi tok kuchi I_2 ni hosil qiladi) dan tashkil topgan. Kirish kattalik x (siljish) 2,3 va 4 – bloklarga ta'sir qilishi mumkin.

Elektromagnit o'zgartkichlarning grafikli modeli (17.8-rasm). Elektromagnit o'zgartkichning grafikli modeli uning strukturali modeli asosida yaratiladi. Elektromagnit o'zgartkich grafikli modelining asosiy shoxlarini strukturali modeldagi ahamiyatli o'zgartirishlar: $U_1 \rightarrow I_1$; $I_1 \rightarrow F_1$; $F_1 \rightarrow F_1$; $F_1 \rightarrow U_2$; $U_2 \rightarrow I_2$ tashkil etadi. Ammo grafikli modelda bu o'zgartirishlar sxemali funksiyalar T_1P_1 ; T_2P_2 ; T_3P_3 va tabiatdagi bir fizik hodisani boshqasi bilan munosabat ko'effitsiyentlari orqali ifodalanadi. $K[I_1, F_1]$ – munosabat ko'effitsiyenti elektromagnit sxemaning magnit zanjiri bilan aloqasini ifodalaydi. $K[F_1, U_2]$ –

munosabat koeffitsienti esa magnit zanjirining elektr zanjiri bilan aloqasini ifodalaydi.



17.7-rasm. Elektromagnit o'zgartkichning strukturali modeli



17.8-rasm. Elektromagnit o'zgartkichning grafikli modeli

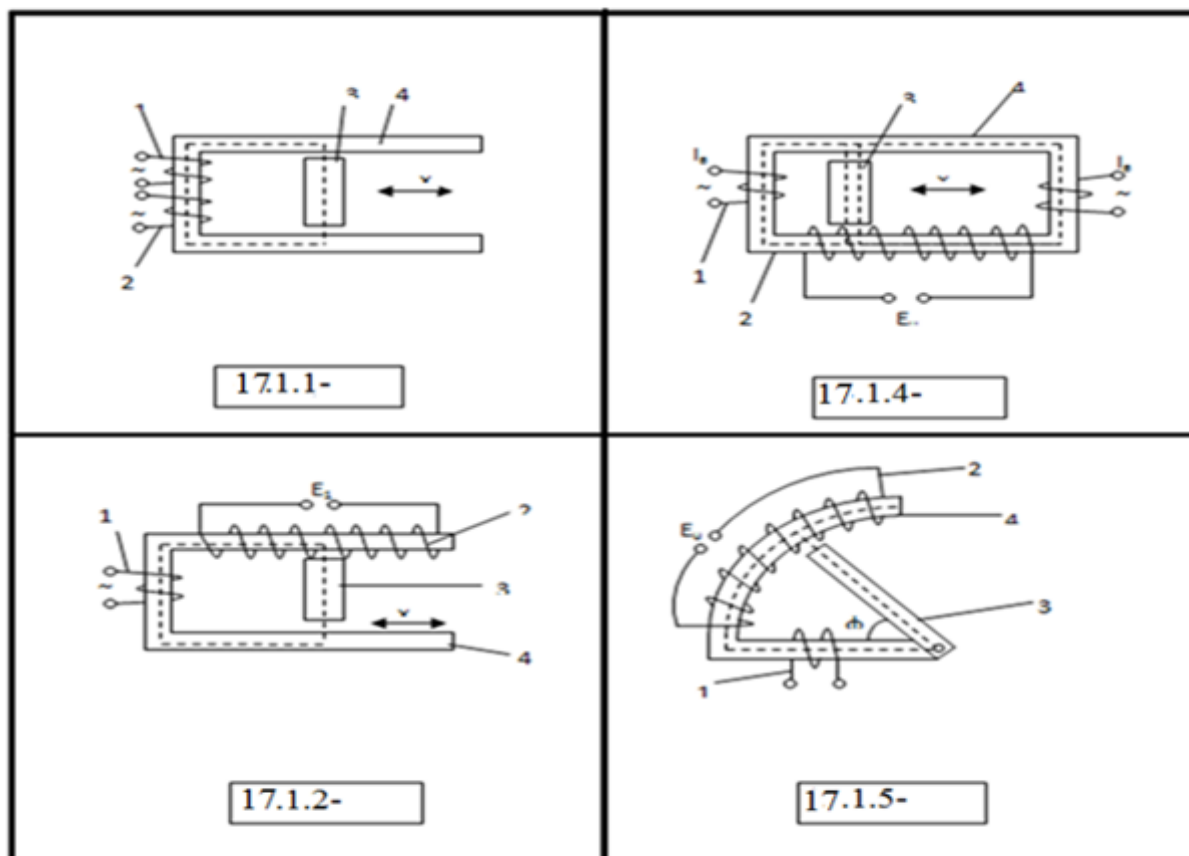
Elektromagnit o'zgartkichlar tuzilish prinsipi. Qo'zg'aluvchan ferromagnitli o'zakga ega o'zgartkich konstruksiyalari eng keng tarqalgan. O'zgartkichning soddaroq konstruksiyasi 17.1.1 – jadvalda keltirilgan bo'lib, qo'zg'aluvchan o'zak 3 magnit o'tkazgich 4 ga nisbatan siljiganida 1 va 2 chulg'amlarning induktivligi va o'zaro induktivli o'zgaradi.

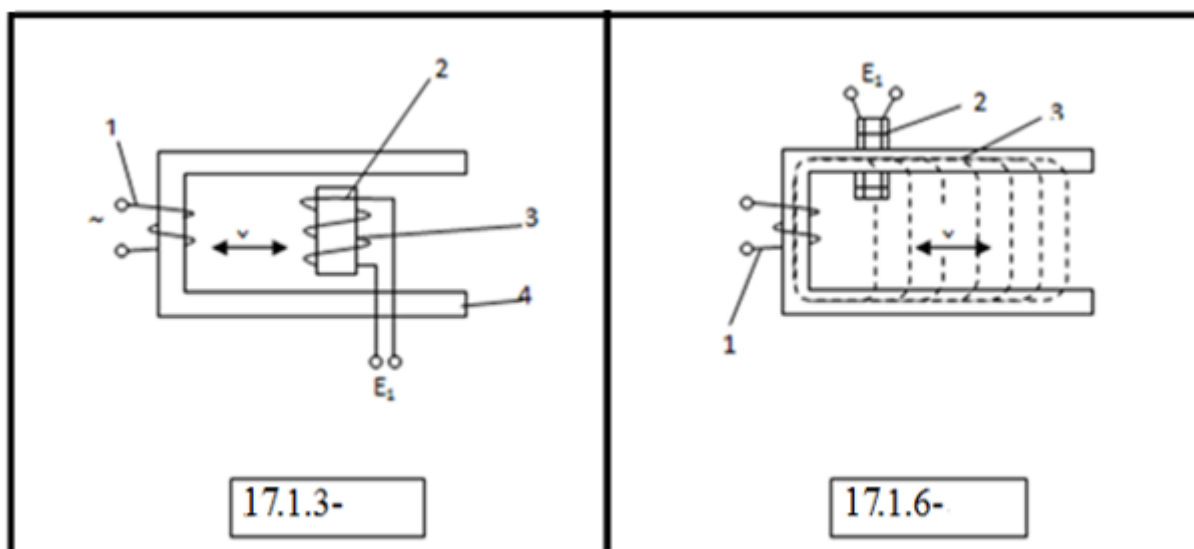
Shunga o'xshash konstruksiya 17.1.2 – jadvalda keltirilgan, uning ishlash prinsipi magnit o'tkazgich po'lat magnit qarshiligining qayta taqsimlanuvchi tavsifiga asoslangan. Shu konstruksiya 17.1.2 – jadvalda tasvirlangan bo'lib, chulg'am 2 magnit o'tkazgich bo'ylab, ya'ni o'zak 3 ni yo'li bo'ylab o'ralgan. Shu o'ralish hududi bo'ylab chulg'am 2 ning elektrik va magnetik parametrlari ham taqsimlangan. Bu konstruksiyada qo'zg'aluvchi element va qo'zg'almas sterjen orasidagi tirqish sababli kelib chiquvchi magnit qarshiligini hisobga olmasa, markazlashtirilgan chulg'am 1 ning induktivligini doimiy deb, yoyib o'rab chiqilgan chulg'am 2 ning induktivligi qiymatini esa o'zak 3 siljiganda o'zgaradi deb qabul qilish mumkin. 17.1.3 – jadvaldagi konstruksiya 17.1.1 – rasmdagi konstruksiyadan chulg'amlaridan biri qo'zg'aluvchan o'ramda

joylashgani bilan farq qiladi. Ko‘rib o‘tilgan konstruksiyalar 17.1.4 – jadvalda ko‘rsatilgani kabi differensial qilib ham ishlanishi mumkin. 17.1.5 – jadvalda burchak siljishlari o‘zgartkichi konstruksiya keltirilgan bo‘lib magnit o‘tkazgich 4 yoysimon shaklda tayyorlangan, ustiga butun uzunligi bo‘ylab o‘lchovchi chulg‘am 2 o‘rab chiqilgan, o‘zak 3 esa burchakli harakatlanishni amalga oshiradi. Qo‘zg‘aluvchan chulg‘amli o‘zgartkichlar ham keng qo‘llaniladi. Shunday o‘zgartkichga oddiyroq konstruksiyadagi misol 17.1.6 – jadvalda tasvirlangan. Bu yerda 3 – magnit o‘tkazgich, 1 – jamlangan qo‘zg‘almas chulg‘am, 2 – jamlangan qo‘zg‘aluvchan o‘lchovchi chulg‘am. Bu xil o‘zgartkichlarda qo‘zg‘almas induktivlikni hosil qilib beruvchi o‘ram ham jamlangan, ham yoyib o‘ralgan bo‘lishi mumkin.

Qo‘zg‘aluvchan chulg‘amli o‘zgartkichlar konstruksiyaning afzallik tomoni shundan iboratki, qo‘zg‘aluvchan chulg‘amning ham, qo‘zg‘almas chulg‘amning ham induktivligi qo‘zg‘aluvchan element harakatlanish koordinatasiga bog‘liq emasligidir. Shu xil o‘zgartkichlarda o‘zgartkich chiqish signalining o‘zgarish qonuni koordinataga bog‘liq holda, o‘lchash chulg‘ami nisbiy va o‘zgaruvchi o‘ramlari soniga bog‘liq bo‘lishidir. Bu holat o‘lchash chulg‘ami yoyib tayyorlangan o‘zgartkichlarda kuzatiladi, ya’ni magnit o‘tkazgich har bir uzunlik birligida o‘ramlar soning o‘zgarib boradi.

17.1-Jadval





Elektromagnit o'zgartkichlar konstruksiyalarini loyihalash

Berilgan: $U=220$ V; $f=50$ Hz; material – ARMKO po'lati; $R=46$ W; $\mu_1=200$ m/Hz; $\varepsilon=0,27\%$; $V_{\max}=1,2$ Tl; $x_m=0,35$ m; $S=3 \cdot 10^{-3}$; $h_{\max}=95$ mm.

Birinchi navbatda quyidagi aniqlanadi:

$$P=I \cdot U \quad I=P/U=46/220=0,2 \text{ A}$$

Hisob- kitob qismi

1. Nochiziqlilik darajasi ε bo'yicha β aniqlanadi.

$$\beta = \sqrt{\frac{4\varepsilon}{12,5}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,27}{12,5}} = 0,31$$

2. $\beta = 2K \cdot \frac{\mu_0}{\mu_1} \cdot \frac{X_m}{h \cdot h}$ formula bo'yicha bo'ylama kesishuvni iloji

boricha kvadrat qilib olish kerak, bu holda kesishuvdan foydalanish samarasi ortadi va koeffitsiyent $v=h$, $K=2$ bo'ladi.

$$h_1 \cdot h = 2K \frac{\mu_0}{\mu_1} \cdot \frac{X_m}{\beta} = 2 \cdot 2 \cdot \frac{12,56 \cdot 10^{-7}}{200} \cdot \frac{0,35^2}{0,31} = 8,8 \cdot 10^{-9}$$

$$h=2h_1+h$$

$$(h_m-2h_1) \cdot h_1=h \cdot h_1$$

$$-2h_1^2+h_1h_m-h \cdot h_1=0$$

$$-2h_1^2 + 0,095 \cdot h_1 - 8,8 \cdot 10^{-9} = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = 0,095^2 + 4 \cdot 2 \cdot (-8,8 \cdot 10^{-9}) = 0,009$$

$$h_1 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a} = \frac{-0,095 - 0,35}{-4} = \frac{0,7}{4} = 0,04 \text{ m}$$

$$h_1 \approx 0,04 \text{ m} \quad b = h_1 = 0,04 \text{ m}$$

$$h = h_m - 2h_1 = 0,095 - 2 \cdot 0,04 = 1,5 \text{ sm}$$

$$\text{Tirgish } h = 1,5 \text{ sm}$$

2. Solishtirma magnit o'tkazuvchanlik

$$q_h = \mu_0 \frac{b}{h} \cdot K = 12,56 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0,04}{0,015} \cdot 2 = 6,6 \cdot 10^{-6}$$

4. Magnit oqimining maksimal kattaligini topamiz.

$$F_m = B_m \cdot S = B_m \cdot h_1 \cdot b = 1,2 \cdot 0,04^2 = 0,002 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Bb}$$

5. O'lchash g'altagining o'ramlar sonini aniqlaymiz.

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ Hz}$$

6. Magnit yurituvchi kuchni topamiz.

$$F_m = I_b \cdot \omega_b = \frac{\Phi_m}{q_h \cdot x_m} = \frac{0,002}{6,6 \cdot 10^{-7} \cdot 0,35} = 8,7 \cdot 10^{-3}$$

7. Qo'zg'atuvchi tokni topamiz:

$$I_{ob} = \frac{\omega F_m^2 \cdot g_h \cdot x_m}{U} = \frac{314 \cdot 6,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,35 \cdot (8,7 \cdot 10^{-3})^2}{220} = 2,4 \text{ A}$$

8. Qo'zg'atuvchi cho'lg'am o'ramlar soni

$$\omega_{ob} = \frac{F_m}{I_{ob}} = \frac{8,7 \cdot 10^{-3}}{2,4} = 3,6 \cdot 10^3$$

9. Qo'zg'atuvchi chulg'am simining diametri

$$d_{ob} = \sqrt{\frac{I_{ob} \cdot 4}{I \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4}{3,14 \cdot 4}} = 0,87 \text{ mm}$$

Statik xarakteristika olish uchun quyidagi hisoblashni bajaramiz:
1-usul

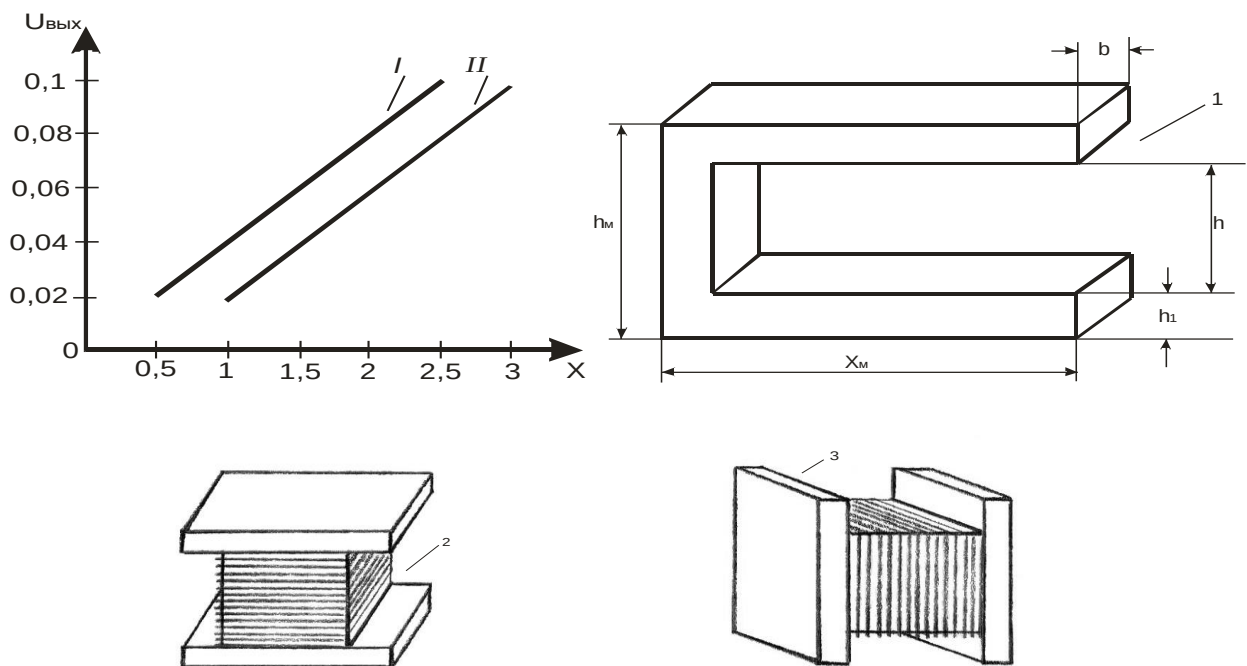
$$U_{\text{члук}} = S_n \cdot x \cdot \left(1 - \frac{1}{\frac{x}{x_M} + \frac{1}{0,5\beta}} \right) = 3 \cdot 10^{-3} x \left(1 - \frac{1}{\frac{x}{0,35} + \frac{1}{0,5 \cdot 0,31}} \right) = 3 \cdot 10^{-3} \cdot x \cdot \left(1 - \frac{0,5}{0,15x + 0,35} \right)$$

2-usul:

$$U_{\text{члук}} = \omega \cdot I_{\text{об}} \cdot \omega_{\text{об}} \cdot \omega_k \cdot g_h \cdot x = 314 \cdot 2,4 \cdot 3,6 \cdot 10^3 \cdot 6,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot x = 0,028 \cdot x$$

$$\omega_k = \frac{S_n \cdot x_M}{\omega \cdot \Phi_M} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,35}{314 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^{-3}$$

Ikkala usul bilan olingan natijalarni solishtirish uchun statik xarakteristikalar grafikda ifodalanadi.



17.9-rasm.1-magnit o'tkazgich; 2-qo'zg'atuvchi g'altak; 3-o'lchash g'altagi

Sinov va nazorat savollari

1. Elektromagnit birlamchi o'lchash o'zgartkichlari asosan qanday o'lchashlarda qo'llaniladi?
2. Chiziqli siljishlarning induktiv o'zgartkichlarining konstruktsiya tuzilishini tushuntirib bering.

3. Magnit qiyishqoq datchiklar deb nimaga aytiladi?
4. Elektromagnit o'zgartkichlarning qanday turlarini bilasiz?
5. Elektromagnit o'zgartkichlar tuzilish prinsipini tushuntirib bering.
6. Elektromagnit o'zgartkichning strukturaviy modeli qanday qismlardan iborat?

18-AMALIY MASHG'ULOT

OPTIK O'ZGARTKICHLAR KONSTRUKSIYALARI VA ULARNI LOYIHALASH

Reja:

1. Fotoeffekt hodisasining fizik mohiyati.
2. Optik o'zgartkichlarning konstruksiyalarini loyihalash.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: fotoeffekt xodisasi, ichki fotoeffekt, spektral, yorug'lik oqimi, to'lqin uzunligi, reflektordan akslanish, mikroto'lqinli datchiklar.

Optik o'zgartkichlar haqida umumiy ma'lumotlar

Optoelektron o'zgartkichlarning asosiy elementlari quyidagilar:

- nur qabul qilgich (NQQ);
- yorug'lik o'tkazgich (YOO');
- yorug'lik ekranlari (YOE);
- o'lchash sxemasi va boshqalar.

Optik asboblarda yorug'lik o'tkazgich sifatida kovak (ichi teshik) yorug'lik o'tkazgichlar keng qo'llaniladi. Nur manbai va nur qabul qilgichlar jamlangan holda ham, sochilgan holda ham bo'lishi mumkin. Ularni birgalikda ishlashi chiziqli burchakli o'zgartkich (CHBO') uchun turli xil konstruksiyadagi optik asboblarni olish imkonini beradi.

Optik o'zgartkichlar fotoeffekt hodisasini qo'llashga ko'ra yaratilgan.

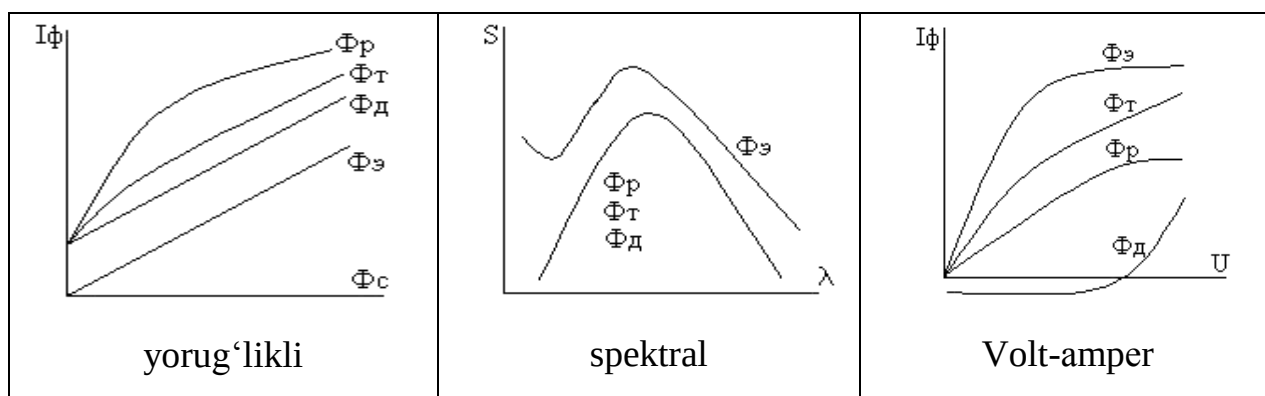
Fotoeffekt hodisasi fizik mohiyatiga ko'ra 2 xil bo'ladi – ichki va tashqi.

Ichki fotoeffekt – yorug'lik oqimi ta'sirida qattiq jism kristall panjarasi ichida sodir bo'ladigan hodisa. Bunda zaryad tashuvchilar

energetik holati o'zgaradi va kontsentratsiyasi o'zgarib, kristall ichida qayta taqsimlanadi. Bu xil fotoeffekt yarimo'tkazgich va dielektrlarda kuzatiladi.

Tashqi fotoeffekt - yorug'lik oqibatida elektronlarning jism tashqarisiga uchib chiqishidir.

Fotoelektrik o'zgartkichlarning asosiy xarakteristikalarini, ya'ni – yorug'likli, spektral va voltampermetrli xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz. Rasmda fotorezistor (F_r), fototranzistor (F_t), fotodiod (F_d) va fotoelement (F_e) uchun xarakterli bog'liqliklar 16.1-rasmda tasvirlangan.



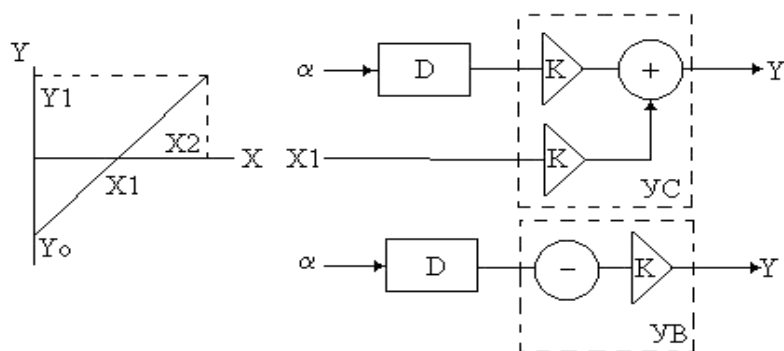
18.1-rasm. Fotoelektrik o'zgartkichlarning asosiy xarakteristikalari:

I_f – fototok, F_{y0} – yorug'lik oqimi, S – yarimo'tkazgichli asbob sezgirligi, λ – tushayotgan yorug'lik oqimining to'liq uzunligi

O'lchash o'zgartkichlariga matematik qurilmalar ham kiradi, masalan qo'shishlar va signallarni sanash qurilmalari. Bu qurilmalarning struktura sxemasi 18.2-rasmda ko'rsatilgan.

O'zgartkich quyidagi tenglamani amalga oshiradi:

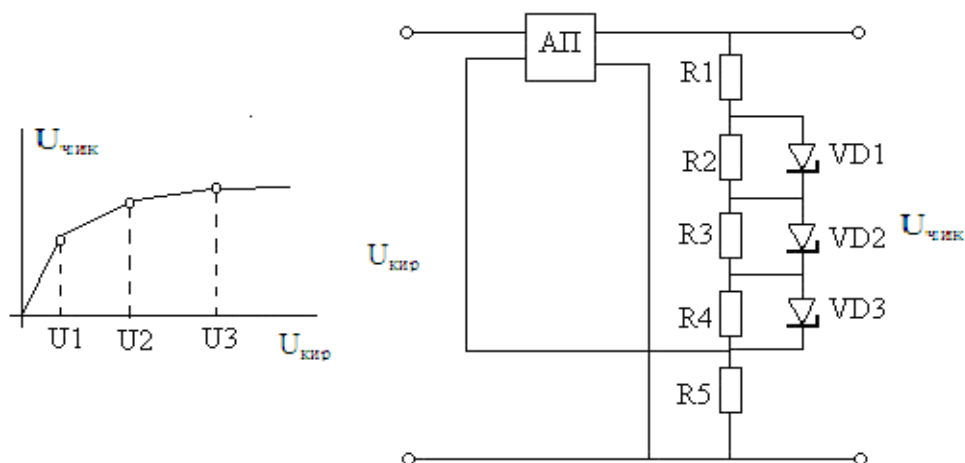
$$Y = Y_0 + F(X_1) \quad (18.1)$$



18.2-rasm. Qo'shishlar va signallarni sanash qurilmalarining struktura sxemasi. D – datchik, US – qo'shish qurilmasi, UV – o'qish qurilmasi

Апроксиматсияловчи о'згарткич. О'згарткич ноҳизили қирish signali U_{kir} ni ҳизили функсиялар қаторига алмасhtиради. Апроксиматсияловчи о'згарткичning ишлаш принципи ва sxemasi quyidagi 18.3-rasmda ko'rsatilgan.

О'згарткичда стабилитрон volt-ампер хараkтеристикаси хусуsiяти qo'llanilgan. Агар $VD_1...VD_3$ стабилитронlarnи $U_1...U_3$ kучlanish qiymatlariga mos teshilish kучlanishlari qiymatida tanlab olinsa, unda 18.3-rasmda ko'rsatilgandek қирish – ҳиқиш хараkтеристикаси оlinadi.



18.3-rasm. О'згарткичning қирish – ҳиқиш хараkтеристикаси

Фотоелеkтрик датчиклар sanoatning barcha soҳalarida qo'llanilishi mumkin. Diskret ишлашли датчиклар о'ziga xos kontaktsiz о'chirgich-yoqqichlar sifatida hisoblash, qayd etish, pozitsiyani belgilash va boshqa masalalar bo'yicha istalgan texnologik liniyada ishlatilishi mumkin.

Оптик kontaktsiz датчик nazorat qilinayotgan soҳadagi yorug'lik oqimini mexanizm va mashinalar harakatlanuvchi qismlarining muhitda joylashishining о'zgarishi sababli yoki biror obyektning bor yoki yo'qligi sababli qayd etadi.

Оптик kontaktsiz датчиклар ишлаш masofasi kattaligi sababli nafaqat sanoatda, balki boshqa soҳalarda ham keng qo'llanilmoqda.

Оптик kontaktsiz датчик qabul qilgich va nurlatgichdan iborat ikkita funksional uzeldan tashkil topgan. Ushbu uzellar bir korpusda yoki alohida korpuslarda joylashgan bo'lishi mumkin.

Фотоелеkтрик датчиклар obyekt aniqlanish usuliga qarab 4 guruhga bo'linadi:

1. **Nurni kesish** – bu holda nurlatgich va qabul qilgich alohida-alohida korpusda joylashgan bo'lib, bu ularni bir-biriga qarama-qarshi

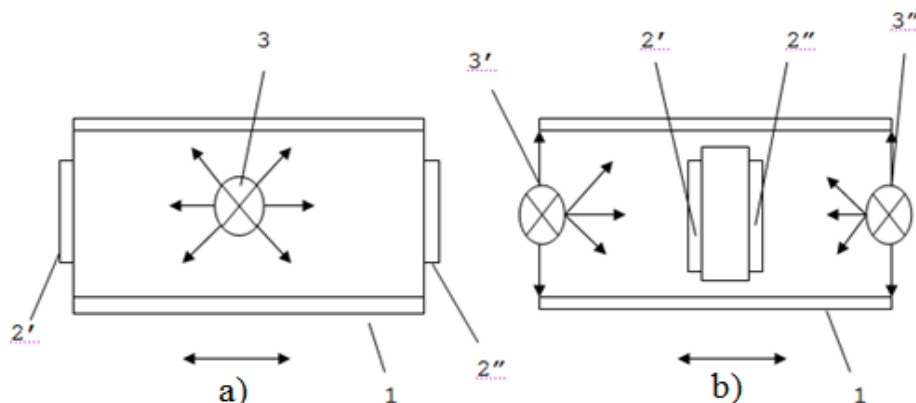
oʻrnatish imkonini beradi. Ishlash prinsipi shunga asoslanganki, nurlatkich uzluksiz nur uzatib turadi, qabul qilgich esa uni qabul qilib oladi. Agar begona biror obyekt bilan datchiklarning yorugʻlik signali yoʻli toʻsib qoʻyilsa qabul qilgich darrov chiqish holatini oʻzgartirib reaksiya beradi.

2. **Reflektordan akslanish** – bu usulda nurlatuvchilar va qabul qilgich bir korpusda joylashadi. Datchikda qarama-qarshi qilib reflektor (nur qaytargich) oʻrnatiladi. Datchiklar reflektor bilan shunday qurilganki, qutblantiruvchi filtr yordamida datchiklar faqat reflektordan qaytgan nurnigina qabul qilib oladi. Bu reflektorlar ikki karrali akslanish usuli boʻyicha ishlaydi. Mos reflektorni tanlash, talab etilgan masofa va montaj qilish imkoniyatiga qarab amalga oshiriladi.

3. **Obyektdan akslanish** – bu usulda datchikning nurlatgichi va qabul qilgichi bir korpusda joylashadi. Datchikning ishchi holatida uni ishlash zonasiga tushgan barcha obyektlar oʻziga xos reflektor vazifasini bajaradi. Yorugʻlik nuri obyektдан akslanib datchik qabul qilgichiga tushishi bilan u chiqish holatini oʻzgartirib darrov reaksiya beradi.

4. **Obyektdan fiksatsiyalangan (qayd etilgan) akslanish** – ishlash prinsipi xuddi “obyektdan akslanish” kabi, faqat obyektga sozlangan qiymatdan ogʻishga yanada aniqroq reaksiya beradi. Masalan, kefir solingan shisha idish qopqogʻini ishib qolishiga, mahsulot solingan vakuumli idishning yaxshi toʻlmasligi va h.k. larga reaksiya berishi mumkin.

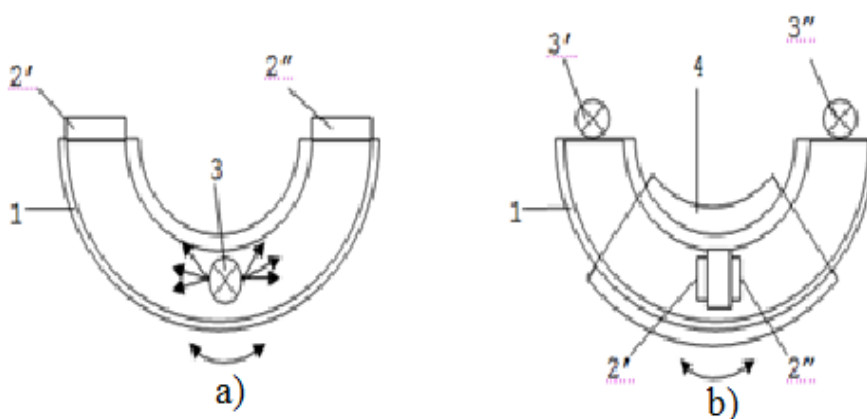
Optik oʻzgartkichlar. 18.4–rasmda chiziqli siljishlar uchun optoelektron oʻzgartkichning tuzilish prinsipi keltirilgan. 18.4a – rasmdagi oʻzgartkich konstruksiyada nur manbai 3 X oʻqi boʻylab harakatlanib, nur qabul qilgichlar 2' va 2'' ni yoritilganligini oʻzgartiradi. Ushbu nur qabul qilgichlar differensial oʻlchash sxemasiga ulangan.



18.4-rasm. Chiziqli siljishlar uchun

18.5-rasmda burchakli siljishlarni o‘lchash uchun optik asbobning konstruksiyasi keltirilgan. 18.5 a)– rasmdagi burchakli siljishlarni o‘lchash uchun optik o‘zgartkich konstruksiyada nur manbai 3, nur qabul qilgichlar 2' va 2'' ni yoritilganligini o‘zgartiradi. 18.5 b)- rasmdagi burchakli siljishlarni o‘lchash uchun optik o‘zgartkich quyidagi elementlardan iborat:

- yoysimon kovak yorug‘lik o‘tkazgichi 1;
- nur manbalari 3' va 3'';
- nur qabul qilgichlar 2' va 2'';
- qo‘zg‘aluvchan tashqi kovak yorug‘lik o‘tkazgich 4 lardan tashkil topgan.

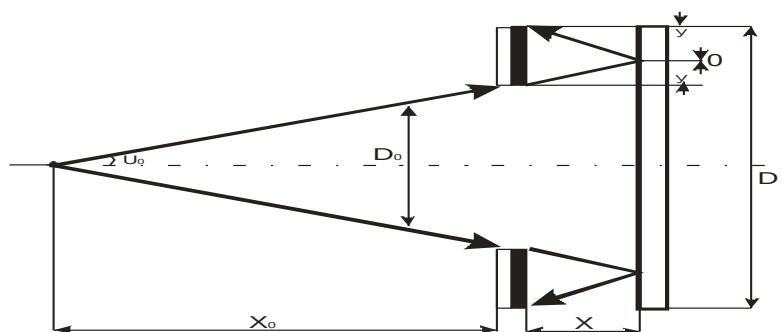


18.5-rasm. Burchakli siljishlar uchun

Optik o‘zgartkichlarning konstruksiyalarini loyihalash

Loyihalash uchun hisob-kitob ishlarini o‘tkazamiz.

Boshlang‘ich ma’lumotlar: $D_0=10 \cdot 10^{-3}\text{m}$; $x_0=10 \cdot 10^{-3}\text{m}$; $D=25 \cdot 10^{-3}\text{m}$;
 $\rho_1=0,1$; $U=6\text{V}$; $S_{f,r}=20 \cdot 10^{-3} \text{ A/Lm}$; $R_{f,r}=100 \cdot 10^{-3}\Omega=10^5\Omega$.



18.6-rasm. Optoelektron o‘zgartgichning parametrlarini tanlash

Yoritilayotgan yuzaning siljishga bog‘liqligini aniqlash quyidagicha:

$$D_{er,yu} = D_0 + 4y$$

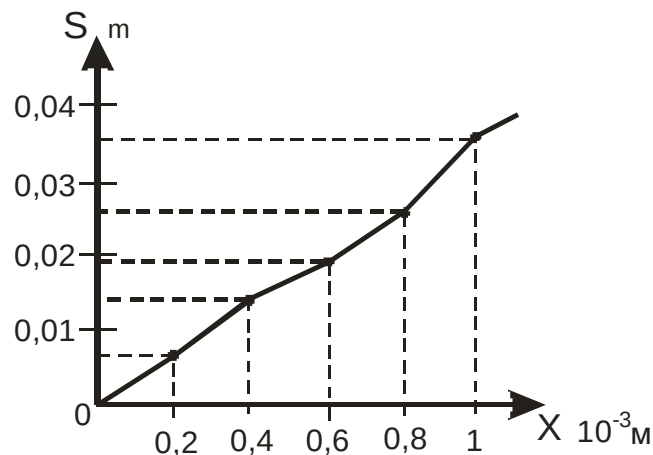
$$tg U_0 = \frac{D_0}{2x_0} = \frac{y}{x}; \quad y = \frac{D_0 \cdot x}{2x_0}$$

$$D_{yo,yu} = D_0 + 2x \frac{D_0}{x_0}$$

$$S_{yo,yu} = \frac{\pi(D_0 + 4y)^2}{4} - \frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{\pi}{4} [(D_0 + 4y)^2 - D_0^2]$$

$$S_{yo,yu} = \pi D_0^2 \frac{x}{x_0} \left(1 + \frac{x}{x_0} \right)$$

X	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0		$\cdot 10^{-3}$
S	0	0,006	0,013	0,019	0,027	0,034		$\cdot 10^{-3}$



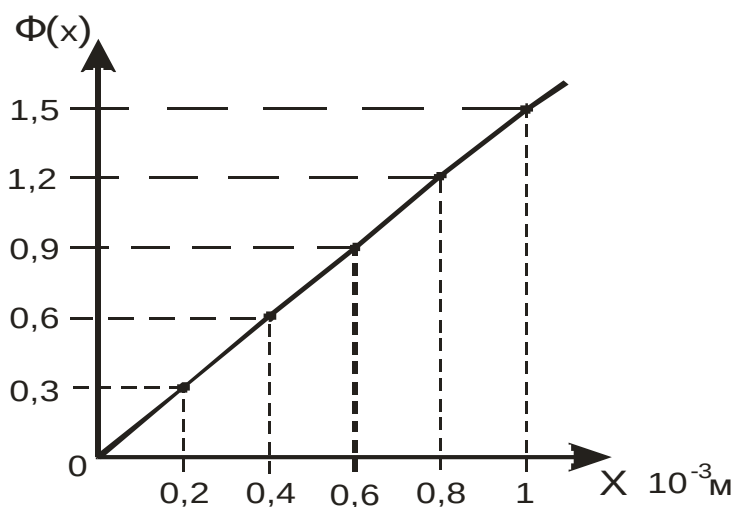
2. Yorug‘lik oqimining siljishga bog‘liqligini aniqlash

$$\Phi_0 = J_0 \frac{S(x)\rho_1}{(x_0 + 2x)^2} e^{-k_x(x_0 + 2x)} \quad (18.2)$$

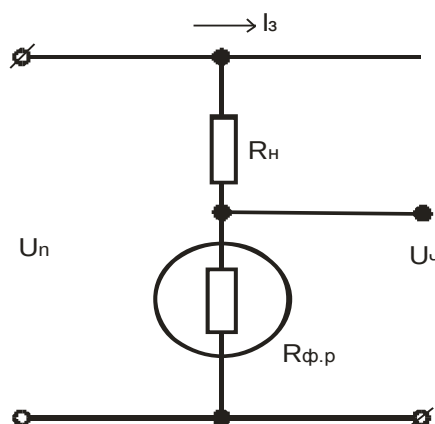
ρ_1 – qaytarish ko‘effitsiyenti (disk materialiga bog‘liq holda 0÷1 bo‘ladi); k_x – yutuvchanlik ko‘effitsiyenti (yutish muhitiga bog‘liq).

Ko‘rib chiqilayotgan variant uchun $\rho_1=0,1$; $k_x=0,001 \text{ m}^{-1}$ deb olamiz. U holda:

X	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$\cdot 10^{-3}$
$\Phi_0(x)$	0	0,3328	0,6687	0,9088	1,2039	1,4166	$\cdot 10^{-3}$



3. Chiquvchi kuchlanishning siljishga bog‘liqligini aniqlash.
Bo‘luvchi sxemani ko‘rib chiqamiz.



$$U_{\text{chik}} = U_n \frac{K_M}{(K_M + 1)^2} \cdot \frac{\Delta R_{\phi.p}}{R_{\phi.p}} = U_n \frac{K_M}{(K_M + 1)^2} \cdot \varepsilon \quad (18.3)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta R_{\phi.p}}{R_{\phi.p}} = 0,1$$

$$K_M = \frac{R_H}{R_{\phi.p}} \quad - (1 \div 2) \text{ ko‘prik simmetriyasi koeffitsiyenti}$$

$$U_{\text{chik}} = U_n - I_z \cdot R_H = R_{f.r} \cdot I_z$$

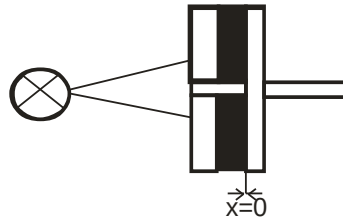
$$I_{\text{fototok}} = S_{nn} \cdot \Phi_0(x)$$

S_{nn} – fotorezistorning sezgirligi.

Kichik yorug‘lik oqimlarida $I_z = I_f$ deb qabul qilinadi.

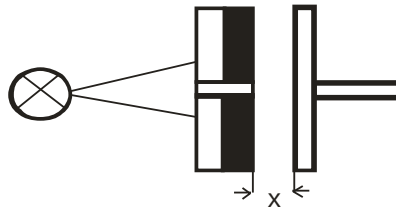
$$\frac{U_n - I_\phi \cdot R_H}{I_\phi} = R_{\phi.p} \quad (18.4)$$

a) $x=0$



$$I_f = I_{tem}; \quad R_{f.r} = R_T \quad \frac{U_n}{I_M} - R_H = R_T \phi.p.$$

b) $x=x$



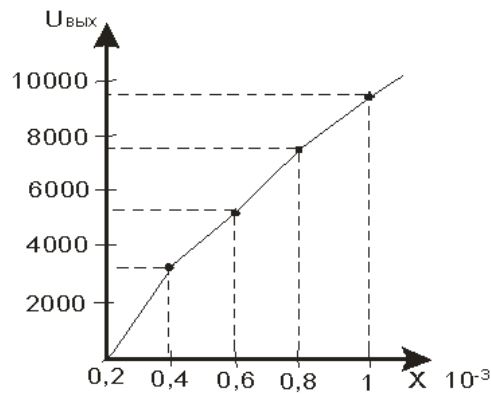
$$\frac{U_n}{S_{\phi.p.} \Phi_0} - R_H = R_{\phi.p.}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta R_{\phi.p.}}{R_{\phi.p.}} \quad (18.5)$$

$$\Delta R_{\phi.p.} = R_M(x) - R_{\phi.p.}(x_{\min}) = \frac{U_n}{I_M(x)} - R_H - \frac{U_n}{I_M(x_{\min})} + R_H = U_n \left[\frac{1}{I_M(x)} - \frac{1}{I_M(x_{\min})} \right] \quad (18.6)$$

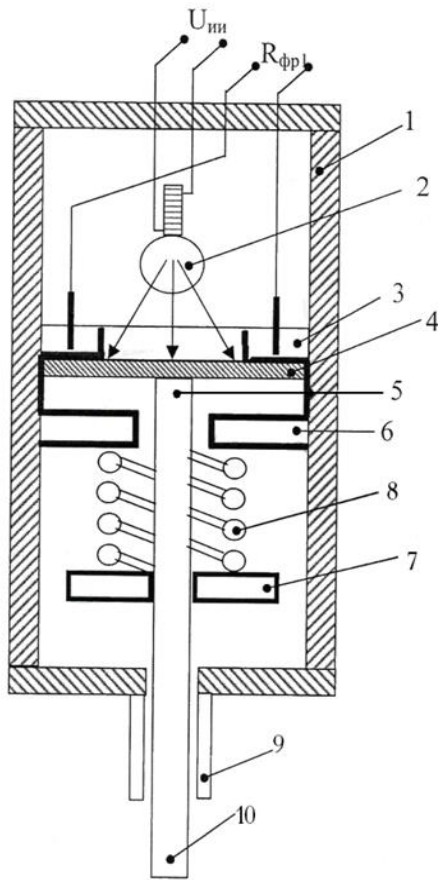
$$\varepsilon = \frac{\Delta R_{\phi.p.}}{R_{\phi.p.}(x)} = U_n \left[\frac{1}{S_{\phi.p.} \Phi(x)} - \frac{1}{S_{\phi.p.} \Phi(x_{\min})} \right] - \frac{S_{\phi.p.} \Phi(x)}{U_n - S_{\phi.p.} \Phi(x) R_H} \quad (18.7)$$

ε - topilgan qiymatini U_{chik} ifodasiga qo'yamiz va U_{chik} ning siljish x ga bog'liqligini topamiz.

X	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$U_{chik}(x)$	0	3026,43	5189,7	7848,5	9764,9



18.7-rasm. Optik oʻzgartkichning statik xarakteristikasi



- 1 –korpus;
- 2 –nurlanish manbai;
- 3 –fotorezistor;
- 4 –yorugʻlik qaytaruvchi nur;
- 5 –sterjen;
- 6, 7 –ushlagich;
- 8 –prujina;
- 9 –trubka;
- 10 –nakonechnik.

Sinov va nazorat savollari

1. Ichki fotoeffekt hodisasini tushuntirib bering.
2. Fotoelektrik oʻzgartkichlarning asosiy xarakteristikalari nimalardan iborat?
3. Analogli va diskret optik datchiklar farqlarini aytib bering.
4. Fotoelektrik datchiklar obyekt aniqlanish usuliga qarab qanday guruhlarga boʻlinadi?
5. Optik oʻzgartkichlarning asosiy elementlariga nimalar kiradi.
6. Chiziqli siljishlar uchun optik oʻzgartkich qanday elementlardan tashkil topishi kerak?

19-AMALIY MASHG'ULOT

ISSIQLIK O'ZGARTKICHLARI KONSTRUKSIYALARI VA ULARNI LOYIHALASH

Reja:

1. Issiqlik o'zgartkichining fizik modeli.
2. Element matematik modelini hisoblab chiqarish.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Issiqlik o'zgartkichlari, issiqlik o'tkazgich, issiqlik izolyatsiyasi, issiqlikka sezgir element, issiqlik elementlarini loyihalash.

Issiqlik o'zgartkichining fizik modeli. Issiqlik elementlari quyidagi kattaliklarni o'lchash va nazorat qilishda keng qo'llaniladi:

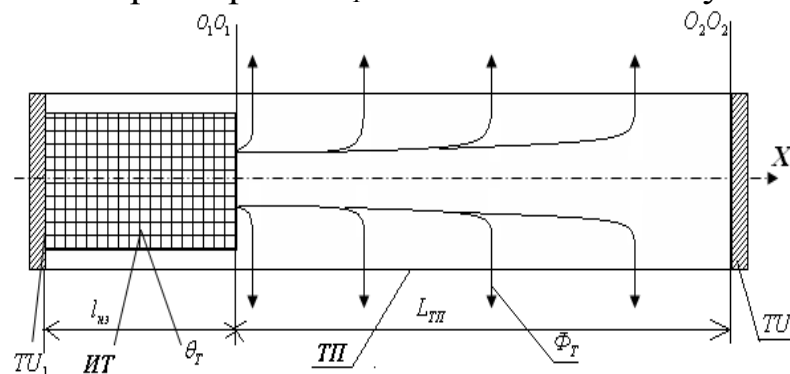
- suyuqlik sathini;
- gaz va sochiluvchan materiallar namligini;
- gaz va suyuqliklar tezligini hamda sarfini va boshqalar.

Issiqlik elementlarining asosiy uzellari quyidagilar:

1. Issiqlik maydoni (oqimi) manbai;
2. Issiqlik o'tkazgich;
3. Issiqlik oqimining qo'llanishi (issiqlik o'lchash vositasi);
4. Issiqlik ekrani (issiqlik izolyatsiyasi) va boshqalar.

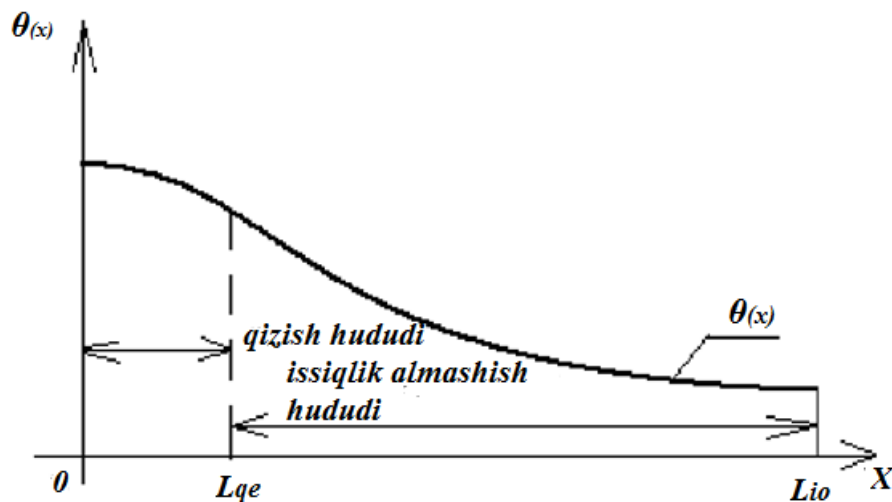
19.1-rasmda sterjenli issiqlik o'tkazgich va issiqlik manbai ko'rinishidagi asosiy xil issiqlik elementi tasvirlangan.

Issiqlik o'tkazgich (IO') uchlarida TU_1 va TU_2 joylashgan. Issiqlik manbai ichida elektrik qizuvchi element qizishi natijasida issiqlik ajrala boshlaydi va u issiqlik manbai harorati θ_T ni oshiradi, natijada issiqlik o'tkazgich bo'ylab issiqlik oqimi Φ_T harakatlana boshlaydi.



19.1 – rasm. Asosiy xil issiqlik elementining fizik modeli

Issiqlik manбайдan issiqlik tarqalishi natijasida issiqlik oqimi Φ_T issiqlik o'tkazgich bo'ylab elementning issiqlik maydonini hosil qiladi. Bu issiqlik maydoni 19.2 – rasmda ko'rsatilgan.



19.2 – rasm. Nazariy jihatdan issiqlik elementlari sohasiga kirish

X koordinatasi bo'ylab 0_1 kesimdan 0_2 kesim tomonga dx bo'lakchada issiqlik oqimi Φ_T Nyuton qonuni bo'yicha quyidagicha qiymatga kamayadi:

$$-d\Phi_T = \alpha \pi d \theta dx \quad (19.1)$$

Bu yerda: Φ_T - issiqlik oqimi; α - issiqlik o'tkazgichdan atrof – muhitga issiqlik uzatish ko'effitsiyenti; d – issiqlik o'tkazgich diametri; θ - issiqlik o'tkazgich va muhit haroratlari farqi.

$g = \alpha \pi d$ deb belgilab (19.1) formula ko'rinishini o'zgartiramiz:

$$-d\Phi_T = \theta g dx$$

X koordinata bo'ylab 0_1 kesimdan 0_2 kesim tomonga harakatlanganda harorat Fure qonuniga ko'ra quyidagicha qiymatga kamayadi:

$$-d\theta = \Phi_T \frac{1}{\lambda F} \quad (19.2)$$

Bu yerda: λ - issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti, F – issiqlik o'tkazgich ko'ndalang kesimi quyidagicha:

$$r = \frac{1}{\lambda F} \quad (19.3)$$

belgilash kiritib, (19.2) formula ko'rinishini o'zgartiramiz:

$$-d\theta = \Phi_T r dx \quad (19.4)$$

Element matematik modelini hisoblab chiqarish. (19.2) va (19.4) ifodalarni quyidagi ko‘rinishga keltiramiz

$$-\frac{d\Phi_T}{dx} = \theta g \quad (19.5)$$

$$-\frac{d\theta}{dx} = \Phi_T r \quad (19.6)$$

(19.5) va (19.6) ifodalarni (19.2) va (19.4) kabi qismlar bo‘yicha differensiallab quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\frac{d^2\Phi_T}{dx^2} = rg \Phi_T \quad (19.7)$$

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = r g \theta \quad (19.8)$$

Element matematik modelini hisoblab chiqarish. (19.7) va (19.8) ifodalar yechimni quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi

$$\theta = Ae^{\chi x} + Be^{-\chi x} \quad (19.9)$$

Bu yerda : $\chi = \sqrt{rg}$
(19.9) ifodadan quyidagini topamiz:

$$\frac{d\theta}{dx} = \chi Ae^{\chi x} - \chi B e^{-\chi x} \quad (19.10)$$

(19.10) ifodada (19.6) ni hisobga olib:

$$F = \frac{\chi}{r} (V e^{-\chi x} - A e^{\chi x}) = \sqrt{gr} (B e^{-\chi x} - A e^{\chi x}) \quad (19.11)$$

ga ega bo‘lamiz.

Integrallash doimiyliklari A va V ni chegarali shartlardan topamiz.
 $X=0$ bo‘lganda:

$$A = 0,5 \left(\theta - \sqrt{\frac{r}{g}} \Phi_0 \right) \quad (19.12)$$

$$V=0,5(\theta+\sqrt{\frac{r}{g}}\Phi_0) \quad (19.13)$$

Natijaviy quyidagini topamiz:

$$\theta_{(x)} = \theta_0 ch \chi x - \sqrt{\frac{r}{g}} \Phi_0 sh \chi x \quad (19.14)$$

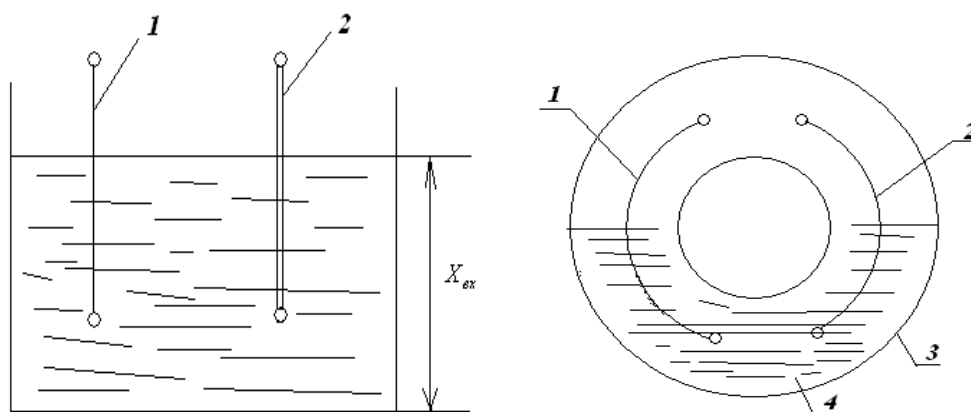
$$F_{(x)} = F_0 ch \chi x - \sqrt{\frac{g}{r}} \theta_0 sh \chi x \quad (19.15)$$

Issiqlik elementlarini loyihalash jarayonlarida turli muammolar yechimni topishda (19.14) va (19.15) formulalarni matritsa shaklida yozish qulay bo'ladi:

$$\begin{vmatrix} \theta_{(x)} \\ \Phi_{(y)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} AB \\ CD \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \theta_0 \\ \Phi_0 \end{vmatrix} \quad (19.16)$$

bu yerda, matritsa koeffitsiyentlari quyidagiga teng bo'ladi:

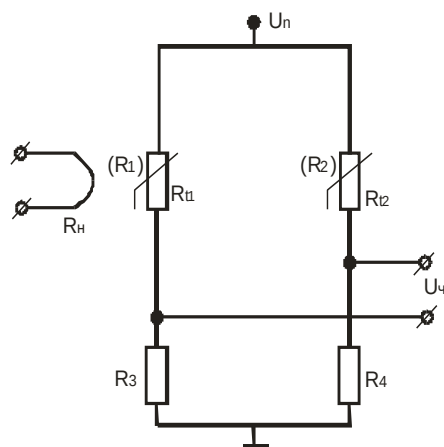
$$A = ch \chi x; B = \sqrt{\frac{r}{g}} sh \chi x; C = ch \chi x; D = \sqrt{\frac{g}{r}} sh \chi x. \quad (19.17)$$



19.3-rasm. Chiziqli (a) va burchakli (b) siljishlarning o'zgartkichlari

Sarfni o'lchash issiqlik o'zgartkichlarini loyihalash

Boshlang'ich ma'lumotlar:



19.4-rasm. Issiqlik oʻzgartkichi elektr sxemasi

$R_H=100 \text{ Om}$; $I=0,5\text{A}$; $l=10\cdot 10^{-3} \text{ m}$; $D=4\cdot 10^{-3} \text{ m}$;
 $R_2=R_3=R_4=10 \text{ k}\Omega$; $T_{cp}=20^\circ\text{C}=293,1 \text{ K}$; $V=0-1 \text{ m/s}$

1. Quvvatni quyidagicha topamiz: $P=I_H^2\cdot R_H$,

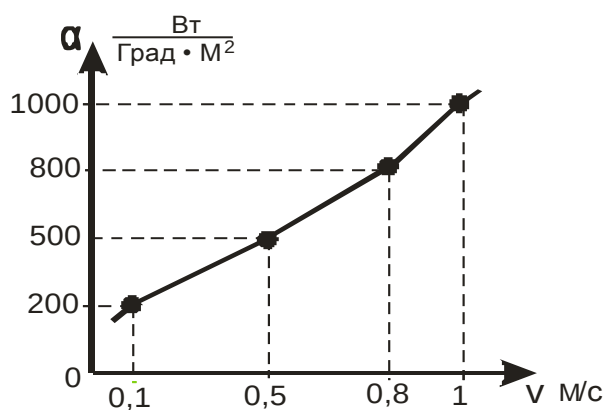
bu yerda I_H va R_H – qizdirgichning toki va qarshiligi.

$$P=0,5^2\cdot 100=25\text{W}; P=\alpha F\cdot (T_{nn}-T_{cp}), \text{ bu yerda } F=\pi D l$$

α - oqim tezligiga bogʻliq kattalik; T_{cp} – atrof-muhit harorati.
 Bundan:

$$T_{nn}-T_{cp}=\frac{P}{\alpha\cdot F}\Rightarrow T_{nn}=T_{cp}+\frac{P}{\alpha\cdot F}$$

α ning v ga bogʻliqligi quyidagicha boʻladi:



19.5-rasm. Sarf koeffitsiyenti va oqim tezligi orasidagi bog‘lanish grafigi

№	V, m/c	$\alpha, \frac{Bm}{m^2 \cdot \text{cpad}}$	T_{nn}, K	R_T, Ω	U_{chik}, V
1	0,1	200	1288,36	0,6	4,43
2	0,5	500	691,16	0,4	4,61
3	0,8	800	541,96	0,2	4,80
4	1	1000	492,16	0,1	4,90

$$F=3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 10=125,6 \cdot 10^{-6}$$

Demak, $\alpha=200$ teng bo‘lganda T_{nn}

$$T_{nn_1} = 20 + \frac{25}{200 \cdot 125,6 \cdot 10^{-6}} = 1015,2^\circ C \quad yoki \quad T_{nn_1} = 1288,36 K$$

$$T_{nn_2} = 20 + \frac{25}{500 \cdot 125,6 \cdot 10^{-6}} = 418^\circ C \quad yoki \quad T_{nn_2} = 691,16 K$$

$$T_{nn_3} = 20 + \frac{25}{800 \cdot 125,6 \cdot 10^{-6}} = 268,8^\circ C \quad yoki \quad T_{nn_3} = 541,96 K$$

$$T_{nn_4} = 20 + \frac{25}{1000 \cdot 125,6 \cdot 10^{-6}} = 219^\circ C \quad yoki \quad T_{nn_4} = 492,16 K$$

T_{nn} ni R_T bog‘liqlik grafigidan R_m ni topamiz.

T,K	273	283	293	303	313	323	333	343	353	363	373
$R_T, k\Omega$	18,29	13,80	10,61	8,29	6,59	5,31	4,33	3,58	2,99	2,52	2,14

Endi $U_{\text{chik}} = U_n \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$ formulada U_{chik} ni $U_n=10W$ bo‘lgandagi qiymatini topamiz.

$$U_{\text{chik}} = 10 \frac{10R_1 - 100}{(10 + R_1) \cdot 20} = \frac{10R_1 - 100}{20 + 2R_1} = \frac{5R_1 - 50}{10 + R_1}$$

$$U_{\text{chik}_1} = \frac{5 \cdot 0,6 - 50}{10 + 0,6} = 4,43V$$

$$U_{\text{chik}_2} = \frac{5 \cdot 0,4 - 50}{10 + 0,4} = 4,61V$$

$$U_{\text{chik}_3} = \frac{5 \cdot 0,2 - 50}{10 + 0,2} = 4,80V$$

$$U_{\text{chik}_4} = \frac{5 \cdot 0,1 - 50}{10 + 0,1} = 4,90V$$

Sinov va nazorat savollari

1. Issiqlik o'zgartkichining fizik modeliga ta'rif bering.
2. Nazariy jihatdan issiqlik elementlari sohasiga kirish grafigi qanday hosil bo'ladi?
3. Chiziqli siljishlarning issiqlik o'zgartkichlarini tushuntirib bering.
4. O'zgartkich biror burchakga og'ganida yelka qarshiliklari o'zgarishi nimaga teng?

20- AMALIY MASHG'ULOT

TERMoeLEKTRIK DATCHIKLAR

Reja:

1. Termoelektrik datchiklar.
2. Standart termoelektrik termometrlar.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Termometriya, termoelektr o'zgartkichlar, termoelektr yurutuvchi kuch (TEYUK), termopara.

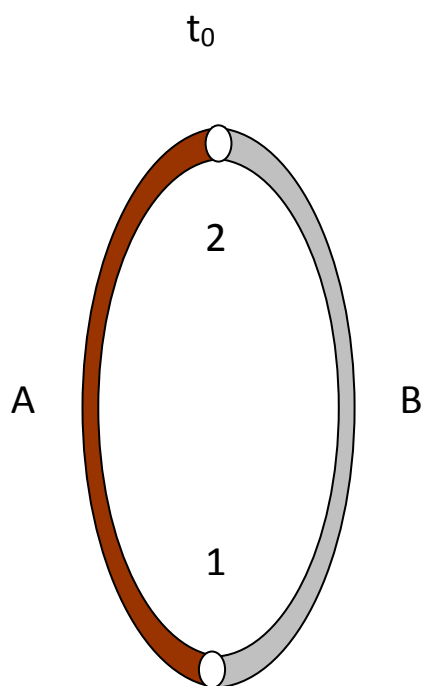
Zamonaviy termometriya o'lchashning turli usul va vositalariga ega. Har bir usul o'ziga xos bo'lib, universallik xususiyatiga ega emas. Berilgan sharoitda optimal o'lchash usuli o'lchashga qo'yilgan aniqlik sharti va o'lchashning davomlilik sharti, haroratni qayd qilish va avtomatik boshqarish zarurati yordamida belgilanadi.

Eng qulay, aniq va ishonchli o'lchash usullari haroratning birlamchi datchiklari sifatida qarshilikning termoo'zgartkichi va termoelektr o'zgartkichlardan foydalanadigan kontaktli usullardan iborat.

Nazorat qilinadigan muhitlar tashqi sharoitni o'zgartirganda fizik xossalarning turli agressivligi va turg'unligi darajasi bilan suyuq, sochiluvchan, gazsimon yoki qattiq bo'lishi mumkin.

Temperaturani nazorat qilish vositalarining mavjudligi nazorat qilinayotgan muhit, obyekt, ishlatilish sharoitlari va texnik talablarning turli-tumanligidadir.

Haroratni o'lchashning termoelektr usuli termoelektr termometr (termopara) termo EYUK ining uning haroratiga bog'liqligiga asoslangan. Bu asbob —200°C dan +2500°C gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashda texnikaning turli sohalari va ilmiy-tekshirish ishlarida keng qo'llaniladi.



20.1-rasm. Ikki xil o'tkazgichli termoelektrik o'zgartkich

Termoelektr termometrlar yordamida haroratni o'lchash 1821 yilda Zeebek kashf etgan termoelektr hodisasiga asoslangan. Bu hodisaning haroratlarni o'lchashda qo'llanilishi ikki xil metall simdan iborat zanjirda ularning kavsharlangan joyida haroratlar farqi hisobiga hosil bo'ladigan EYUK effektiga asoslangan.

Har xil A va V o'tkazgichlardan iborat zanjirni ko'rib chiqamiz (20.1-rasm). Haroratning o'lchanayotgan muhitga tegib turgan joyi kavsharlangan uchi 1 (issiq ulanma), o'zgarmas t_0 haroratli muhitdagi joyi 2 esa erkin uchi (sovuq ulanma) deyiladi. A va V o'tkazgichlar termoelektrodlar deyiladi. Bunday kavsharlangan o'tkazgichlar esa **termopara deb ataladi**, ularda hosil bo'ladigan elektr yurituvchi kuch

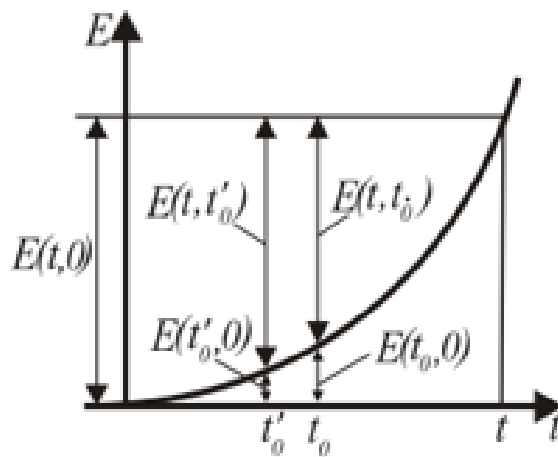
termoelektr yurituvchi kuch (TEYUK) deyiladi. TEYUK hosil bo'lishining sababi erkin elektronlar zichligi ko'proq metallning erkin elektronlar zichligi kamroq metallga diffuziyasi bilan izohlanadi. Shu paytda ikki xil metallning birikish joyida paydo bo'ladigan elektr maydon diffuziyaga qarshilik ko'rsatadi. Elektronlarning diffuzion o'tish tezligi elektr maydon ta'sirida ularning qayta o'tish tezligiga teng bo'lganda harakatli muvozanat holati qaror topadi. Bu muvozanatda A va V metallar orasida potentsiallar ayirmasi paydo bo'ladi. Elektronlar diffuziyasining jadalligi o'tkazgichlar birikkan joyning haroratiga ham bog'liq bo'lgani sababli birinchi va ikkinchi ulanmalarda hosil bo'lgan EYUK ham turlicha bo'ladi.

Agar kavsharlangan o'tkazgichlar bir xil bo'lsa va ularning ikki uchi turlicha haroratda qizdirilsa, u holda o'tkazgichning issiqroq qismidan sovuqroq qismiga bo'sh elektronlarning diffuziyalanishi teskari yo'nalishdagi diffuziyasi jadalroq bo'ladi. Potentsiallar ayirmasi elektronlarning issiqlik diffuziyasiga teskari yo'nalishda ta'sir qiladi, buning natijasida muvozanat holati qaror topguncha o'tkazgichning issiqroq uchi musbat ishorada zaryadlanadi. Binobarin, har xil A va V o'tkazgichlardan tashkil topgan eng sodda termoelektr zanjirda to'rtta

turlicha TEYUK hosil bo‘ladi. Ya’ni ikkita TEYUK A va V o‘tkazgichlarning kavsharlangan uchida; bitta TEYUK A o‘tkazgichning uchida; bitta TEYUK V o‘tkazgichning uchida. Shuni nazarda tutib, 1-rasmda tasvirlangan zanjirdagi TEYUK kattaligini aniqlash mumkin. Zanjirni soat strelkasi harakatiga teskari yo‘nalishda kuzatsak, quyidagi natija chiqadi:

$$E_{AV}(t_1 t_0) = e_{AV}(t) + e_{VA}(t_0) \quad (20.1)$$

bu yerda $E_{AV}(t_1 t_0)$ — ikkala faktor ta’siridagi jamlangan TEYUK; $e_{AB}(t)$ va $e_{BA}(t_0)$ — A va V o‘tkazgichlar uchidagi potentsiallar hamda haroratlar ayirmasi natijasida hosil bo‘lgan TEYUK.



20.2-rasm. Termoelektr termometrnining erkin uchlari haroratiga tuzatma kiritish

Agar kavsharlangan uchlarining harorati bir xil bo‘lsa. TEYUK nolga teng bo‘ladi, chunki ikkala kavsharda ham hosil bo‘lgan TEYUK ning qiymati bir-biriga teng bo‘lib, o‘zaro qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan bo‘ladi. Demak, $t_1 - t_0$ bo‘lsa,

$$E_{AV}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) = 0 \quad (20.2)$$

$$e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0). \quad (20.3)$$

(20.3) natijani (20.1) ga qo‘ysak, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$E_{AV}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0), \quad (20.4)$$

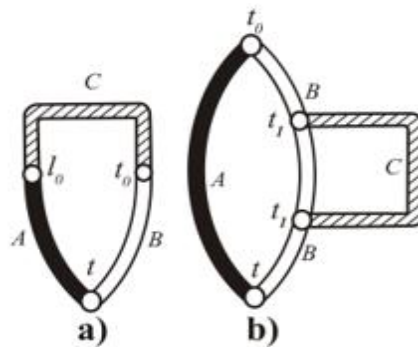
(20.4) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, TEYUK ikkita o‘zgaruvchan t va t_0 haroratning murakkab funksiyasidan iborat ekan.

Ulanmalardan birining harorati o'zgarmas, masalan, $t_0 = \text{const}$ bo'lsa, unda

$$E_{AB}(t_1, t_0) = f(t). \quad (20.5)$$

(20.5) ifoda mazkur termopara uchun darajalash yo'li bilan TEYUK va harorat nisbatini topish, haroratni o'lchash masalasini teskari yechish kerakligini, ya'ni termoparaning TEYUK ni o'lchash bilan haroratning qiymatini aniqlash mumkinligini bildiradi.

O'lchash asbobini ulash uchun ulanmalardan biridagi zanjirni (20.3-rasm,a) yoki termoelektrodlardan birini uzish (20.3-rasm,b) kerak.



20.3-rasm. Uchinchi o'tkazgichni ulash sxemasi: a-termopara kavsharida zanjirni uzish; b-termoelektrodni uzish

Termopara zanjiriga uchinchi S o'tkazgichni ulash variantlaridagi jamlangan TEYUK ni ko'rib chiqamiz.

20.3-rasm, **a** dagi variant uchun:

$$E_{ABC}(t, t_0, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) \quad (20.6)$$

$t=t_0$, ya'ni ulanmalarining harorati teng bo'lsa,

$$E_{ABC}(t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_0) + e_{AC}(t_0) = 0, \quad (20.7)$$

bu tenglamadan ma'lumki,

$$e_{BC}(t_0) + e_{AC}(t_0) = -e_{AB}(t_0). \quad (20.8)$$

18.3- rasm, **b** dagi variant uchun:

$$E_{ABC}(t, t_1, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1) + e_{BA}(t_0) \quad (20.9)$$

Bundan quyidagi muhim xulosani chiqarish mumkin: termoparaning zanjiriga uchlaridagi harorati bir xil bo'lgan uchinchi o'tkazgich ulanganda ham TEYUK o'zgarmaydi. Demak, termopara zanjiriga ulash simlari, o'lchov asboblari va qarshiliklarni ulash mumkin ekan.

Haroratni termoelektr termometr yordamida o'lchash uchun termometr hosil qiladigan termo EYUK ning va erkin uchlarning haroratini o'lchash kerak. Agar haroratni o'lchashda termometr uchlarining harorati 0°C ga teng bo'lsa, unda o'lchanayotgan harorat darajalash xarakteristikasidan (jadvallar, grafiklardan) (20.2-rasm) darhol topiladi. Agar erkin uchlarning harorati amalda 0°C dan farq qilsa-yu, ammo o'zgarmas bo'lsa, unda ish ulanmasi haroratini darajalash xarakteristikasidan topish uchun termoelektr termometr hosil qiladigan termo EYUK nigina emas, balki erkin uchlari harorati t_0 ni ham bilish zarur. Erkin uchlari harorati t_0 ga $t_0 \neq 0$ bo'lganda tuzatish kiritish uchun termoelektr termometr hosil qiladigan termo EYUK $E(t, t_0)$ ga uchun $E(t_0, 0)$ ni qo'shish lozim; shunda termo EYUK $E(t_0, 0)$ qiymatini topiladi:

$$E(t, t_0) + E(t_0, 0) = E(t_0, 0) \quad (20.10)$$

Termoelektr termometr ish ulanmasi harorati t va erkin uchlari harorati 0°C bo'lganda, ya'ni darajalash sharti bajarilganda shunday $E(t_0, 0)$ EYUKni hosil qiladi.

Agar o'lchash jarayonida erkin uchlar harorati biror yangi t_0 qiymat qabul qilsa, unda termometr hosil qiladigan termo EYUK $E(t, t_0)$ ga (20.2-rasm) va erkin uchlar haroratiga kiritiladigan tuzatish $E(t'_0, 0)$ ga, darajalash shartiga mos termo EYUK esa

$$E(t, t'_0) + E(t'_0, 0) = E(t_0, 0) \quad (20.11)$$

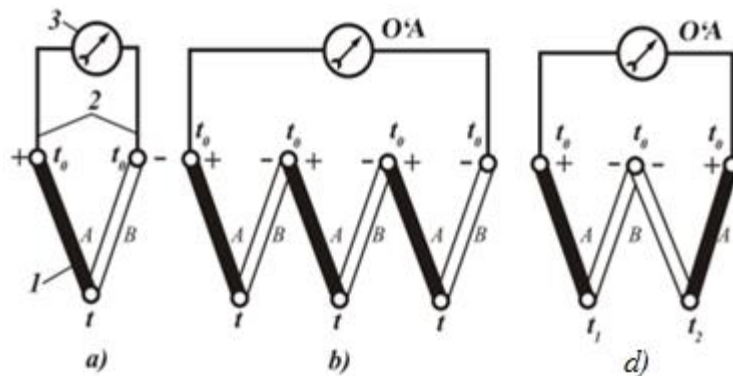
ga teng bo'ladi.

Termoelektr termometrning erkin uchlari haroratiga kiritiladigan tuzatma qiymati termometrning darajalash xarakteristikasiga bog'liq bo'ladi, u esa termoelektr termometr tayyorlanadigan o'tkazgich materiallar bilan belgilanadi.

Termoelektr termometrni o'zgartish koeffitsiyentini orttirish uchun bir necha termoparalarni (termobatareyalarni) ketma-ket ulashdan foydalaniladi (20.4-rasm, *b*). Bunda termoparalar hosil qiladigan termo

EYUK qo'shiladi, ya'ni n ta termoparadan tuzilgan termobatareyalar termo EYUK alohida olingan termopara termo EYUK idan katta. Bunday ulashdan kam farq qiluvchi ish harorati t ni va erkin uchlari t_0 ni o'lchashda foydalaniladi.

Ikki nuqta orasidagi harorat farqini o'lchash uchun differensial termoelektr termometr qo'llaniladi. U ikkita qarama-qarshi ulangan bir xil termometrdan tuzilgan (20.4-rasm, d). Agar haroratlar farqi o'lchanayotgan nuqtalarning harorati o'zaro teng bo'lsa, unda o'sha nuqtalarda termometr hosil qiladigan TEYUK lar ham teng bo'ladi.



20.4- rasm. Termoelektr zanjirlar: a - termometrni o'lchash asbobiga ulash; b - termobatareya; d - differensial termometr

Bunday holda termometrdagi zanjir toki nolga teng bo'ladi, chunki qarama-qarshi ulanganda bir termoparaning TEYUKi boshqa termoparaning TEYUKi bilan kompensatsiya qilinadi va o'lchash asbobi nolni ko'rsatadi. Agar t_1 va t_2 haroratlar turlicha bo'lsa, u holda qaysi harorat yuqori bo'lishiga qarab, haroratlar farqiga proporsional bo'lgan zanjir toki biror yo'nalishda oqadi, buni o'lchash asbobi ko'rsatadi.

Sinov va nazorat savollari

1. Termoelektrik termometrlar nima uchun qo'llaniladi?
2. Termoelektr materiallar va termoelektr o'zgartkichlarga ta'rif bering.
3. Standart termoelektrik termometrlar asosan qaysi materiallardan tayyorlanadi?
4. Termoelektr termometrlar o'lchash diapozonlari haqida ma'lumot bering.
5. Turli muhitlar haroratini o'lchaydigan termoparaning sxemasini tushuntiring.

21-AMALIY MASHG'ULOT

TERMoeLEKTRIK DATCHIKLARNI LOYIHALASH

Reja:

1. Termoelektrik materiallar va termoelektr o'zgartkichlar.
2. Termoo'zgartkich (termopara)ni hisoblash.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Harorat, termoelektr termometr, termoEYUK, termoo'zgartkich, termoparani hisoblash.

Termoelektr materiallar va termoelektr o'zgartkichlar. Turli o'tkazgichlarning ixtiyoriy jufti termoelektr o'zgartkichni tashkil etishi mumkin, ammo har bir juftlik ham amalda qo'llanishga yarayvermaydi. Zamonaviy o'lchash texnikasi termoelektr o'tkazgichlar tayyorlanadigan materiallarga ko'pdan-ko'p talablar qo'yadi, ammo bu talablarni juda kam sonli materiallarga qondiradi. Asosiy talablar quyidagilardan iborat: yuqori haroratlar ta'siriga chidamlilik, TEYUK ning vaqt bo'yicha o'zgarmasligi, uning iloji boricha katta qiymatga ega bo'lishi va haroratga bir qiymatli bog'liqligi, qarshilik harorat koeffitsiyentining katta bo'lmasligi va katta elektr o'tkazuvchanlik.

Barcha materiallar va qotishmalar uchun TEYUK ning haroratga funksional bog'liqligi murakkab bo'lib, uni analitik ifodalash ancha qiyin. Platinorodiy-platina jufti bundan istisnodir. Bu juftlik uchun TEYUK bilan harorat orasidagi bog'lanish 300°C dan 1300°C gacha bo'lgan oraliqda sovuq ulanma harorati 0°C bo'lganda yetarlicha aniqlikda parabolaga mos keladi:

$$E(t, t_0) = a + bt + ct^2 \quad (21.1)$$

bunda a , b va s surma ($630,5^{\circ}\text{C}$), kumush ($960,8^{\circ}\text{C}$) va oltin ($1063,0^{\circ}\text{C}$) larning qotish harorati bo'yicha aniqlanadigan doimiylar.

Xromel-kopelli ($56\% \text{ Su} + 44\% \text{ Ni}$) termoelektr termometrlar standart termometrlar orasida eng katta o'zgartish koeffitsiyentiga ega ($70\text{--}90 \text{ mkV}/^{\circ}\text{C}$). Termoelektrod diametri 1 mm dan kam bo'lgan termometrlar uchun chegaraviy qo'llanish davri 600°C dan kam va, masalan, diametri $0,2\text{--}0,3 \text{ mm}$ bo'lgan termoelektrodlar uchun faqat 400°C ni tashkil etadi. Yuqorigi o'lchash chegarasi kopelli elektrodlar xarakteristikalarining barqarorligiga bog'liq (jadval 21.1).

Nikelxrom-nikel alyuminiyli (94% Ni+2% Al+2.5% Mn+1% Si+0.5% qo'shilma) termometrlar turli muhit haroratlarini keng chegaralarda o'lchash uchun qo'llaniladi. Ular avval **xromel-alyumelli termometrlar** deb yuritilar edi. Nikel-alyuminiy simdan tayyorlangan termoelektrod oksidlanishga nikel-xromga nisbatan kamroq chidamli.

Standart termoelektrik termometrlar

21.1-jadval

Termoelekttr termometr termoparasi turi	Darajalash belgisi, yangisi (eskisi)	O'lchash chegarasi, °C	Yuqori o'lchash chegarasi, °C	
			Uzoq vaqt qo'llanishda	Qisqa vaqt qo'llanishda
Mis-kopelli	-	-200	100	600
Mis-mis-nikelli	T	-200	400	600
Temir-mis-nikelli	J	-200	700	900
Xromel-kopelli	(XK)	-50	600	800
Nikelxrom-mis-nikelli	E	-100	700	900
Nikelxrom-nikel	K			
Alyuminiyli (xrome alyumelli)	(XA)	-200	1000	1300
Platinorodiy (10%)-platinali	S(PP)	0	1300	1600
Platinarodiy (30%)- platinarodiyli (6%)	V(PR)	300	1600	1800
Volframreniy (5%)- volframreniyli (20%)	(VR)	0	2200	2500

Qo'llanishning yuqorigi chegarasi termoelektrod diametriga bog'liq. Diametri 3—5 mm bo'lgan termoelektrodlar uchun qo'llanishning yuqorigi chegarasi nikel-xrom-nikel-alyuminiyli termometrlarda 1000°C ni tashkil etadi. 0,2 — 0,3 mm diametr uchun 600°C dan ortiq emas.

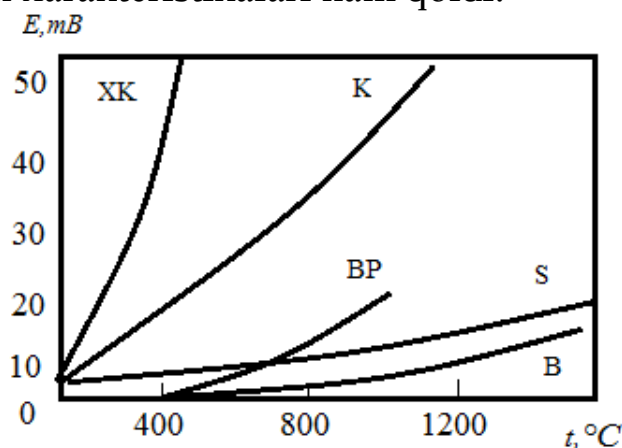
Platinorodiy (90% platina 10% rodiy)-platinali termoelekttr termometrlar uzoq vaqt davomida 0 dan 1300°C harorat oralig'ida, qisqa vaqt davomida 1600°C gacha bo'lgan oraliqda ishlashi mumkin. Mazkur termometrlar oksidlanadigan va neytral muhitlarda darajalash xarakteristikasining barqarorligini saqlaydi. Tiklanadigan atmosferada platinorodiy-platinali termometrlar ishlay olmaydi, chunki termometr termo EYUKining keskin o'zgarishi yuz beradi. Bular ulardan foydalanish maqsadiga qarab etalon, namuna va ish termometrlari a bo'linadi. To'g'ri ishlatilganda darajalash uzoq vaqt davomida o'zgarmaydi. Kamchiliklariga termoelekttr termometrlarning boshqa

turlarinikiga nisbatan TEYUK kamligini kiritisa bo‘ladi. Termoelektrod simi diametri 0,3 yoki 0,5 mm ni tashkil etadi.

Platinorodiy (30% rodiyli)-platinorodiyli (6% rodiyli) termoelektrod termometrlar uzoq vaqt davomida haroratlarning $+300^{\circ}$ dan to 1600°C gacha oralig‘ida, qisqa vaqt davomida 1800°C gacha qo‘llaniladi. Musbat elektrod —30% rodiy va 70% platina qotishmasidan, manfiy elektrod —6% rodiy va 94% platina qotishmasidan tashkil topgan. Mazkur termometrlar platinorodiy-platinali termometrlarga qaraganda darajalash xarakteristikalarining barqarorligi yuqoriligi bilan ajralib turadi, ammo bu termoelektrodlar ham tiklanadigan muhitda yomon ishlaydi. Platinorodiy-platino-rodiyli termometrlarda termo EYUK haroratlarning $0... \pm 3100^{\circ}\text{C} \pm 1000^{\circ}\text{C}$ intervalida ozgina hosil bo‘ladi, bu hol esa sovuq ulanmalar haroratiga tuzatish kiritishni talab etmaydi.

Volframreniy-volframreniyli (TVR — 5/20 va TVR —10/20) termoelektrod termometrlar uzoq vaqt davomida 0° dan 2200°C gacha haroratlarni va qisqa vaqt davomida 2500°C gacha, shuningdek, vakuumda, neytral va tiklanadigan muhitlarda haroratlarni o‘lchashga mo‘ljallangan. Musbat termoelektrod 95% volframdan va 5% reniydan yoki 90% volframdan va 10% reniydan tashkil topgan qotishma, manfiy elektrod 80% volframdan va 20% reniydan tashkil topgan qotishma.

Termoparalarning ba‘zi turlari (mis-kopelli, xromel kopelli, **volframreniy-volframreniyli** BP 5/20 yoki BP 10/20) uchun avvalgi nomlari va darajalash xarakteristikalari ham qoldi.

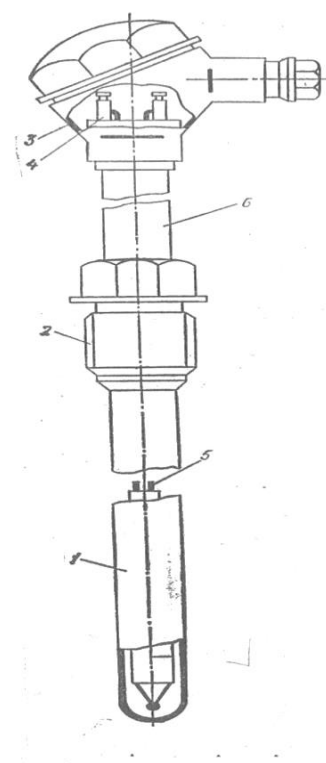


21.1-rasm. Standart termoelektrik termometrlarning xarakteristikalari

Bu termoparalar uchun hech qanday belgilashlar kiritilmadi. Boshqa tur termoparalar uchun yangi nomlar va belgilashlar kiritildi: nikelxrom-nikelalyuminiyli termopara, *K* turi, avvalgi nomi xromel-alyumelli va belgilanishi *XA*; darajalash xarakteristikasi o‘zgarmay qoldi. Mis—mis-

nikelli (mis-konstantan termoparasiga yaqin) T turi, temir-mis-nikelli (temirkonstantan termoparasiga yaqin) J turi va nikalʼ-xrom-mis nikelli, E turi.

21.1-rasmda baʼzi standartlashtirilgan termoelektr termometrlarining EYUKi bilan harorat orasidagi bogʻlanish koʻrsatilgan. TXK turidagi termopara boshqa standart termoparalarga qaraganda ancha katta TEYUK hosil qila oladi.



Termoelektr generator, termoelektr sovutgich va turli oʻlchash asboblari yarimoʻtkazgichli termoparalar ishlatiladi. Ularning TEYUKi metall va metall qotishmalaridan ishlangan oddiy termoparalar TEYUKidan 5—10 marta katta. Bu termoparlarda termoelektrod materiallar sifatida Zn-Sb va Cd-Sb qotishmalari ishlatiladi.

Turli muhitlar haroratini oʻlchaydigan termoparaning sxemasi 21.2- rasmda koʻrsatilgan. U gʻilof 1, qoʻzgʻalmas yoki qoʻzgʻaluvchan shtutser 2, qoʻzgʻalmas shtutser bilan naycha 6 orqali, shtutser harakatda boʻlganda esa gʻilof bilan bevosita ulangan kallak 3 dan iborat. Qopqoqda izolyatsion materialdan ishlangan rozetka 4 joylashgan. Bu rozetkaning termoparani oʻlchash asbobi bilan ulaydigan termoelektrodi 5 va simlar uchun qisqichlari bor.

Himoya gʻiloflari koʻpincha $+1000^{\circ}\text{C}$ gacha haroratlar uchun poʻlatning turli markalaridan tayyorlanadi. Bundan ham yuqoriroq haroratlarda qiyin eriydigan birikmalardan (GOST 13403-77) tayyorlangan maxsus gʻiloflar ishlatiladi. Termoelektr termometrlarning himoya armaturasining koʻpgina loyihasi hozirgi vaqtda bir shaklga keltirilgan. Ular asosan turli bosimga moʻljallangan himoya giloflari loyihasi va shtutserlar loyihasi bilan farq qiladi. Oxirgi vaqtda kabelli turdagi termoelektr termometrlar keng tarqalmoqda. Ular bosim 40 MPa boʻlganda -50° dan $+1100^{\circ}\text{C}$ gacha boʻlgan haroratlar oraligʻida qoʻllaniladi. Kabelli turdagi termometrlarning muhim afzalligi ularning AES larning energetik reaktorlarida ishlashga imkon tugʻdiradigan radiatsion chidamliligi, shuningdek, issiqlik zarbalariga tebranishga va mexanik nagruzkalarga nisbatan oshirilgan chidamliligidan iborat.

Termoo'zgartkich (termopara)ni hisoblash

Termoo'zgartkich (termopara) gaz o'tkazgichda o'rnatilgan. Termometr ko'rsatkichi $t_T = 1210^\circ\text{C}$, gaz o'tkazgich devor ichida. Devor harorati $t_d = 1100^\circ\text{C}$. Gaz oqimidan termoo'zgartkichgacha issiqlik uzatish koeffitsiyenti

$$\alpha_k = 400 \frac{Vt}{m^2K} \quad (21.2)$$

Termoo'tkazgich g'ilofining issiqlik koeffitsiyenti $ET = 0.70$.

Gazni nurcha shaffof hisoblab, nurli issiqlik uzatish tufayli hosil bo'ladigan xatolikni topish mumkin. Agar devor harorati 5% olinsa, xatolik qanday o'zgaradi?

Agar termoo'zgartkich ekranlansa gaz haroratini o'lchash xatoligi qanday o'rganishni devor harorati berilgan bo'lsa aniqlash mumkin.

Masalan: Termoo'zgartkich tuzishning keltirilgan issiqlik koeffitsiyenti - ekran $E_{TE} = 0.80$; Ekranning qarshilik koeffitsiyenti $E_e = 0.81$; gaz oqimidan ekrangacha issiqlik uzatish koeffitsiyenti $\alpha_{ke} = 390 \frac{Vt}{m^2K}$.

Yechilishi:

1. Quruq yuzasidan nurli issiqlik uzatilish orqali termoo'zgartkich yuzasidagi issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_n = E_{np} * \sigma_0 F \left[\left(\frac{T_T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{CT}}{100} \right)^4 \right], \quad (21.3)$$

Bu yerda E_{pr} – ikki jism keltirilgan qoralik koeffitsiyenti; σ_0 – Stefan-Boltsman doimiysi $\sigma_0 = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{Vt}{m^2K^4}$; T_t – termoo'zgartkich harorati; T_{st} – o'txona harorati.

Termoo'zgartkich gazo'tkazgich ichida joylashgani va uning yuzasi F gaz o'tkazgich yuzasiga nisbatan kichik bo'lgani uchun tizimning keltirilgan qoralik koeffitsiyenti E_{pr} ni termoo'zgartkich yuzasining qoralik koeffitsiyenti E_t ga teng deb qabul qilish mumkin.

Bu holda quyidagilarga ega bo'ladi:

$$Q_n = C * F \left[\left(\frac{T_T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{CT}}{100} \right)^4 \right] \quad (21.4)$$

Bu yerda S – issiqlik qabul qilgich yuzasining nurlanish koeffitsiyenti.

2. Termoo'zgartkich yuzasi gazdan olingan issiqlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_k = \alpha * F(t_r - t_T) \quad (21.5)$$

Termoo'zgartkich tomonidan qabul qilinadigan barcha issiqlik ya'ni $Q_k = Q_l$ nurli issiqlik almashuvi keltirib chiqargan ulash xatoligini aniqlash ifodasini olamiz:

$$\Delta t = t_r - t_T = -\frac{C}{\alpha} \left[\left(\frac{T_r}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cr}}{100} \right)^4 \right]$$
$$\Delta t = -\frac{3,969 \cdot 10^{-8}}{400} \cdot \left[\left(\frac{1483}{100} \right)^4 - \left(\frac{1373}{100} \right)^4 \right] = -127,3 \cdot 10^{-8} \text{ K}$$

3. Agar devor harorati 5% ga oshsa va $t_c = 1155 \text{ }^\circ\text{C}$ ni tashkil qilsa, u holda

$$\Delta t = -\frac{3,969 \cdot 10^{-8}}{400} \cdot \left[\left(\frac{1483}{100} \right)^4 - \left(\frac{1428}{100} \right)^4 \right] = -67,3 \cdot 10^{-8} \text{ K.}$$

Shunday qilib, devor harorati 5% ga oshsa, o'lchash xatoligi kamayishini kuzatishimiz mumkin.

Sinov va nazorat savollari

1. Haroratni o'lchashning termoelektr usuli nimaga asoslangan?
2. Termoelektr termometrlar yordamida haroratni o'lchash qachon va kim tomonidan kashf qilingan?
3. Termoparaning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
4. Ikki nuqta orasidagi harorat farqini o'lchash uchun qanday termometrlar qo'llaniladi?
5. Quruq yuzasidan nurli issiqlik uzatilish orqali termoo'zgartkich yuzasidagi issiqlik miqdori qaysi ifodaga ko'ra aniqlanadi?

22-AMALIY MASHG'ULOT

QARSHILIK TERMODATCHIKLARI

Reja:

1. Qarshilik termometrlari asosidagi datchiklar.
2. Qarshilik termometrlarini tayyorlash.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Qarshilik termometrlari, metall oksidlari, harorat o'zgarishi, texnik termometrlar.

Haroratni qarshilik termometrlari bilan o'lchash harorat o'zgarishi bilan elektr o'tkazgich hamda yarim o'tkazgichlar elektr qarshiligining o'zgarish xususiyatiga asoslangan. Demak, o'tkazgich yoki yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi uning harorati funksiyasidan iborat, ya'ni $R = f(t)$. Bu funktsiyaning ko'rinishi termometr qarshiligi materialining xossalariga bog'liq. Ko'pchilik toza metallarning elektr qarshiligi harorat ko'tarilishi bilan ortadi, metall oksidlari (yarimo'tkazgichlar) ning qarshiligi esa kamayadi. Qarshilik termometrlarini tayyorlashda quyidagi talablarga javob beruvchi toza metallar qo'llaniladi:

1. O'lchanayotgan muhitda metall oksidlanmasligi va kimyoviy tarkibi o'zgarmasligi kerak.

2. Metallning harorat qarshilik koeffitsiyenti yetarli darajada katta va barqarorlashgan bo'lishi lozim.

3. Qarshilik harorat o'zgarishi bilan to'g'ri yoki ravon egri chiziq bo'yicha keskin chetga chiqishlarsiz va gisterezis holatlarisiz o'zgarishi kerak.

4. Solishtirma elektr qarshilik deyarli katta bo'lishi kerak. Ma'lum haroratlar oralig'ida yuqoridagi talablarga platina, mis, nikel, temir, volfram kabi metallar javob beradi.

Harorat o'zgarishi bilan elektr qarshiligining o'zgarishini xarakterlovchi parametr elektr qarshilikning harorat koeffitsiyenti deyiladi.

Harorat koeffitsiyenti temperaturaga bog'liq bo'lgan metallar uchun u faqat haroratning har bir qiymati uchun aniqlanishi mumkin:

$$\alpha = \left(\frac{1}{R_0} \right) \left(\frac{dR_t}{dt} \right), \quad (22.1)$$

bunda R_0 va R_t — 0 va t haroratdagi qarshilik. Harorat koeffitsiyenti $^{\circ}\text{C}^{-1}$ yoki K^{-1} larda ifodalanadi. Ko'pgina sof metallar uchun harorat koeffitsiyenti 0,0035 — 0,065 K^{-1} , chegaralarda yotadi. Yarimo'tkazgichli metallar uchun harorat koeffitsiyenti manfiy va metallarnikidan bir tartibga ko'p (0,01—0,15 K^{-1}) bo'ladi.

Hozir qarshilik termometrlarini tayyorlash uchun mis, platina, nikel va temirdan foydalaniladi.

Mis arzon material bo'lib, uning qarshiligi amalda haroratga chiziqli bog'liq, ya'ni

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (22.2)$$

bunda R_t va R_0 — t va 0°C haroratda termometr qarshiligi: α — mis simning harorat koeffitsiyenti: $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

Mis oksidlanishi tufayli u 200°C dan ortiq bo'lmagan haroratlarni o'lchashda qo'llaniladi. Misning kamchiliklariga uning solishtirma qarshiligining kamligini kiritsa bo'ladi: $\delta = 0,17 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. Solishtirma qarshilik qarshilik termometrining gabaritiga ta'sir etadi: solishtirma qarshilik qancha kam bo'lsa, sim shuncha ko'p kerak bo'ladi (shunday qarshilikni o'rash uchun), shuning uchun termometr gabariti shuncha katta bo'ladi.

GOST 6651—78 ga ko'ra misdan tayyorlangan qarshilik termometrlari —200 dan $+200^{\circ}\text{C}$ gacha haroratlarni uzoq vaqt davomida o'lchashda qo'llaniladi. Ular II va III klasslarda chiqariladi. Nominal qarshiliklar 0°C da 10, 50 va 100 Ω ni tashkil etadi.

Platina — qimmatbaho material. Kimyoviy jihatdan inert va sof holda osonlik bilan olinadi. Platinadan tayyorlangan qarshilik termometrlari —260 dan $+1100^{\circ}\text{C}$ gacha haroratlarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Platina qarshiligining haroratga bog'liqligi murakkab bog'lanishdan iborat bo'lib, —183 dan 0°C gacha harorat oralig'ida quyidagicha yozilishi mumkin:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100)], \quad (22.3)$$

0 dan $+630^{\circ}\text{C}$ gacha oraliqda esa,

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \quad (22.4)$$

tarzida ifodalanadi, bunda R_t va R_0 mos ravishda t va 0°C haroratlarda platina qarshiligi; A , V , S — o'zgarmas koeffitsiyentlar bo'lib, ularning qiymati termometrni darajalashda kislorod, suv va oltingugurtning qaynash nuqtalari bo'yicha aniqlanadi. Standart qarshilik termometrlarida qo'llaniladigan PL-2 markali platina uchun (22.3) va (22.4) tenglamalardagi koeffitsiyentlar quyidagi qiymatlarga ega:

$$A = 3,96847 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^\circ\text{C}; V = - 5,847 \cdot 10^{-7} \text{ } 1/^\circ\text{C}; S = - 4,22 \cdot 10^{-12} \text{ } 1/^\circ\text{C}.$$

Texnik termometrlarni tayyorlashda ishlatiladigan PL-2 markali platina uchun $R_{100}/R_0 = 1,391$.

0°C da platinali qarshilik termometrlari quyidagi qarshiliklarga ega bo'lishi mumkin: 1, 5, 10, 50, 100 va 500 Ω (amalda $R_0 = 46 \text{ } \Omega$ li termometrlar ishlatiladi). Bu qarshilik termometrlari uchun o'zgartirishning nominal statistik xarakteristikasiga quyidagi belgilashlar kiritilgan: 1P, 5P, 10P, 50P, 100P va 500P ($R_0 = 46 \text{ } \Omega$ **qarshilikli termometrlar Gr 21 deb belgilangan**).

Platinaning kamchiliklaridan biri uning tiklovchi muhitda metall bug'lari, uglerod oksidi va boshqa moddalar bilan ifloslanishidir. Bu ayniqsa yuqori haroratlarda namoyon bo'ladi.

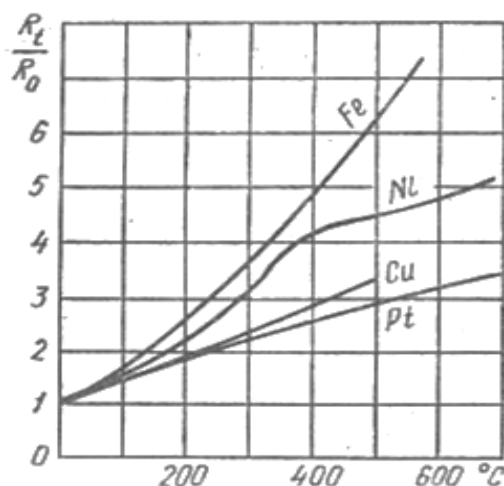
Nikel va temir elektr qarshilikning nisbatan katta harorat koeffitsiyentiga ega:

$$\alpha_{\text{Ni}} = (6,21 - 6,34) \cdot 10^{-3} \text{ } \text{K}^{-1}; \quad \alpha_{\text{G'e}} = (6,25 - 6,57) \cdot 10^{-8} \text{ } \text{K}^{-1}$$

va solishtirma qarshiligi nisbatan katta.

$$\delta_{\text{Ni}} = 1,18 - 1,38 \cdot 10^{-7} \text{ } \Omega \cdot \text{m}; \quad \delta_{\text{G'e}} = 0,55 - 0,61 \cdot 10^{-7} \text{ } \Omega \cdot \text{m}.$$

Ammo bu metallar quyidagi kamchiliklarga ega: ularni sof holda olish qiyin, bu esa bir-birini almashtira oladigan qarshilik termometrlari tayyorlashda qiyinchilik tug'diradi; temir va, ayniqsa, nikel qarshiligining haroratga bog'liqligi oddiy empirik formulalar bilan ifodalanadigan egri chiziqlardan iborat emas; nikel va ayniqsa, temir nisbatan past haroratlarda ham osongina oksidlanadi. Bu kamchiliklar qarshilik termometrlarini tayyorlashda nikel va temirni qo'llanishni cheklab qo'yadi.



22.1-rasm. Ba'zi metallar solishtirma qarshiligining haroratga bog'liqligi

Yarimo'tkazgich termometr qarshiligi (termorezistor qarshiligi) bilan temperatura orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$R_t = R_0 \exp \left(B \frac{T_0 - T}{T_0 \cdot T} \right). \quad (22.5)$$

R_0 qiymat T_0 haroratda termometr qarshiligi bilan aniqlanadi, B qiymat esa, termometr tayyorlanadigan yarimo'tkazgich materialiga bog'liq.

1,5 K va undan yuqori haroratlarni o'lchash uchun germaniyli termorezistorlar ayniqsa keng tarqalgan.

—100 dan +300°C gacha haroratlarni o'lchash uchun oksidlanuvchi yarimo'tkazgich materiallardan foydalaniladi. Yarimo'tkazgichli termorezistorlarning o'zgartish koeffitsiyentlari metall simdan qilingan sezgir elementli qarshilik termometrlarinikiga qaraganda bir necha tartibga ortiq.

Sinov va nazorat savollari

1. Haroratni qarshilik termometrlari bilan o'lchash qanday xususiyatga asoslangan?

2. Qarshilik termometrlarini tayyorlashda qanday talablarga javob beruvchi toza metallar qo'llaniladi?

3. Platinali qarshilik termometrlari qanday qarshiliklarga ega bo'lishi mumkin?

4. Yarimoʻtkazgich termometr qarshiligi bilan harorat orasidagi bogʻlanish qaysi ifodaga asosan aniqlanadi?
5. Elektr qarshilikning harorat koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?

23-AMALIY MASHGʻULOT

GAZ VA SUYUQLIK SARFI DATCHIKLARINING XARAKTERISTIKALARI

Reja:

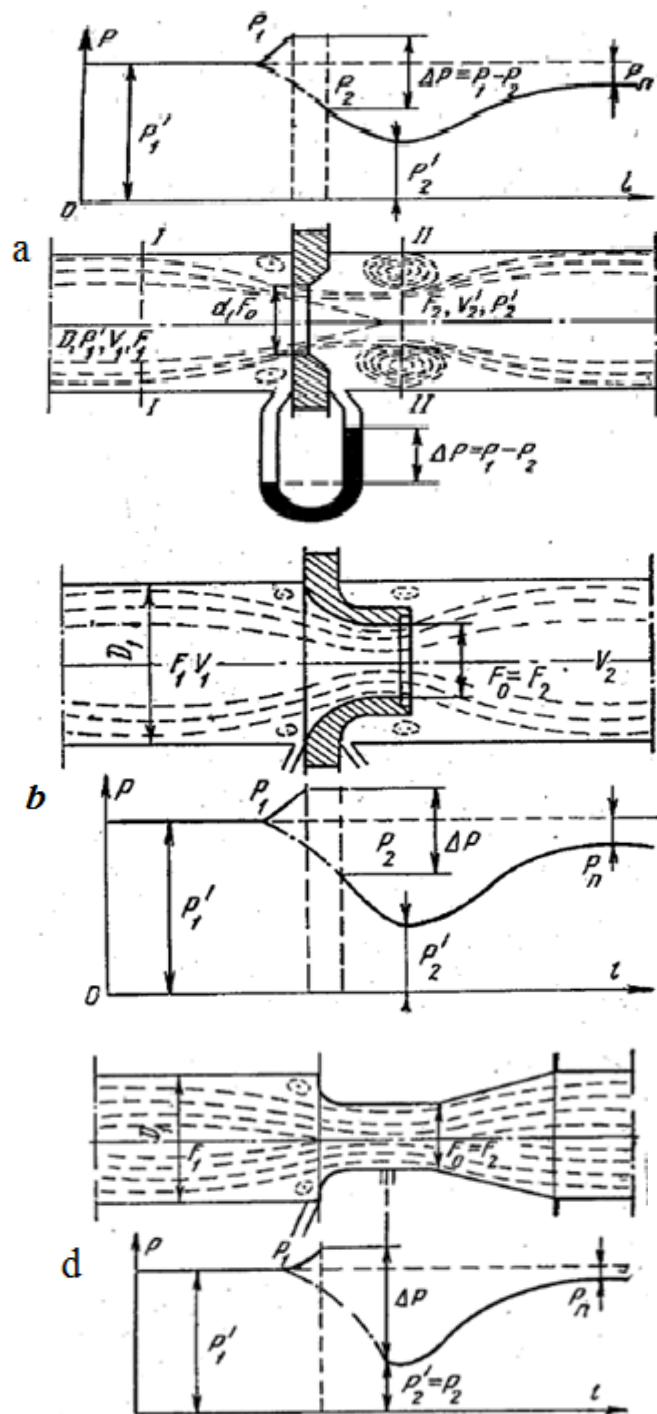
1. Bosimlar farqi oʻzgaruvchan sarf oʻlchagichlar.
2. Suyuqlik, gaz yoki bugʻlarning sarfini oʻlchash uchun toraytirish qurilmasi.
3. Bosimlar farqi oʻzgaruvchan sarf oʻlchagichlarning asosiy xarakteristikalar.

Kalit (tayanch) soʻz va iboralar: Bosimlar farqi, oʻzgaruvchan sarf oʻlchagich, truboprovodda diafragma, Venturi soplosi, standart toraytirish, “oʻlik” zona.

Truboprovodlardagi suyuqlik, gaz va bugʻ sarfini bosimlar farqi oʻzgaruvchan sarf oʻlchagichlar bilan oʻlchash keng tarqalgan va yaxshi oʻrganilgan. Sarfni bunday usul bilan oʻlchash suyuqlik yoki gaz oʻtayotgan truboprovodda kichik diametrli toʻsiq-diafragma, soplo yoki Venturi soplosi oʻrnatish natijasida hosil boʻladigan modda potentsial energiyasi (statik bosmi)ning oʻzgarishini oʻlchashga asoslangan. Kichik diametrli toʻsiq vazifasini bajaruvchi toraytirish truboprovodda oʻrnatilib mahalliy torayishni hosil qiladi.

Suyuqlik, gaz yoki bugʻ truboprovodning kesimi toraygan joyidan oʻtayotganida uning tezligi oshadi. Tezlikning va binobarin, kinetik energiyaning ortishi oqimning kesimi toraygan joyida potentsial energiyaning kamayishiga olib keladi. Bunday toʻsiqdan keyingi statik bosim undan oldingi statik bosimdan kam boʻladi. Shunday qilib, modda toraytirish qurilmasidan oʻtishda bosimlar farqi $\Delta P = P_1 - P_2$ hosil boʻladi (23.1-rasm). Bu bosimlar farqi oqim tezligi va modda sarfiga mutanosib boʻladi. Demak, toraytirish qurilmasi hosil qilgan bosimlar farqi truboprovoddan oʻtayotgan

modda sarfining o'lchovi bo'lishi mumkin. Sarfning son qiymati esa difmanometr o'lchagan ΔP bosimlar farqi bo'yicha aniqlanadi.



23.1-Rasm. Suyuqlik oqimining xarakterini va truboprovodda diafragma (a), soplo (b) hamda Venturi soplosi (d) o'rnatilgandagi statik bosimning o'zgarish grafigi

Suyuqlik, gaz yoki bug'larning sarfini o'lchash uchun toraytirish qurilmasi sifatida standartli diafragmalar, soplolar, Venturi soplosi va Venturi trubasi ishlatiladi.

23.1a -rasmda ko'rsatilgan diafragma dumaloq teshikli yupqa diskdan iborat. Teshikning markazi truboprovod o'qida yotishi kerak. Oqimning torayishi diafragma oldida boshlanadi va undan o'tgach, ma'lum masofadan so'ng o'zining minimal kesimiga erishiladi. Undan keyin oqim tobora kengayib, truboprovodning to'liq kesimiga erishadi. 23.1b-rasmda egri chiziq orqali truboprovod devorlari bo'yicha taqsimlangan bosimning o'zgarishi tasvirlangan; shtrix-punktir chiziq bilan truboprovod o'qi bo'yicha taqsimlangan bosimni tasvirlovchi egri chiziq ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, diafragma orqasidagi bosim dastlabki qiymatiga erishmaydi. Modda diafragmadan o'tganda, diafragma orqasidagi burchaklarda **“o'lik” zona** hosil bo'ladi. Bu yerda bosimlar farqi natijasida suyuqlikning teskari yo'nalishdagi harakati yoki ikkilamchi oqim paydo bo'ladi. Suyuqlikning qovushqoqligidan asosiy va ikkilamchi oqim bir-biriga qarama-qarshi harakat qilib, uyurmalar hosil qiladi. Bunda diafragma orqasida birmuncha energiya sarflanadi, demak, bosim ham ma'lum darajada kamayadi. Diafragma oldidagi zarrachalar yo'nalishining o'zgarishi va ularning diafragma orqasidagi siqilishi potensial energiyaning o'zgarishiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi.

23.1a -rasmda ko'rsatilgandek P_1 va P_2 bosimlar diafragma diskining oldi va orqasidagi diafragma tekisligi hamda truboprovodlarning ichki yuzasi o'rtasidagi hosil bo'lgan burchaklariga o'rnatilgan alohida teshiklar yordamida o'lchanadi. Soplo (23.1b -rasm) konsentrik teshikli nasadka shaklida ishlangan. Uning kirish qismi ravon, torayib chiqish qismi esa silndrdan iborat. Soploning profili zarrachaning to'liq siqilishini ta'minlaydi va soplodagi silndr teshigining yuzi oqimining minimal kesimiga teng deb hisoblashi mumkin ($F_0 = F_2$). Soplo orqasida hosil bo'ladigan uyurmali harakat diafragmadagiga ko'ra kam energiya yo'qotishlarga olib keladi. Truboprovod devorlari va o'qi punktir chiziq bo'yicha taqsimlangan bosim o'zgarishining egri chizig'i o'xshash, faqat soplodagi qoldiqli P bosimning yo'qolishi diafragmadagi yo'qolishga ko'ra kamroq. Lekin, bosimlar farqi tenglashgandagi bir xil sarf uchun diafragmaning o'tish teshigidagi F_0 yuz soplonekidan katta bo'lgani sababli, bosimlar yo'qolishi bir xil. Soploning old va orqasidagi P_1 va P_2 bosimlar xuddi diafragmanikidek o'lchanadi.

23.1 d-rasmda Venturi soplosi tasvirlangan. Venturi soplosi qisqa slindrik qismga o'tuvchi silndrik kirish qism va kengayuvchi konus diffuzor qismdan iborat. Toraytirish qurilmasining bunday shaklida chiqish diffuzori mavjudligi tufayli, bosim sarfi diafragma va soplodagi bosim sarfiga nisbatan ancha kam, P_1 va P_2 bosimlar Venturi soplosining ichki bo'shlig'i bilan aylana bo'yicha joylashgan teshiklar orqali bog'langan halqa kameralar yordamida o'lchanadi.

Toraytirish qurilmalari vujudga keltirgan bosimlar farqi orqali modda sarfini o'lchash prinsipi va ularning asosiy tenglamalari toraytirish qurilmalarining barcha turlari uchun bir xil. Faqat bu tenglamalardagi tajriba orqali aniqlanadigan ba'zi koeffitsiyentlar bir-birlaridan farq qiladi. Truboprovodda ikkita kesimni tanlaymiz: *I-I* kesimda toraytirish qurilmasining ta'siri yo'q, *II-II* kesimda (23.1a -rasm) oqim zarrasi eng ko'p siqiladi. Bu kesimlardagi statik bosimlar o'zgarmasdir. Siqilmagan suyuqlik sarfi va bosimlar farqi o'rtasidagi nisbat hamda bu oqim uchun energiyaning saqlanish qonunini ifodalovchi Bernulli tenglamasi oqimning uzluksizligi tenglamasidan aniqlanishi mumkin. Agar ishqalanish kuchining ta'siri bo'lmasa, gorizontal truboprovod uchun bu tenglama quyidagi shaklga ega bo'ladi:

$$\frac{P'_1}{\rho_1} + \frac{\vartheta_1^2}{2} = \frac{P'_2}{\rho_2} + \frac{\vartheta_2^2}{2},$$

$$P_1 \cdot \vartheta_1 \cdot F_1 = \rho_2 \cdot \vartheta_2' \cdot F_2. \quad (23.1)$$

Bu tenglamada tegishli kesimlar *I-I* va *II-II* uchun; P_1 va P_2 absolyut statik bosimlar, P_a ; v_1 va v_2 – suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi, m/s p_1 va p_2 suyuqlik zichligi, kg/m³, F_1 va F_2 – oqimning ko'ndalang kesim yuzi, m²

Suyuqlik zichligi toraytirish qurilmasidan o'tganda o'zgarmagani sababli, ya'ni $p_1=p_2=p$ bo'lgani uchun

$$P'_1 - P'_2 = \frac{\rho}{2} (\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2);$$

$$v_1 \cdot F_1 = v_2' \cdot F_2. \quad (23.2)$$

Shuni xam ta'kidlash kerakki, yuqoridagi tenglamalar v_2 tezlik o'lchanayotgan suyuqlikdagi tovush tezligiga teng bo'lgan kritik tezlikdan kichik bo'lgan xol uchun o'rindir. Tenglamalardan foydalanib F_2 kesimdagi o'rtacha v_2 tezlikni aniqlaymiz;

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P'_1 - P'_2)}. \quad (23.3)$$

Hajmiy sarf tezlikning oqim kesimidagi ko'paytmasiga teng, ya'ni ;

$$Q'_x = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (P'_1 - P'_2)}. \quad (23.4)$$

Lekin oxirgi tenglamani chiqarishda haqiqiy suyuqlikning qovushoqligini, truboprovod va toraytirish qurilmasiga ishqalanishi ta'sirida oqim kesimidagi tezlikning taqsimlanish notekisligi e'tiborga olinmagan. Bundan tashqari bu tenglama bosimlar farqi I/I va II/II kesimlarda (23a -rasm.) o'lchanmay, bevosita toraytirish qurilmasi yonida o'lchanishini hamda eng tor joydagi kesimning F_0 yuz olinishini aks ettirmaydi. Bu keltirilgan chetga chiqishlar sarf ko'effitsiyenti a orqali ifodalanadi. Bunda hajmiy sarf tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$Q'_h = a F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}; \quad (23.5)$$

Bu yerda Q'_x - hajmiy sarfi m^3/s ; ΔP -toraytirish qurilmasining yonlarida o'lchangan bosimlar farqi, Pa; F_0 – toraytirish qurilmasi teshigining yuzasi, m^2 .

Massa sarfi hajmiy sarf va suyuqlik zichligi ko'paytmasiga teng:

$$Q'_{M=a} F_0 \sqrt{2\rho \Delta P}. \quad (23.6)$$

Tajribalarning ko'rsatishicha sarf ko'effitsiyenti modda turiga bog'liq bo'lmay, asosan toraytirish qurilmasining turi va hajmiga hamda Reynolds soniga, ya'ni oqimning fizikaviy xossalariga bog'liq. $a = f(R_e, F_0, D)$, bu yerda D - truboprovod diametri.

Siqiluvchi muhit (gaz bug') sarfini o'lchashda ayniqsa bosimlar farqi katta bo'lganda modda oqimi toraytirish qurilmasidan o'tayotgan bosimning o'zgarishini e'tiborga olish zarur. Lekin gaz yoki bug'ning toraytirish qurilmasidan o'tish vaqti ko'p bo'lmagani sababli moddaning

siqilishi va kengayishi adiabatik ravishda, ya'ni issiqlik almashinuvisiz o'tadi. Unda quyidagi tenglama o'rinli bo'ladi:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left(\frac{P_2'}{P_1'}\right)^{1/H} \quad (23.7)$$

bu yerda N -adibata ko'rsatkichi.

Yuqoridagi tenglamalarni birgalikda yechsak, gaz yoki bug' sarfini hisoblash formulalari quyidagi shaklga keladi:

$$Q'_x = a \cdot g \cdot F_0 \frac{\sqrt{2}}{\rho} \Delta P. \quad (23.8)$$

$$Q'_m = a \cdot g \cdot F_0 \sqrt{2\rho\Delta P}, \quad (23.9)$$

bu yerda e - kengayish koeffitsiyenti.

$$e = f\left(\frac{P_1 - P_2}{P_2}, m, H\right). \quad (23.10)$$

Demak gaz va bug' sarfini hisoblash formulalari suyuqlik sarfini hisoblash formuladan e koeffitsiyentining mavjudligi bilan farq qiladi. Agar $e = 1$ bo'lsa, bu formulalarini saqlaydigan suyuqliklar uchun ham qo'llash mumkin.

Standart toraytirish qurilmalariga RD 50-213-80 qoidalari talablarini qanoatlantiruvchi va modda sarfini individual darajasiz o'lchashda qo'llanadigan diafragmalar, soplolar, Venturi soplolari kiradi. RD 50-213-80 qoidalari sarf o'lchash qurilmalarini chiqarishda ularning loyihalashda, mantaj qilishda ishlatishga va tekislatishga bo'lgan talablar ko'rsatilgan. Qoidalariga keltirilgan holatlar quyidagi o'lchash shartlari bajarilgandagina o'rinli:

1) oqim harakatining xarakteri quvurning to'g'ri uchastkalarida toraytirish qurilmasidan avval ham, keyin ham turbulent barqaror bo'lish kerak;

2) oqimlar holati u toraytirish qurilmasi orqali oqqanda o'zgarmasligi lozim (suyuqlik bug'lanmasligi, suyuqlik eritmasida ajralmaydi, gazdan chiqadigan suv bug'i kondensatsiyalanmaydi, bunda toraytirish qurilmasi yaqindagi quvurda suyuq holatning ajralishi ham inkor etiladi);

3) quvurlar to'g'ri uchastkalarini ichki tekisliklarda toraytirish qurilmasigacha va undan keyin ham chang, qum, metall predmetlar va boshqa ko'rinishdagi iflosliklar yig'ilib qolmasligi;

4) toraytirish qurilmasining sirtlarida uning konstruktiv parametrlarini va geometriyasini o'zgartiradigan cho'kindilar hosil bo'lmasligi;

5) bug' qizdirilgan bo'ladi, bunda bug' uchun gazning sarfini o'lchashga tegishli barcha hollarda o'rinli.

Ifloslangan suyuqliklarning va ayniqsa gazlarning sarfini o'lchashda gorizontaal yoki og'ma truboprovodlardan standart diafragmalarda cho'kindilar paydo bo'lishi mumkin. Shu sababli bunday oqimlar uchun toraytiruvchi qurilmalar sifatida segment diafragmalardan foydaniladi.

Bosimlar farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar quyidagi asosiy afzalliklari sababli g'oyatda keng qo'llaniladi:

1) **Toraytiruvchi qurilmalar** –sarf o'lchashning sodda, arzon va ishonchli vositasi;

2) Toraytiruvchi qurilmalar universalidir, ya'ni ular bosimlar, harorat va truboprovod diametrlarining keng diapazonida amalda ixtiyoriy bir fazali (ba'zida ikki fazali ham) muhitlarning sarfini o'lchashda qo'llanilishi mumkin;

3) Standart toraytiruvchi qurilmalarni darajalash xarakteristikasi hisoblash yo'li bilan topilishi mumkin, shuning uchun namunaviy sarf o'lchagichlarga hojat qolmaydi;

4) Turli sharoitlarda o'lchash uchun ishlanishi bo'yicha bir tipli difmanometrlar va ikkilamchi asboblardan foydalanish mumkinligi; har bir sarf o'lchagich uchun faqat toraytiruvchi qurilmalar individual bo'la oladi.

Sinov va nazorat savollari

1. Truboprovodlardagi suyuqlik, gaz va bug' sarfini bosimlar farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar bilan o'lchash qanday amalga oshiriladi?

2. Suyuqlik, gaz yoki bug'larning sarfini o'lchash uchun toraytirish qurilmasi sifatida nimalar qo'llaniladi?

3. Hajmiy sarf tenglamasini tushuntirib bering.

4. RH 50-213-80 qoidalarida qanday talablar belgilangan va qanday o'lchash shartlari bajarilgandagina o'rinli?

5. Bosimlar farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar qanday asosiy afzalliklar va kamchiliklarga ega?

24-AMALIY MASHG'ULOT

GAZ VA SUYUQLIK SARFI DATCHIKLARINI LOYIHALASH

Reja:

1. Suyuqlik sarfini o'lchash uchun toraytiruvchi qurilma teshigi diametrini hisoblash.
2. Gaz sarfini o'lchash uchun toraytiruvchi qurilma teshigi diametrini hisoblash.
3. O'ta qizdirilgan bug' sarfini o'lchash uchun toraytiruvchi qurilmani hisoblash.

Kalit (tayanch) so'z va iboralar: Suyuqlik sarfini o'lchash, toraytiruvchi qurilma, suyuqlik zichligi, gaz sarfini o'lchash, bosimlar farqi, bosimning chegaraviy nominal farqi.

Suyuqlik sarfini o'lchash uchun toraytiruvchi qurilma teshigi diametrini hisoblash

Bunda quyidagi boshlang'ich ma'lumotlar berilgan bo'lishi zarur: suyuqlikning maksimal sarfi Q_{max} ; o'rtacha sarfi Q_{ϕ} ; suyuqlik temperaturasi t ; suyuqlik zichligi ρ va ish suyuqligi zichligi ρ' ; ortiqcha bosim p ; atrof-muhitning barometrik bosimi P_b ; truboprovod diametri D ; truboprovod va toraytiruvchi qurilma materiali; suyuqlikning maksimal sarfida toraytiruvchi qurilmadagi bosimning yo'l qo'yilgan yo'qolishi P_{dp} ; qovushqoqlik μ yoki ϑ va hokazo.

Toraytiruvchi qurilma, difmanometrning tipi va xili, uning yuqori o'lchash chegarasi Q_{pr} tanlanadi. Difmanometr nominal bosim farqi chegarasi aniqlanadi. Bunda ikki hol yuz berishi mumkin.

1. Toraytiruvchi qurilma bosimning yo'l qo'yiladigan yo'qolishi P_{dp} sarf Q_{max} bo'lganda berilgan. Q_{pr} sarfda bosimning bu yo'qolishi Q_{dp} topiladi:

$$P_{dp} = P'_{dp} \left(\frac{Q_{pr}}{Q_{max}} \right)^2 \quad (24.1)$$

qo'shimcha qiymat S_1 va S_2 lar hisoblanadi:

$$S_1 = \frac{Q_{r-pr} \sqrt{\rho}}{0,01252 D^2} \quad (24.2)$$

$$S_2 = \frac{Q_{m.pr}}{0,01252D^2\sqrt{\rho}}, \quad (24.3)$$

bunda $Q_{r.pr} - Q_{pr}$ – sarfning hisoblangan qiymati; $Q_{m.pr} - Q_{pr}$ – sarfning maksimal qiymati. S ning hisoblangan va uchta ma'noli raqamgacha yaxlitlangan qiymati bo'yicha hamda berilgan P_{dp} qiymat bo'yicha izlangan ΔR_n ni va m ning taqribiy qiymati topiladi.

2. Toraytiruvchi qurilmada bosimning yo'l qo'yiladigan yo'qolishi berilmagan. Yordamchi S_1 miqdorni yuqorida ko'rsatilgan formula bilan hisoblanadi. Nomogramma bo'yicha nisbiy yuza $m = 0,2$ ga mos kelgan ΔR ni topiladi. Agar bunda S qiymatga mos kelgan $m = 0,2$ chiziqdagi nuqta ikki egri chiziq ΔR_n orasida joylashgan bo'lsa, u holda ΔR_n ning yaqin qiymati qabul qilinadi va o'sha C uchun m ning mos qiymati aniqlanadi, zarur bo'lganda mos bosim yo'qolishi R_{dp} topiladi.

Ushbu $Re > Re_{min}$ shart tekshiriladi, agar u bajarilsa, hisoblashlar davom ettiriladi. $Re < Re_{min}$ bo'lsa, unda sarf o'lchagichning qabul qilingan parametrlarida mazkur usul bilan o'lchash mumkin emas. Yordamchi m_α qiymatni to'rtta ma'noli raqamgacha hisoblanadi:

$$m_\alpha = \frac{C}{\sqrt{\Delta P}}, \quad (24.4)$$

bunda ΔP – toraytiruvchi qurilmada Q_{max} ga mos kelgan maksimal bosim farqi.

m_α ning α ning mos qiymatiga bo'lgan holda, m_α ning ma'lum qiymatlari uchun m ni to'rtta ma'noli raqamgacha hisoblanadi.

Toraytiruvchi qurilma teshigining izlangan diametri hisoblanadi:

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m}, \quad (24.5)$$

bunda K_t – toraytiruvchi qurilma materialining issiqlikdan kengayishi uchun tuzatma ko'paytuvchi.

Topilgan m , d va α qiymatlarda ΔP_n (yoki ΔP) ga mos sarf Q_{max} ni hisoblab tekshiriladi.

Gaz sarfini o'lchash uchun toraytiruvchi qurilma teshigi diametrini hisoblash

Buning uchun quyidagi boshlang'ich ma'lumotlar zarur: gazning maksimal sarfi $Q_{nom max}$, o'rtacha sarfi $Q_{nom sr}$, gazning komponent

tarkibidagi yoki normal sharoitdagi zichlik ρ_{nom} , gaz harorati t , gaz oqimining ortiqcha bosimi P_i , atrof muhit barometrik bosimi P_b , toraytiruvchi qurilmada gaz sarfi maksimal bo'lganda bosimning yo'l qo'yiladigan yo'qolishi P_{dp} , ish sharoitlarida gaz namligi φ , truboprovod diametri D , truboprovod va toraytiruvchi qurilma materiali. Gaz oqimining parametrlari P_i , P_b , t , ρ_{nom} , φ sifatida sarf o'lchagich ishining sharoiti va rejimiga qarab, ularning o'rtalashtirilgan qiymatlari qabul qilinadi.

Qo'shimcha (yordamchi) C kattalikni quyidagi formula yordamida hisoblanadi: quruq gaz sarfini o'lchashda

$$C_1 = \frac{Q_{nom \cdot pr}}{0,2109 \cdot D^2} \sqrt{\frac{\rho_{nom} \cdot T \cdot K}{P}}, \quad (24.6)$$

nam gazning quruq qismi sarfini o'lchashda

$$C_2 = \frac{Q_{nom \cdot pr} T \cdot K \sqrt{\rho_{v \cdot ch}}}{3,553 \cdot D^2 (P - \varphi \cdot P_{v \cdot p \cdot max})}. \quad (24.7)$$

C ning hisoblangan, uchta ma'noli raqamgacha yaxlitlangan qiymati bo'yicha va $P_{d \cdot p}$ ning nomogrammlar bilan berilgan qiymati bo'yicha ΔP_n ni va m ning taqribiy qiymati topiladi.

Agar izlangan nuqta ikki egri chiziq orasida joylashgan bo'lsa, unda ΔP_n ning Yaqin kichik qiymati qabul qilinadi, u qiymat bo'yicha C ning o'sha qiymatida m ni topiladi. ΔP_n ning qiymatlaridan (nomogrammlardagi yaxlit chiziqlar) toraytiruvchi qurilmani halqali, qo'ng'iroqli, membranali va silfonli difmanometrlar bilan komplektda hisoblashda foydalanishadi. Qalqovuchli difmanometrlar qo'llanganda ΔP_n qiymatlaridan (punktir chiziqlar) o'lchanayotgan modda oqimining zichligi (ish bosimi P va $t = 20^\circ\text{C}$ da) 1000 kg/m^3 bo'lganda uning qiymatlaridan (shtrix – punktir chiziqlar) $\rho' = 2000 \text{ kg/m}^3$ bo'lganda, ΔP_n qiymatlaridan (uzluksiz chiziqlar) ρ' juda kichik (hisobga olmasa bo'ladigan darajada kichik) bo'lganda foydalaniladi, ρ' ning oraliq qiymatlari uchun chiziqli interpolatsiya bajariladi.

$Re > Re_{min}$ (Re ni $Q_{nom \cdot sr}$ da hisoblanadi) shart tekshiriladi, agar u bajarilsa, hisoblash davom ettiriladi. Yordamchi miqdor (m_α) to'rtta ma'noli raqamgacha hisoblanadi:

$$(m_\alpha)_1 = \frac{C}{\varepsilon_1 \sqrt{\Delta P}}, \quad (24.8)$$

bunda ε_1 – difmanometr bosimi farqining yuqori chegarasi uchun aniqlanadigan gaz kengayishi ko'effitsiyenti; ΔP – toraytiruvchi qurilmada $Q_{nom\ sr}$ ga mos eng katta bosim farqi.

m_α ning ma'lum qiymatlari uchun m_α ni α ning mos qiymatiga bo'lib, m ning qiymati to'rtta ma'noli raqamlargacha topiladi.

O'sha ΔP yoki (ΔP_n) va P larda nisbiy yuz m_1 ga mos kelgan ε_2 qiymat topiladi; so'ngra $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ ayirma hisoblanadi. Agar bu ayirma 0,0005 dan ortmasa, unda m va ε_2 qiymatlar uzil-kesil deb hisoblanadi. $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 > 0,0005$ bo'lsa, yordamchi kattalik $(m_\alpha)_2$ ni ε_2 da hisoblash kerak:

$$(m_\alpha)_2 = \frac{c}{\varepsilon_2 \sqrt{\Delta P}}, \quad (24.9)$$

keyin m_2 va unga mos ε_2 qiymat topiladi. Hisoblashlarni $\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j < 0,0005$ tengsizlik bajarilguncha davom ettiriladi. m ning topilgan uzil-kesil qiymati bo'yicha toraytiruvchi qurilma teshigi diametri quyidagi formuladan topiladi:

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m}, \quad (24.10)$$

Hisoblashlarning to'g'riligini m , d va α qiymatlar uchun ΔP_n (ΔP) ga mos $Q_{nom\ max}$ sarfni hisoblab tekshiriladi.

O'ta qizdirilgan bug' sarfini o'lchash uchun toraytiruvchi qurilmani hisoblashga misol

I. Berilgan: eng katta o'lchanayotgan sarf $Q_{m\ max} = 63,9\text{ kg/s}$; eng kichik o'lchanayotgan sarf $Q_{m\ min} = 50\text{ kg/s}$; toraytiruvchi qurilma oldida bug'ning absolyut bosimi $P = 9,807\text{ MPa} = 9807000\text{ Pa}$; toraytiruvchi qurilma oldida bug' harorati $T = 783,15\text{ K}$; sarf $Q_{m\ max}$ bo'lganda bosimning yo'l qo'yilgan yo'qolishi $P_{d.p} = 0,20\text{ MPa} = 200000\text{ Pa}$; toraytiruvchi qurilma oldida $20\text{ }^\circ\text{C}$ bo'lganda truboprovod ichki diametri $D_{20} = 0,217\text{ m}$; truboprovod silliq, g'adir-budirlikdan kam (5 bo'lim)*; truboprovod materiali – po'lat 20.

II. Hisoblashlar uchun etishmaydigan ma'lumotlarni topish:

1) Bug' haroratini (40) formula bo'yicha topamiz:

$$t = T - 273,15 = 783,15 - 273,15 = 510\text{ }^\circ\text{C};$$

2) Toraytiruvchi qurilma oldida bug' bosimini 7-jadvaldan topamiz:

$$R = 9807000 \cdot 1.01972 \cdot 10^{-5} = 100 \frac{kgk}{sm^2} ;$$

3) Ish sharoitlarida (P va t) bug' zichligini 7-ilova bo'yicha topamiz:

$$\rho = 29,35 \frac{kg}{m^3} ;$$

4) Truboprovod materialining issiqlikdan kengayishiga tuzatma koefitsiyent K'_t RD 50 – 213 – 80 ni topamiz;

5) Truboprovodning uning ichidagi bug'ning ish haroratiga mos kelgan ichki diametri topiladi:

$$D = D_{20} \cdot [1 + \rho'_t(t - 20)] = D_{20} \cdot K'_t = 0,217 \cdot 1,0068 = 0,2185 m ,$$

bunda ρ'_t - truboprovod materiali issiqlikdan kengayishining o'rtacha koefitsiyenti, $^{\circ}C^{-1}$;

6) Ish sharoitlarida (P va t) bug'ning dinamik qovushqoqligi 25 – ilovadagi grafiklardan topiladi va 8 – jadval bo'yicha SI tizimiga o'tkaziladi.

$$\mu = 3,03 \cdot 10^{-6} \cdot 9,80665 = 297 \cdot 10^{-6} \cdot Pa \cdot S .$$

7) H adiabata ko'rsatkichi 13 – ilovadan topiladi:

a) 500 $^{\circ}C$ da $H = 1,2686$, 600 $^{\circ}C$ da $H = 1,2628$;

b) H adiabata ko'rsatkichini 510 $^{\circ}C$ da topish uchun 500 va 600 $^{\circ}C$ orasida chiziqli interpolyatsiyadan foydalanamiz:

$$\begin{aligned} H_3 &= H_1 + (H_2 - H_1) \cdot \frac{510 - 500}{600 - 500} \\ &= 1,2686 + (-5,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,1 = 1,2680 \end{aligned}$$

III. Toraytiruvchi qurilma va difmanometrni tanlash.

8) 12.1.1 punktga asosan bosimni burchakli usul bilan o'lchaydigan diafragmani tanlaymiz, material St: 08;

9) 12.1.2 punktga asosan membranali, ko'rsatuvchi difmanometrni tanlaymiz;

10) 12.1.4 punktga asosan difmanometrning yuqori o'lchash chegarasini tanlaymiz $Q_{m\cdot pr} = 80 \text{ kg/s}$.

IV. Difmanometrning nominal bosim farqini topish:

11) Bosimning yo'l qo'yilgan yo'qolishi difmanometrning tanlangan yuqori o'lchash chegarasi $P_{d\cdot p}$ ga teng sarf bo'lganda quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$P_{d\cdot p} = P'_{d\cdot p} \left(\frac{Q_{pr}}{Q_{max}} \right)^2 = 0,20 \left(\frac{80,0}{63,9} \right)^2 = 0,313 \text{ Mpa}.$$

12) SI tizimda yordamchi C_2 qiymatini 35–ilova bo'yicha aniqlanadi.

$$C_2 = \frac{Q_{m\cdot pr}}{0,0125 \cdot D^2 \sqrt{\rho}} = \frac{80}{0,0125 \cdot 0,2185^2 \sqrt{29,35}} = 278,5.$$

13) Yordamchi C_2 kattalik asosiy birliklar sistemasi RD 50-213-80 da

$$C_2 = 0,319 \cdot 278,5 = 88,8.$$

14) Bosimning yo'l qo'yilgan yo'qolishi $P_{d\cdot p}$ ni asosiy birliklar tizimi RD da 7 – jadval bo'yicha topamiz.

$$P_{d\cdot p} = 0,313 \cdot 10^6 \cdot 1,01972 \cdot 10^{-5} = 3,19 \text{ kg/sm}^2.$$

15) Bosimning chegaraviy nominal farqi P_n asosiy birliklar tizimida nomogramma bo'yicha (32 - ilova) topiladi:

$$\Delta P_n = 6,3 \text{ kgk/sm}^2.$$

16) m va m_1 uchun birinchi yaqinlashishni nomogramma bo'yicha topiladi (32 - ilova): $m_1 = 0,505$

17) SI tizimidagi bosimning chegaraviy nominal farqiga mos bosim farqi ΔP_n ni 7 – jadval bo'yicha SI tizimiga o'tkazamiz:

$$\Delta P_n = 6,3 \cdot 98,0665 \cdot 10^3 = 0,618 \text{ MPa}.$$

18) SI tizimida chegaraviy nominal bosim farqini seriyalab chiqarilayotgan difmanometrlar uchun GOST 1810 – 77 ning 12.1.3 punktiga ko‘ra tanlanadi:

$$\Delta P_n = 0,40 \text{ MPa} .$$

19) Bosimning maksimal farqi ΔP toraytiruvchi qurilmada $\rho' \leq 14 \text{ kg/m}^3$ zichlikka ega bo‘lgan modda sarfini membranali difmanometr bilan o‘lchaganda aniqlanadi:

$$\Delta P = \Delta P_n = 0,40 \text{ MPa} .$$

20) Reynolds sonini 35 – ilovadagi hisoblaymiz:

$$Re = 1,2744 \frac{Q_0 \cdot P}{D \cdot \mu} = 1,2744 \cdot \frac{80 \cdot 29,35}{0,2185 \cdot 297 \cdot 10^{-6}} = 15,71 \cdot 10^6 .$$

V. Toraytiruvchi qurilma parametrlarini topish:

21) Bug‘ning toraytiruvchi qurilmadan o‘tganda zichligining o‘zgarishini hisobga oladigan bug‘ kengayish koefitsiyenti 35 – ilovaning (59) formulasi bo‘yicha topiladi[10]:

$$\begin{aligned} \varepsilon_D &= 1 - 10^4(0,41 + 0,35m^2) \frac{\Delta P}{P \cdot H} = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot 0,505^2) \times \\ &\quad \times \frac{0,40}{9,807 \cdot 1,268} = 0,9839 ; \end{aligned}$$

22) Yordamchi kattalik $\frac{C_2}{\sqrt{\Delta P}}$ ni 35 – ilovaning formulasi bo‘yicha topamiz:

$$\frac{C_2}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{278,5}{\sqrt{0,40 \cdot 10^6}} = 0,440 .$$

VI. Toraytiruvchi qurilma kirish qirrasining to‘mt qilashuviga tuzatma koefitsiyenti K_p ni hisoblash:

23) n , b va a koefitsiyentlarni topamiz:

$$\begin{aligned} n &= 4,25 + 142,94(C - 0,05)^{1,92} \\ &= 4,25 + 142,94 \cdot (0,2185 - 0,05)^{1,92} = 8,930 ; \\ b &= 0,0020 + 0,2558 \cdot C - 1,68 \cdot C^2 + 2,867 \cdot C^3 = \\ &= 0,0020 + 0,2558 \cdot 0,2185 - 1,68 \cdot 0,2185^2 + 2,867 \cdot 0,2185^3 \\ &= 0,0759 . \\ a &= 1 + 0,011 \exp[-55,2(0,2185 - 0,05)^{1,3}] = \\ &= 1 + 0,011 \exp[-55,2(0,2185 - 0,05)^{1,3}] = 1,00005 ; \end{aligned}$$

24) Tuzatma koefitsiyenti K_p ni qiymatini topamiz:

$$K_p = a + b \cdot \exp[-n(m - 0,05)] = 1,00005 + \\ + 0,00759 \cdot \exp[-8,930(0,505 - 0,05)] = 1,00013 ;$$

25) Sarf koefitsiyenti α_u hisoblanadi:

$$\alpha_u = \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}} \left[0,5959 + 0,0312 \cdot m^{1,05} - 0,1840 \cdot m^4 + 0,0029 \times \right. \\ \left. \times m^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{Re} \right)^{0,75} \right] \cdot K_{sh} K_{mp} = \\ = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,505^2}} \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,505^{1,05} - 0,1840 \cdot \right. \\ \left. \cdot 0,505^4 + 0,0029 \times 0,505^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{15,71 \cdot 10^6} \right)^{0,75} \right] \cdot \\ \cdot 1,00018 \cdot 1,00013 = 0,6944 ,$$

bunda K_{sh} – truboprovodning g‘adir-budirlik koefitsiyenti.

26) Yordamchi kattalikni $F_1 = m_1 \alpha_y \varepsilon_1$ hisoblaymiz:

$$F_1 = 0,505 \cdot 0,6944 \cdot 0,9839 = 0,345 ;$$

27) Nisbiy og‘ish δ_1 ni quyidagi formula bilan topamiz:

$$\delta_1 = \left(\frac{F_1}{C_2 / \sqrt{\Delta P}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,345}{0,440} - 1 \right) \cdot 100\% = -21\%$$

28) $|\delta| > 0,2\%$ tengsizlik o‘rinli bo‘lgani uchun m ni topish jarayoni davom ettiriladi. F soni 22 – bandda topilgan $C_2 / \sqrt{\Delta P}$ dan kichik bo‘lgani uchun navbatdagi bosqichda m_2 ni 0,505 dan katta qilib tanlaymiz;

29) m_2 ni $m_2 = 0,6044$ deb tanlaymiz;

30) Toraytiruvchi qurilma kirish qirasi to‘mtlashuviga tuzatma koefitsiyent K_p ni (22) formula bo‘yicha topamiz:

$$K_{p2} = 1,00005 + 0,00759 \exp[-8,930(0,6044 - 0,05)] = 1,00010$$

31) Sarf koefitsiyenti α_{y2} ni topamiz: $\alpha_{y2} = 0,7405$;

32) Kengayish koefitsiyenti ε_2 ni topamiz:

$$\varepsilon_2 = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot 0,6044^2) \cdot \frac{0,40}{9,807 \cdot 1,268} = 0,9827;$$

33) Yordamchi kattalikni topamiz:

$$F_2 = m_2 \alpha_{y2} \varepsilon_2 = 0,6044 \cdot 0,7405 \cdot 0,9827 = 0,4398;$$

34) Nisbiy og'ishni topamiz:

$$\delta_2 = \left(\frac{F_2}{C_2 / \sqrt{\Delta P}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,4398}{0,440} - 1 \right) \cdot 100\% = -0,03 \%$$

Endi $|\delta| < 0,2\%$ tengsizlik o'rinli bo'lgani uchun m ni topish jarayoni yakunlanadi:

$$m = m_2 = 0,6044; \alpha = \alpha_{y2} = 0,7405 \text{ va } \varepsilon = \varepsilon_2 = 0,9827$$

qiymatlar uzil-kesil hisoblanadi;

35) Reynoldsning minimal sonini 35 – ilovaning formulasi bo'yicha topamiz:

$$Re = 1,2744 \cdot \frac{Q_{m \min}}{D \cdot \mu} = 1,2744 \cdot \left(\frac{50}{0,2185 \cdot 29,7 \cdot 10^{-6}} \right) = 9,819 \cdot 10^6.$$

36) $Re_{\min}$ ning minimal joiz qiymatini $m = m_2$ bo'lganda 5.11 – punktga ko'ra topamiz: $Re_{\min} = 2 \cdot 10^4$

$$Re > Re_{\min} (9,819 \cdot 10^6 > 2 \cdot 10^4) \text{ shart bajariladi};$$

37) Toraytiruvchi qurilma materialining issiqlikdan kengayishiga tuzatma K_t koefitsiyentini RD 50-213-80 ga metodik materialning 22 – bandiga ko'ra topamiz:

$$K_t = 1,00715;$$

38) Toraytiruvchi qurilma teshigi diametri d_{20} ni 20°C da quyidagicha hisoblaymiz:

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m} = \frac{0,2185}{1,00715} \sqrt{0,6044} = 0,1687 \text{ m.}$$

VII. Hisoblashlarni tekshirish:

39) Bosimning chegaraviy nominal farqiga mos sarf

$$Q_m^r = 1,1105 \cdot \alpha \cdot K_t^2 \cdot \varepsilon \cdot d_{20}^2 \sqrt{\rho \Delta P_n} = 1,1105 \cdot 0,7405 \cdot 1,00715^2 \cdot 0,9827 \cdot 0,1687^2 \cdot \sqrt{29,35 \cdot 400\,000} = 79,93 \text{ kg/s}.$$

40) Hisoblash xatoligini topamiz. Hisoblash xatoligi 0,2 % dan ortiq bo'lmazligi lozim:

$$\delta = \frac{Q_{mkr} - Q_m^r}{Q_{mkr}} \cdot 100\% = \frac{80 - 79,93}{80} \cdot 100\% = 0,088 \approx 0,1 \%.$$

Endi $\delta \approx 0,1 < 0,2 \%$ bo'lgani uchun hisoblashlar to'g'ri bajarilgan desa bo'ladi. Shu bilan qizdirilgan bug' sarfini o'lchash uchun toraytiruvchi qurilmani hisoblash protsessi tugaydi.

Sinov va nazorat savollari

1. Toraytiruvchi qurilmalar qaysi oraliqda qo'llaniladi?
2. Bosimlar farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlarda qaysi difmonometrlar keng qo'llaniladi?
3. Bosimlar farqi o'zgaruvchan sarfi o'lchagichlarning qanday asosiy afzalliklari bor?
4. Bu usulni qo'llashda qaysi shartlarni bajarishni talab qilinadi?
5. Standart toraytiruvchi qurilmalarning tuzilishi qanday?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. G.K. Vijayaraghavan., R.Rajappan., Engenering metrology and Measurements., For 5 th mechanical and automobile engineering (As per last Anna University Syllabus2008.
2. Ron S. Kennet, Emanuel Baker., Software Procces Quality^ Menagment and Control (Computer Aided Engineeringo, Taylor and Franes., 2005.
3. G.M.S.de Silva., Basic Metrology for ISO 9000 Certification (1st Editio)., Ships from and sold by Amazon.com. Gift-wrap available.,2002.
4. Ismatullayev P.R. va boshqalar. Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish. Darslik, -Toshkent, 2015, -423b.
5. Абдуллаев А.А. и др. Основы стандартизации, метрология, сертификации и управления качеством. -Ташкент, NIISPS, 2007.
6. Абдуллаев А.А. и др. Основы обеспечения единства измерений. -Ташкент, Узстандарт, 2005.
7. Фрайден Д.Ж. Современные датчики. Справочник. М:Техносфера, 2005.
8. Muxamedov B.E. Metrologiya, texnologik parametrlarni o‘lchash usullari va asboblari. –Toshkent: O‘qituvchi, 1991.
9. Yusupbekov N.R. va boshqalar. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish.-T.: O‘qituvchi, 2011.
10. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами РД 50-213-80.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. Mirziyoyev SH.M. Erkin va farovon, demokratik O‘zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining lavozimiga kirishish tantanali marosimiga bag‘ishlangan Oliy Majlis palatalarining qo‘shma majlisidagi nutqi. – T.:O‘zbekiston NMIU, 2016. - 56 b.
2. Mirziyoyev SH.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta’minlash – yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. O‘zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi qabul qilinganligining 24 yilligiga bag‘ishlangan tantanali marosimdagi ma’ruza 2016 yil. T.: O‘zbekiston NMIU, 2016. - 48 b.

3. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va oliyjanob xalqimiz bilan birga quramiz. –T.:NMIU, 2017. - 488 b.
4. O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha harakatlar strategiyasi to‘g‘risida. –T.: 2017. PF-4947-sonli Farmoni.
5. Дитрих. Х. «Проектирование и конструирование. Системный подход –М.: Прогресс, 2006.
6. Капралов Я.А. и др. Сборник задач по курсу «Основы конструирования приборов, установок и САПР ». М.: MIFI. 2003.
7. Конструирование приборов. В.Краузе. –Л:Машиностроение.
8. Милосердин Ю.А. «Основы конструирования измерительных приборов. – Л:Машиностроение. 2000г.
9. Оберган А.Н. Конструирование и технология средств измерений. Учебной пособие. –Томск: ТПИ. 2007. 96 стр.
10. Орлов П.П. Основы конструирования. –М.: Машиностроение. 2008.

Elektron resurslar

1. **[Http:www.gov.uz](http://www.gov.uz)** - O‘zbekiston Respublikasi Hukumat rasmiy sayti.
2. **[Http:www.lex.uz](http://www.lex.uz)** - O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi.
3. **[Http:www.standart.uz](http://www.standart.uz)** - “O‘zstandart” agentligi.
4. **[Http:www.smisiti.uz](http://www.smisiti.uz)** - Standartlashtirish, metrologiya va sertifikatlashtirish ilmiy tadqiqot instituti.
5. **[Http:www.easc.org.by](http://www.easc.org.by)** - Межгосударственный Совет стандартизации, метрологии и сертификации.
6. **[Http:www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)** - Ta’lim portali.
7. **[Http:www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)** - Butun Rossiya ta’lim portali.

MUNDARIJA

1-amaliy mashg'ulot. O'lchash asboblari konstruksiyalash bo'yicha asosiy tushunchalar.....	3
2-amaliy mashg'ulot. O'lchash asboblari shkala xarakteristikalarini. Konstruktorlik hujjatlarining yagona tizimi.....	6
3-amaliy mashg'ulot. O'lchash asboblari konstruksiyalari.....	13
4-amaliy mashg'ulot. O'lchash o'zgartkichlari konstruksiyalari...	16
5-amaliy mashg'ulot. Qurilmalar yaratishda modellashtirish.....	23
6-amaliy mashg'ulot. Texnik qurilmalarning yangi konstruksiyalarini ishlab chiqishni avtomatlashtirilgan usullari.....	33
7-amaliy mashg'ulot. O'lchash vositalarining fizikaviy tamoyillari.....	36
8-amaliy mashg'ulot. Texnik qurilmalarining ekspluatatsion xarakteristikalarini baholash.....	48
9-amaliy mashg'ulot. Konstruksiyalarning texnik hujjatlarini tayyorlash.....	57
10-amaliy mashg'ulot. Birlamchi o'lchash o'zgartkichlarni optimallashtirish masalalari.....	60
11-amaliy mashg'ulot. O'lchash asboblari xarakteristikalarini o'rganishga oid masalalar.....	67
12-amaliy mashg'ulot. O'lchash asboblari va qurilmalari uchun ALT larning iqtisodiy samaradorligini hisoblash.....	70
13-amaliy mashg'ulot. Datchiklarning asosiy xarakteristikalarini o'rganish.....	73
14-amaliy mashg'ulot. Datchiklarning maxsus xarakteristikalarini o'rganish.....	78
15-amaliy mashg'ulot. Harakat optik datchiklarining xarakteristikalarini.....	83
16-amaliy mashg'ulot. Mikroto'lqinli harakat detektorlari.....	93
17-amaliy mashg'ulot. Elektromagnit o'zgartkichlar konstruksiyalarini va ularni loyihalash.....	99
18-amaliy mashg'ulot. Optik o'zgartkichlar konstruksiyalari va ularni loyihalash.	109
19-amaliy mashg'ulot. Issiqlik o'zgartkichlari konstruksiyalari va ularni loyihalash.	118
20-amaliy mashg'ulot. Termoelektrik datchiklar.....	124
21-amaliy mashg'ulot. Termoelektrik datchiklarni loyihalash...	130
22-amaliy mashg'ulot. Qarshilikli termodatchiklari.....	136

23-amaliy mashg‘ulot. Gaz va suyuqlik sarfi datchiklarining xarakteristikalari.	140
24-amaliy mashg‘ulot. Gaz va suyuqlik sarfi datchiklarini loyihalash.	147
Foydalanilgan asosiy, qo‘shimcha va elektron adabiyotlar.	