

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

NAMANGAN MUHANDISLIK- TEXNOLOGIYA INSTITUTI



«OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYASI» kafedrası

«OZIQ-OVQAT INJINIRINGIDA MODELLASHTIRISH»

fanidan

O‘QUV USLUBIY MAJMUA

Bilim sohasi:	300 000 – Ishlab chiqarish texnik soha
Ta‘lim sohasi:	320 000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari
Ta‘lim sohasi	5321000 – Oziq-ovqat texnologiyasi (mahsulot turlari bo‘yicha)

Namangan -2020

Ushbu o‘quv uslubiy majmua Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 02.05.2019 yildagi 394-sonli buyrug‘i bilan 5321000- Oziq-ovqat texnologiyasi bakalavriatura ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun tasdiqlangan (BD-5321000-3.11) fan dasturi asosida tayyorlandi.

Muallif:

t.f.n., dos. A.Xamdamov

Taqrizchilar:

t. f. n. X.Xoshimov (NamMTI dosenti)
M.Jamalxanov – (Namangan tola-tekstil
MChJ, syex boshlig‘i)

O‘quv-uslubiy majmua Namangan muxandislik-texnologiya instituti Kimyoviy texnologiya kafedrasining “___” _____ 2020 yil “___” - sonli majlisida ko‘rib chiqilgan va tavsiya etilgan.

O‘quv-uslubiy majmua Namangan muxandislik-texnologiya instituti Kimyo-texnologiya fakulteti uslubiy kengashining “___” _____ 2019 yil “___” - sonli majlisida ko‘rib chiqilgan va tavsiya etilgan.

O‘quv-uslubiy majmua Namangan muxandislik-texnologiya instituti Ilmiy-uslubiy kengashining “___” _____ 2020 yil “___” - sonli majlisida ma’qullangan.

MUNDARIJA

- I. O'QUV MATERIALLAR**
- II. MUSTAQIL TA'LIM MASHG'ULOTLARI**
- III. GLOSSARIY**
- IV. ILOVALAR**

I. O'QUV MATERIALLAR

MODULNI O'QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA'LIM METODLARI

1. **Blum savollari.** Kuzatishlar va pedagogik adabiyotlarni tahlil qilish shu narsani tasdiqlaydiki, talabalarning fikrlash qobiliyatini rivojlantirishning muhim omili – o'qituvchining ularga va talabalarning birbiriga beradigan savollaridir. Yana ta'kidlanishicha, o'qituvchi tomonidan o'quvchilarga beriladigan savollarning 80 – 85 foizi, faqat daliliy bilimlarni talab qilib, ularga javob berishda xotirada qolganlarini takroran so'zlash (bajarish) berish bilangina cheklaniladi. Bunday sharoitda talabalar o'zlashtirgan bilimlar ko'p holda kitobiy bo'lib, ularni amalda qo'llashda jiddiy qiyinchiliklarga duch kelinadi.

Qanday savolni fikrlash qobiliyatini rivojlantiruvchi savollar qatoriga qo'shish mumkin? Fikrimizcha, to'g'ri javobi o'quv adabiyotlarda (darslik, qo'llanma, maruzalar matni va h.k.) yaqqol bayon etilmagan savollargina talabani fikrlashga majbur qiladi.

Bunday savollarga jahon pedagogikasida «Blum savollari» nomi bilan mashhur bo'lgan, o'zlashtirishning oltita: bilish, tushunish, qo'llash, tahlil, sintez va baholash darajalariga muvofiq bo'lgan savollar misol bo'lishi mumkin. Masalan: «Nima uchun?», «Taqqoslang?», «Tarkibiy qismlarga ajrating?», «Eng muhim xususiyatlari nima?», «Buni siz qanday hal qilgan bo'lardingiz?», «Bunga munosabatingiz qanday?» kabi savollar talabalarni yuqori intellektual amallar (tahlil, sintez, baholash) darajasida fikrlashga undaydi. Yoki, matndan parcha o'qib bo'lgandan so'ng, talabalarni fikrlashga undovchi quyidagi savollarni berish ham maqsadga muvofiqdir: «Bu parchaga qanday sarlavha qo'yish mumkin?», «Parchadan uning mazmunini to'lato'kis anglatuvchi beshta tayanch so'z toping?», «Siz muallifga qanday savol bergan bo'lardingiz?». O'qituvchining talabalarga beradigan savoli to'g'risida fikr yuritilar ekan, uning aniq, lo'nda, tushunarli va ixcham bo'lishi hamda bir savol bilan faqat bitta o'quv elementi (tushuncha, qonun, qoida va h.k.) so'ralishi zarurligini alohida ta'kidlash lozim. Berilgan savollar

mazmunida mavzuga yoki matnga oid tayanch soʻz va iboralardan foydalanish ham muhimdir.

2. Mikroguruhlarda ishlash. Uning mohiyati shundaki, guruh talabalari 4 – 8 kishidan iborat mikroguruhga boʻlinadi. Mikroguruh darsning tashkiliy qismida raqamli yoki harfli kartochkalar yordamida shakllantiriladi va alohida ish oʻrinlariga oʻtiradilar. Barcha mikroguruhga bir xil yoki har biriga alohida topshiriq beriladi. Mikro guruh aʼzolari oʻzaro fikr almashib, topshiriqni mustaqil echishlari zarur. Oʻqituvchi mikroguruhni oralab, ularga (har bir talabaga ham) topshiriqni bajarish uchun yoʻllanma va maslahatlar berib boradi. Mikroguruh tarkibi va sardorlari har bir topshiriq hal qilingandan soʻng yoki navbatdagi mashgʻulotda almashtirilishi maqsadga muvofiq boʻladi. Mikroguruhlarda ishlash strategiyasining ahamiyati shundaki, unda topshiriqni bajarishda barcha talabalar ishtirok etadi va ularning har biri sardor boʻlish imkoniyatiga ega boʻladi. Oʻqituvchi esa, har bir talaba bilan yakka tartibda ishlash uchun koʻproq imkoniyatga ega boʻladi.

3. Insert (Interactive Nothing Sustem for Effective Reading and Thinking) usuli – asosan oʻquv material (matn) ni mustaqil oʻqib, oʻzlashtirishda qoʻllaniladi. Uning mazmuni, oʻqish jarayonida matnning har bir satr boshi (yoki qismi)ni avval oʻzlashtirilgan bilim va tajribalar bilan taqqoslash va uning natijasini varaqning chap qirgʻogʻiga quyidagi maxsus belgilarni qoʻyish bilan aks ettirishdan iborat:

« v » – belgi, agar oʻqiyotganingiz, sizni u haqda bilganingiz yoki bilishingiz toʻgʻrisidagi fikringizga mos, yaʼni oʻqiyotganingiz sizga tanish boʻlsa qoʻyiladi;

« – » – belgi, agar oʻqiyotganingiz, siz bilganga yoki bilishingiz toʻgʻrisidagi fikringizga zid boʻlsa qoʻyiladi;

« + » – belgi, agar oʻqiyotganingiz, siz uchun yangi axborot boʻlsa qoʻyiladi;

« ? » – belgi, agar oʻqiyotganingiz sizga tushunarli boʻlmasa yoki siz bu haqda batafsilroq maʼlumot olishni hohlasangiz qoʻyiladi.

Matnni oʻqish jarayonida uning chap qirgʻogʻiga oʻzingizning tushunishingiz va bilishingizga mos keladigan toʻrt xil belgi qoʻyib chiqasiz. Bunda har bir qator

yoki taklif etilayotgan g'oyaga belgi qo'yish shart emas. Bu belgilarda siz o'qiyotgan axborot to'g'risidagi o'zingizning yaxlit tasavvuringizni aks ettirishingiz kerak. SHuning uchun ham, har bir satr boshiga bir yoki ikkita, ba'zan esa, bundan ko'p yoki oz belgilar qo'yilgan bo'lishi mumkin. Demak, «insert» usuli bo'yicha belgilar qo'yish, matnning har bir satr boshini anglashni talab qiladi hamda matnni tushunib borilishida o'zini o'zi kuzatib borilishini ta'minlaydi. SHunday qilib, o'quvchilar axborotni ongli ravishda o'zlashtirishlari uchun ular matnni tushunishlarini o'zlari kuzatib borishlari zarur. Bunda, ular mulohaza yuritadilar, ya'ni yangi axborotni o'z tajribalari bilan, o'qiyotganini oldindan unga ma'lum bo'lgan bilimlar bilan o'zaro bog'liqligini aniqlaydilar. Matn mazmunini ongda qayta tasavvur etish va uni «ixchamlash» sodir bo'ladi. Bu esa, tushunishning uzoq muddatli xarakterga ega bo'lishini ta'minlaydi.

4. Sinkveyn (axborotni yig'ish) usuli – RWCT loyihasida o'rganilayotgan materialni yaxshiroq anglash uchun qo'llaniladigan usullaridan biri bo'lib hisoblanadi. Sinkveyn (frantsuzcha) besh qatorli o'ziga xos, qofiyasiz she'r bo'lib, unda o'rganilayotgan tushuncha (hodisa, voqea, mavzu) to'g'risidagi axborot yig'ilgan holda, o'quvchi so'zi bilan, turli variantlarda va turli nuqtai nazar orqali ifodalanadi. Sinkveyn tuzish – murakkab g'oya, sezgi va hissiyotlarni bir nechtagina so'z bilan ifodalash uchun muhim bo'lgan malakadir. Sinkveyn tuzish jarayoni mavzuni yaxshiroq anglashga yordam beradi.

Sinkveyn tuzish qoidasi:

1. Birinchi qatorda mavzu (topshiriq) bir so'z (ot) bilan ifodalanadi.
2. Ikkinchi qatorda mavzuga oid ikkita sifat bilan ifodalanadi.
3. Uchinchi qatorda mavzu doirasidagi hattiharakatni uchta so'z bilan ifodalanadi.
4. To'rtinchi qatorda mavzuga nisbatan (assotsiatsiya) munosabatni anglatuvchi va to'rtta so'zdan iborat bo'lgan fikr (sezgi) yoziladi.
5. Oxirgi qatorga mavzu mohiyatini takrorlaydigan, ma'nosi unga yaqin bo'lgan bitta so'z yoziladi.

Misol uchun, « bug'latgich» tushunchasiga oid axborotni yoyish va umumlashtirishni sinkveyn tuzish qoidasi asosida ko'rib chiqamiz.

- | | | |
|----|---------|---|
| 1. | — | bug'latgich |
| 2. | — — | davriy, uzluksiz |
| 3. | — — — | maxsulot erituvchisini bug'latadi |
| 4. | — — — — | Jem, povidla, quyultirilgan sut, pasta |
| 5. | — | Suvsizlantirish |

Tuzilgan cinkveynni baholar ekanmiz, tuzuvchi bu jarayonda ikkinchi qatorga o'quvchi vazifasining eng muhim xossalarini anglatuvchi bir juft sifatni o'ylab turish zarur, degan mulohaza qilish mumkin. Buni javobini bir necha xil variantlarini o'ylab

topib, so'ngra ulardan eng muvofiq'ini ajratib olish bilangina uddalash mumkin. Xuddi shuningdek, boshqa qatorlarga yoziladigan so'zlar ham jadallik bilan fikrlash natijasida izlab topiladi. Bu esa, «seyalka» tushunchasining ma'nosini puxtaroq anglashga olib keladi.

5. “Aqliy hujum” – (Brain Storming) usuli universal qo'llanish xarakteriga ega. Bu usul birinchi bo'lib 1933 yilda Obara (AQSH) tomonidan qo'llanilgan. «Miyaviy hujum» ning vazifasi mikroguruh yordamida yangiyangi g'oyalarni yaratishdir (mikroguruhning yaxlitligidagi kuchi uning alohida a'zolarining kuchlari yig'indisidan ko'p bo'ladi). “Miyaviy hujum” muammoni hal qilayotgan kishilarning ko'proq, shu jumladan aql bovar qilmaydigan va hatto fantastik g'oyalarni yaratishga undaydi. G'oyalar qancha ko'p bo'lsa, ularning hech bo'lmaganda bittasi ayni muddao bo'lishi mumkin. Bu “miyaviy hujum” ning negizidagi tamoyildir.

«Miyaviy hujum» quyidagi qoidalar bo'yicha o'tkaziladi:

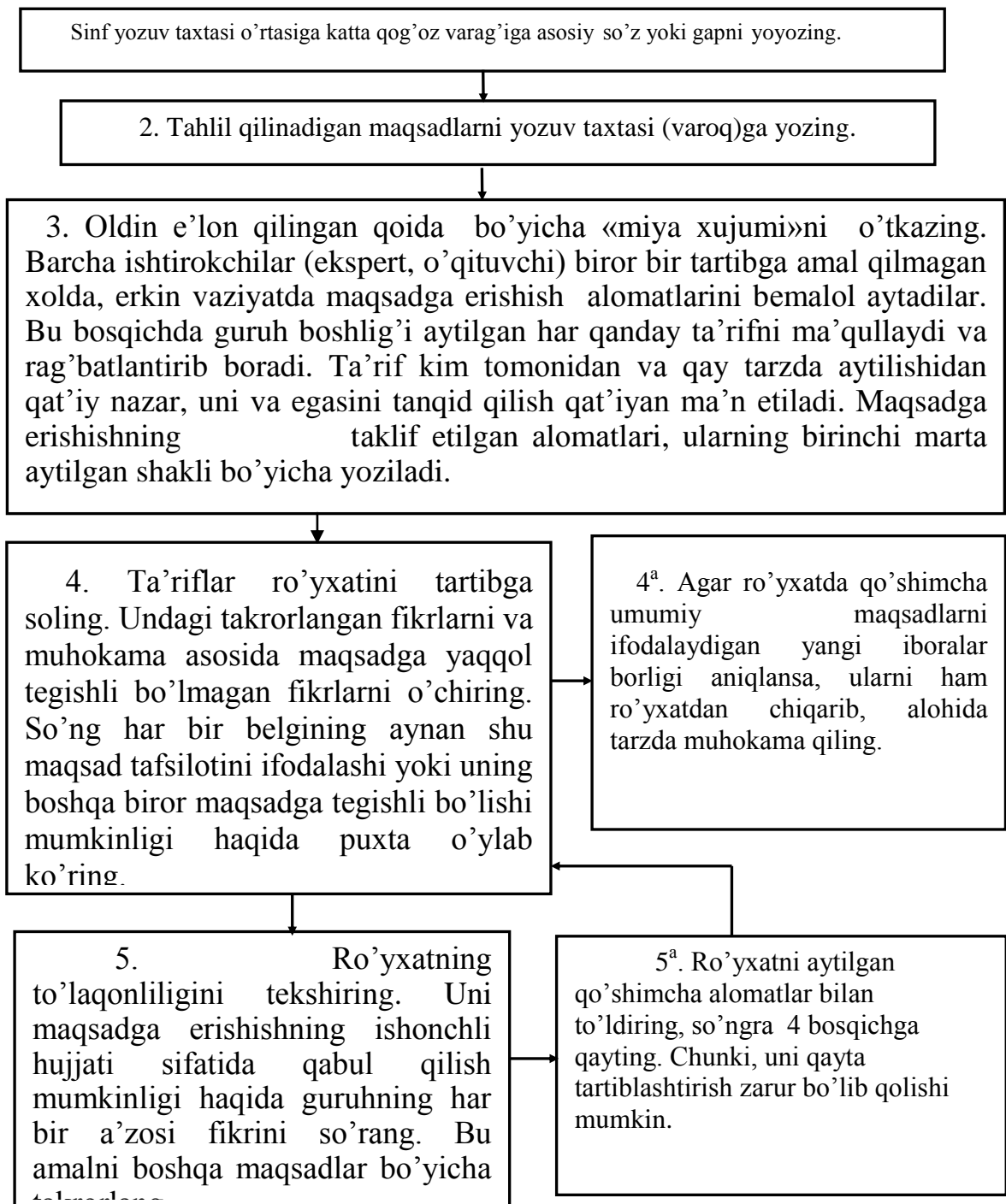
- fikr hech qanday cheklanmagan holda, iloji boricha balandroq ovozda aytilishi lozim;
- har qanday fikrni aytish mumkin, u qabul qilinadi.
- g'oyalarga tushuntirish berilmaydi, ular vazifaga bevosita bog'liq holda aytiladi;
- takliflar berish to'xtatilmaguncha, aytilgan g'oyalarni tanqid yoki muhokama qilishga yo'l qo'yilmaydi;
- ekspert guruhi barcha aytilgan takliflarni yozib boradi.

“Miyaviy hujum” to'xtatilgandan so'ng, ekspertlar guruhi aytilgan barcha g'oya (fikr) larni muhokama qilib, eng maqbulini tanlaydi.

“Miyaviy hujum” ni ma'ruzalarda yakka tartibda yoki juftlik (uchlik) da, amaliy va seminar mashg'ulotlarda esa, 4 – 8 kishidan iborat mikroguruhlarda, shuningdek, guruh bo'yicha ham o'tkazish mumkin. Miyaviy hujum mashg'ulotlarda talabalar faolligini oshirishga, charchoqni yo'qotishga, barchani mavzuning eng maqbul echimini izlashga sharoit yaratadi. Pedagogik texnologiya asosida mashg'ulotning maqsad va vazifalarini belgilashda «miyaviy hujum» o'tkazish algoritmi 5rasmda ifodalangan.

6. Klaster «axborotni yoyish» usuli. «Klaster» so'zi g'uncha, bog'lam ma'nosini anglatadi. Klasterlarga ajratish interfaol ta'lim strategiyasi usuli bo'lib, u ko'p variantli fikrlashni, o'rganilayotgan tushuncha (hodisa, voqea) lar o'rtasida aloqa o'rnatish malakalarini rivojlantiradi, biror mavzu bo'yicha talabalarni erkin va ochiqdanochiq fikrlashiga yordam beradi. Klasterlarga ajratishni da'vat, anglash va mulohaza qilish bosqichlaridagi fikrlashni rag'batlantirish uchun qo'llash mumkin. Asosan, u yangi fikrlarni uyg'otish va muayyan mavzu bo'yicha yangicha fikr yuritishga chorlaydi.

Klasterlar tuzish ketma-ketligi quyidagicha:



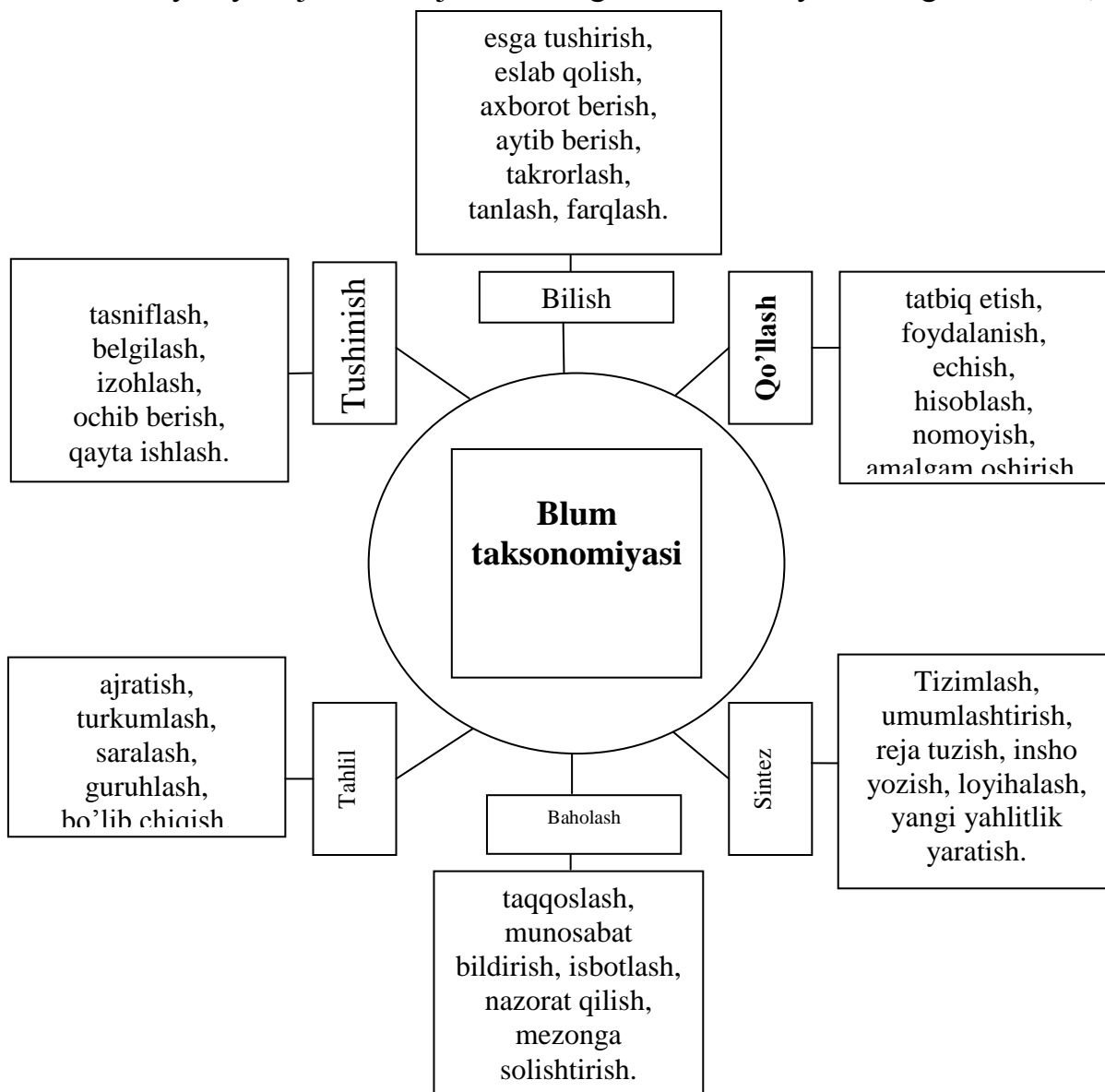
1- rasm. Identifikatsiyalanuvchi o'quv maqsadlarini guruhda ishlab chiqish (Klarin M.V. 1997).

- Sizni fikringizcha bu mavzuga tegishli bo'lgan so'zlar yoki gaplarni yozing (miya hujumi) ni o'tkazing.

- Tushuncha va g'oyalarni to'g'risidagi o'zaro bog'lanishini o'rnatish.
- Eslagan variantlarningizning hammasini yozing.

Klaster tuzishda guruhdagi barcha talabalarning ishtirok etishi, bu guruhda paydo bo'lgan g'oyalarning o'zagini aniqlashni ta'minlaydi. «Blum taksonomiyasi toifalariga oid fe'llar tanlash» mavzusi bo'yicha klaster tuzishni misol keltiramiz.

I. «Miyaviy hujum» natijasida olingan fe'llar ro'yxati: esga tushirish, tatbiq



2-rasm. Blum taksonomiyasi toifalariga oid fe'llar tanlash bo'yicha namunaviy klaster.

etish, tizimlash, tashhishlash, ajratish, tasniflash, eslab qolish, foydalanish, umumlashtirish, munosabat bildirish, turkumlash, belgilash, axborot berish, echish, reja tuzish, isbotlash, saralash, izohlash, tanlash, aytib berish, hisoblash, namoyish etish, insho yozish, loyihalash, nazorat qilish, mezonga solishtirish, guruhlash, ochib berish, qayta ishlash, izohlash, takrorlash, amalga oshirish, yaxlitlik hosil qilish, ochib berish, qayta ishlash. II. Fe'llarni Blum taksonomiyasi toifalariga muvofiqlarini turkumlab,

quyidagi klasterni tuzish mumkin (6 rasm).

Klaster tuzishni mashg'ulotni **anglash fazasida** qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Chunki, bu fazada o'quvchi o'quv materialini nafaqat mustaqil va faol o'zlashtirishi, balki o'z tushunishlarini ham kuzatib borishlari hamda klaster tarkibidagi asosiy tushuncha va munosabatlar o'rtasidagi bog'lanishlarni aniqlashi zarur bo'ladi.

7. Grafik tashkilotchilar. Bu – biror o'quv materialini o'zlashtirishda, undagi fikrlash jarayonini ko'rgazmali tasvirlash usullari bo'lib hisoblanadi. YUqorida bayon qilingan «klaster» dan tashqari, grafik tashkilotchilarning yana uchta, juda samarali usullari mavjud. Bular – kontseptual jadval, Tsxema va Venn diagrammasidir.

a) **Kontseptual jadval.** Bu usul uch yoki undan ko'p jihat yoki ko'rsatkichlarni taqqoslashda juda yaxshi samara beradi. Jadval quyidagicha tuziladi: gorizontaal bo'yicha taqqoslanadigan tushunchalar, vertikal bo'yicha esa, ularning taqqoslanadigan turli jihat va xossalari joylashtiriladi. Kasblarning psixologik turkumlanishi mavzusiga oid kontseptual jadvalni 7-rasmdagidek tasvirlash mumkin.

Kasbiy muhit / SHaxs tipi	R	I	S	K	T	B	SHartli belgilar: (+ +) – shaxs tipi atrofmuhitga juda yaxshi moslashadi. (+) – shaxs tipi atrofmuhitga yaxshi moslashadi. () – shaxs tipi atrofmuhitga umuman moslasha olmaydi. () – shaxs tipi atrofmuhitga etarli darajada moslanmaydi. <i>Konventsiya</i> – biror maxsus masala bo'yicha bitim, kelishuv, shartnoma).
Realistik (R)	+	+	--	+	-	-	
Intellektual (I)	+	++	-	+	--	+	
Sotsial (S)	--	-	++	-	+	+	
Konveksion (K)	+	-	-	++	+	-	
Tadbirkor (T)	-	--	+	-	++	-	
Badiiy (B)	-	+	+	+	-	+	

3-rasm. Shaxs tipi va kasb faoliyatidagi muhit o'rtasidagi bog'lanish.

Kontseptual jadvalda o'zlashtirilayotgan o'quv materialining ancha qismi ixcham tarzda ifodalanadi. Bunday jadval mashg'ulotning metodik ta'minotini yanada boyitadi. Muayyan matn bo'yicha kontseptual jadvallarni mikroguruhlarda miyaviy hujumdan foydalanib tuzish va ularni guruh bo'yicha muxokama qilib, eng maqbul variantini qabul qilish amaliy mashg'ulotlarning **anglash fazasida** yaxshi natija berishi mumkin.

Kontseptual jadval yordamida bir necha kasb yoki mutaxassisliklarni taqqoslash ham mumkin. Dars davomida o'tkazilayotgan munozara davomida o'quvchilarga kontseptual jadval tuzish topshirig'ini berish tavsiya etiladi. Bunday jadval tuzishni uyga vazifa berish esa talabalarning mustaqil bilish faoliyatini yanada samarali bo'lishini ta'minlaydi.

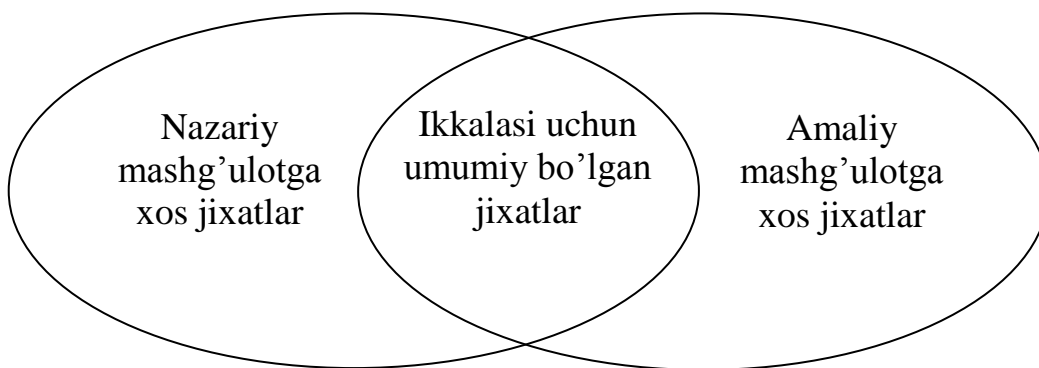
b) **Tsxema.** Interfaol ta'limning bu vositasi qiyosiy kattaliklar («Ha»/«Yo'q», «Roziman»/«Qarshiman») ning universal tashkilotchisi bo'lib, birbiridan keskin farq qiluvchi yoki qaramaqarshi, ba'zan turlicha mezonlar bilan farq qiluvchi fikrlarni ko'rgazmali va ixcham tarzda

tasvirlashga qulaylik yaratadi. «Interfaol usullardan foydalanib o'qitishga munosabat» mavzusiga oid Tsxemani 8 rasmdagidek tasvirlash mumkin.

Roziman («Ha»)	Qarshiman («Yo'q»)
<ul style="list-style-type: none"> • Talabalar fikrlash qobiliyati rivojlanadi; • Axborot munozaralar orqali o'zlashtiriladi; • Talabalar faollashadi; 	<ul style="list-style-type: none"> • O'qituvchining mavqei pasayadi; • O'qituvchilar va talabalar bunga tayyor emas; • Xalq pedagogikasi e'tiborga olinmagan;

4-rasm. "Interfaol usullarda o'qitishga munosabatim" mavzusi bo'yicha tuzilgan Tsxema.

s) **Venn diagrammasi.** Bu vosita ikki yoki undan ortiq tushunchalarning o'ziga xos va umumiy jihatlarini tahlil qilish va umumlashtirishda qo'llaniladi. Bunda o'ng va chap aylanalarga tushunchalarning o'ziga xos jihatlari, doiralarning kesishgan sohasiga esa, ular uchun umumiy bo'lgan jihatlar yoziladi. Masalan, «nazariy mashg'ulot» va «amaliy mashg'ulot» tushunchalari uchun Venn diagrammasi 9rasmdagi ko'rinishga ega bo'ladi:



5-rasm. Venn diagrammasi namunasi.

Bunday Venn diagrammasini jadval ko'rinishida ham ifodalash mumkin (9-rasm):

Nazariy mashg'ulotga xos jihatlar	Ikkalasi uchun umumiy bo'lgan jihatlar	Amaliy mashg'ulotga xos jihatlar
<ol style="list-style-type: none"> 1. Nazariy (kognitiv) bilimlar beriladi. 2. Asosan o'qituvchi olib boradi. 3. Fan uchun jihozlangan xonada o'tkaziladi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aniq maqsadga yo'naltirilgan. 2. Vaqti chegaralangan. 3. Dars jadvali asosida o'tiladi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Psixomotorik xarakterdagi ko'nikmalar shakllantiriladi. 2. Nazariy mashg'ulotdan keyin o'tiladi. 3. Trenajyorlardan foydalaniladi.

6-rasm. Jadval ko'rinishida tasirlangan Venn diagrammasi.

8. **Kubik usuli.** Bu usul ko'rilayotgan masalani turli tomondan, qadambaqadam, osondan qiyinga tomon yo'nalishda tasavvur etish imkonini beradi. Kubikning har bir tomoni muayyan topshiriqni ifodalaydi:

- Bu nima? Ko'rayotgan narsaning rangi, o'lchamlari, shaklini tasavvur eting, eslang va

yozma ravishda ta'riflang?

- Taqqoslang: U nimaga o'xshaydi, nimadan farq qiladi?
- Assotsiatsiya. Taasurotingizni izohlang. U sizni nimalar ha qisida o'ylashga majbur qildi?

Xayolingizga nima keldi?

• Tahlil qiling. Bu nimadan va qanday yasalgan? Nimalardan tashkil topgan? Nimaga o'xshaydi yoki nimadan farq qiladi?

• Qo'llang: Bu nimaga yaraydi? Uni qaerda qo'llash mumkin?

• «Ha» va «Yo'q» larni asoslang. Bunda ishonchli dalillar va asoslovchi fikrlarni ayting.

«Kubik» usulini qo'llash bosqichlari.

• Mavzu (tushuncha) e'lon qilinadi.

• Talabalar) yakka tartibda ishlaydilar. Kubikning har bir tomoni bo'yicha topshiriq berilib, ularning javobi uchun 40 – 60 sekund vaqt ajratiladi.

• Yakka tartibda ishlash tugagandan so'ng javoblar guruhlarda muhokama qilinadi.

• «Kubik» savollariga javoblarni har bir mikrogruphdan bir vakil (sardor) taqdimot qiladi.

9. **Zigzag1.** Bu – o'zaro hamkorlikda (birgalikda) o'qish usuli bo'lib hisoblanadi. Uni o'tkazish metodikasi quyidagicha:

• Matn uning hajmiga bog'liq holda qismlarga bo'linadi. Talabalar matn qismlariga bog'liq bo'lgan holda 4 – 6 kishidan iborat mikrogruphlarga bo'linadi.

• Tinglovchilar o'z raqamlariga mos bo'lgan yangi (korporatsion) guruhlariga jamlanadilar.

Har bir guruh a'zosi matnning o'z raqamiga tegishli qismini (1raqamlilar birinchi qismini, 2raqamlilar ikkinchi qismini va h.k.) o'qib chiqadilar va o'qilgan qismni bayon etishning umumiy strategiyasini ishlab chiqadilar.

• Talabalar o'zlarining dastlabki guruhlariga qaytadilar va ularning har biri o'zi o'qigan matn qismini shunday bayon qilishi kerakki, guruh a'zolarida matnning to'la mazmuni bo'yicha yaxlit tasavvur hosil bo'lsin.

• Ayrim guruh a'zolari o'z fikrlarini bayon qilishlari mumkin.

10. **Zigzag2 usuli.** Bu – “Zigzag1” usulining o'zi, lekin undan farqi – tinglovchilarga taqdim etilgan matnning har bir qismi bo'yicha aniq topshiriq (savol) beriladi. Ular o'z guruhlariga qaytganlaridan so'ng, berilgan topshiriqlar bo'yicha fikrlarini so'zlab beradilar. Ayrim guruh a'zolari o'z fikrlarini bayon qiladilar.

11. **Yozuv malakalarini rivojlantiruvchi interfaol usullar.** Bunday usullar ham inson fikrlash qobiliyatini rivojlantirishda muhim rol o'ynaydi. Ular norasmiy fikr va qiyofalarni qayd qilish, har tomonlama ko'rib chiqulmaguncha saqlab turish va ularni yanada aniqroq ifodalashga imkon beradi. YOzma nutqni rivojlantirishning quyidagi usullariga to'xtalamiz:

a) **Esse.** Esse (frantsuzcha: tajriba, dastlabki loyiha) shaxsning biror mavzu bo'yicha yozma ravishda ifodalagan dastlabki mustaqil erkin fikri. Bunda tinglovchi o'zining mavzu bo'yicha taasurotlari, g'oyasi va qarashlarini erkin bayon qiladi. Esse yozishda xayolga kelgan dastlabki fikrlarini zudlik bilan qog'ozga tushirish, iloji boricha ruchka (qalam) ni qog'ozdan uzmasdan – to'xtamasdan yozish, so'ngra matnni qayta tahlil qilib, takomillashtirish tavsiya etiladi. Mana shundagina yozilgan essening haqqoniy bo'lishi e'tirof etilgan. Esseni muayyan mavzu, tayanch tushuncha yoki erkin mavzuga bag'ishlab yozish tavsiya etiladi.

v) **Asoslovchi esse** – bu shunday esseki, unda muallif biror mavzu bo'yicha muayyan nuqtai nazarga ega bo'lib, esse mazmunida uni himoya qiladi, buning uchun bir qator asoslovchi dalillar keltiriladi.

s) **Texnik diktant** – texnikaga oid matndagi gaplar ulardagi ayrim so'zlar, formula yoki biror fikrni tushirib qoldirilgan holda diktovka qilinadi (yoki magnitofonda eshittiriladi). O'quvchilar har bir bo'sh qolgan joyga oid javoblarni o'zlari ochib yozib boradilar. Texnik diktantni barcha fanlarda qo'llash tavsiya etiladi.

d) **Taqriz** – bu o'qilgan matnni ijobiy yoki salbiy nuqtai nazardan baholashdir. Taqriz yozishda quyidagilarga e'tibor berish zarur:

❖ taqrizda matnni o'qigan kishining bu haqdagi shaxsiy fikri bayon etilishi lozim, matndan ko'chirib yozish yoki uni qayta ta'riflash qabul qilinmagan;

- ❖ taqriz matnini o'qigan kishi shaxsiy tajribasining qaysi jihatlarida namoyon bo'lganligini ko'rsatishi, u xolisona bo'lishi lozim;
- ❖ taqriz muallif bilan muloqotga kirishning boshlang'ich bosqichi bo'lib hisoblanadi;
- ❖ taqrizda bir necha baholovchi fikrlar, masalan, «Bu maqola foydali, chunki menga», «Bu maqola (kitob) menga yoqdi, chunki.....», «Muallif bilan mening fikrim bir xil (bir xil emas), chunki»;
- ❖ taqriz yozishda quyidagi ketmaketlikka amal qilinadi: maqola (kitob) muallifi nomi, mavzusi, tuzilishi va bayon etilish uslubi, ijtimoiy ahamiyati, beg'araz tanqidiy fikrlar va yakunlovchi xulosa.

e) **Portfolio** – inglizcha so'z bo'lib, portfel yoki portfellar to'plami degan ma'noni anglatadi. Portfolio har bir talaba tomonidan muayyan kurs, semestr davomida yuritiladi. Unda talabani baholash shakllari – joriy, oraliq va mustaqil ish bo'yicha bajarigan topshiriqlari va ularga o'z vaqtida qo'yilgan ballari jamlab boriladi. Portfolio talabani semestr kurs va o'quv muddati davomidagi o'zlashtirishlarini va mustaqil ish topshiriqlarini muntazam ravishda bajarib borganligi to'g'risidagi daliliy hujjat bo'lib hisoblanadi. Portfolio pedagogik jarayonda o'qituvchiga talabalar erishayotgan o'quv yutuqlari monitoringini yurgizish imkoniyatini yaratadi hamda o'zlashtirish ballarining xaqqoniyligi va ishonchliligini ta'minlaydi; talabaga esa, o'z bilim saviyasi ortayotganligini hamda shaxsining rivojlanayotganligini o'zi kuzatib borishga imkoniyat yaratadi [8, 9 – 20bb.].

“CASE STUDY” USLUBI

“**Casestudy**” inglizcha ibora bo'lib, tarjimada “o'qitishning muayyan vaziyatlar” uslubi yoki o'qitishning “vaziyatlar tahlili” uslubi kabi ma'nolarni anglatadi. Ingliz tilida “Case method” shaklida ham qo'llaniladi. O'qitish amaliyotida undan *iqtsodiy, ijtimoiy va tadbirkorlikka oid vaziyatlarni tavsiflash* vositasi sifatida foydalaniladi. “**Casestudy**” bilan ishlash jarayonida ta'lim oluvchilar:

- vaziyatni tahlil qiladilar;
- muammolar mohiyatini aniqlaydilar;
- muammolarga echimlar taklif qiladilar;
- taklif qilingan echimlar orasidan eng yaxshilarini tanlaydilar.

Keyslar, ayni shu kunda hukm surib turgan vaziyat tavsifi sifatida amaldagi yoki ularga juda yaqin turgan daliliy materiallarni ifodab turadi.

“**Casestudy**” uslubi ilk marta Garvard universitetining huquq maktabida 1870 yilda qo'llanilgan. 1924 yilda Garvard biznes maktabi (HBS) o'qituvchilari yuristlarni o'qitish tajribasiga tayanib, iqtisodiyotga oid aniq vaziyatlarni tahlil etish va muhokama qilishni asosiy ta'lim uslubi qilib tanlashganidan va mazkur uslubning ta'lim amaliyotida juda yaxshi natijalar berayotganiga to'la ishonch hosil qilinganidan so'ng, u tezda boshqa ta'lim muassalari orasida ham keng tatbiq etila boshladi [2], [10].

1950yillardan boshlab “**sasestudy**” uslubi G'arbiy Ovrupo ta'lim muassasalarida ham qo'llanila boshladi. 2000yillardan boshlab, ushbu uslub ko'plab xorijiy davlatlarda tabiiy va texnik fanlarni o'qitish jarayonida qo'llab kelinmoqda. Ayrim joylarda “**sasestudy**” uslubi texnologiyaga, turizmga va tibbiyotga oid fanlarni o'qitish jarayoniga ham tatbiq etib ko'rilmogda.

Keyslar tasnifi

O'qitish ningmaqsad va vazifalariga ko'ra:

- keng tarqalgan muammolarga echim topishni o'rgatish;
- alohida muammolarga echim topish;
- vaziyatni tahlil qilish va unga baho berish tamoyillarini o'rgatish;
- muayyan misol asosida muayyan uslubiyot yoki yondashuvni amaliyotga qo'llashni namoyish qilish.

Tarkibiy tuzilishiga ko'ra:

- tarkibiy qismlardan iborat keyslar – aniq raqam va dalillar asosida vaziyatning qisqa va aniq bayoni. Bunday turdagi keyslar uchun aniq miqdordagi to'g'ri javoblar mavjud bo'ladi. Bu javoblar ta'lim oluvchining u yoki bu aniq bilimlar sohasiga oid formulalar, ko'nikmalar yoki uslublardan faqat bittasini tanlab olish ko'nikmasini baholash uchun mo'ljallangan bo'ladi;

- tarkibiy qismlarga ega bo'lmagan yirik keyslar – bunday keyslar juda ko'p miqdordagi ma'lumotlarga ega bo'ladi va ular ta'lim oluvchilarning fikr yuritish stillarini va tezligini, ma'lum bir sohada asosiy narsani ikkinchi darajadagi narsalardan ajrata olish qobiliyatini baholashga mo'ljallanadi.

- Kashfiyotchilik keyslari – bunday keyslar qisqa va uzun ko'rinishda ham bo'lishi mumkin. Ta'lim oluvchilar tomonidan kashfiyotchilik keyslarining echilishi jarayonini kuzatish ularning nostandart fikrlash qobiliyatlarini, berilgan aniq vaqt mobaynida nechta kreativ g'oya bera olishlarini baholash imkonini beradi. Keysni echish jarayoni jamoaviy shaklda amalga oshirilayotgan hol larda bunday keyslar vositasida alohida talabning boshqalar fikrini ilg'ab olishi, uni rivojlantirishi va amalda qo'llashi qobiliyatlarini ham baholab borish mumkin bo'ladi.

- Ixcham qoramalar – asosiy tushunchalar bilan tanishtiradi, o'rganilayotgan o'quv fani bo'limiga yoki tor sohaga oid bilimlarni amaliyotga tadbiq etishni talab qiladi.

Taqdimot shakliga ko'ra:

- Videokeyslar.

Hajmiga ko'ra:

- To'liq keyslar (o'rtacha 20 – 25 sahifa), bunday keyslar bir necha kun mobaynida jamoa bo'lib ishlash uchun mo'ljallangan bo'ladi va tayyorlangan echimni odatda ham jamoaviy tartibda taqdim etilishini nazarda tutadi;

- Qisqa keyslar (3 – 5 sahifa) – o'quv mashg'uloti paytida barcha talabalar ishtirokida muhokama qilish uchun mo'ljallangan bo'ladi;

- Minikeyslar (1 – 2 sahifa) – qisqa keyslardek o'quv mashg'uloti paytida barcha talabalar ishtirokida muhokama qilish uchun mo'ljallangan bo'ladi, lekin ko'proq ma'ruza mashg'ulotlarida bayon etilayotgan nazariyaning ko'rgazma vositasi sifatida qo'llaniladi.

Murakkablik darajasiga ko'ra:

- bakalavriatlarga mo'ljallab tayyorlangan keyslar;
- magistrantlar uchun tayyorlangan keyslar;
- tahsildagi mustaqil tadqiqotchilar yoki malaka oshirish tizimi tinglovchilari uchun tayyorlangan keyslar.

Keysning mohiyati. *An'analarga ko'ra, masalan, bizneskeys aniq biznesvaziyatni aks ettirib turadi va kompaniya menejmentidan boshqaruvga oid aynan qanday masalalarni qay tartibda hal qilinishi lozimligini talab etib turadi. Ta'lim jarayonida o'qituvchi keys vositasida ta'lim oluvchilardan xuddi shunga o'xshash echimlarni talab etadi. Niderlandiyaning strategik menejment bo'yicha professori Jeym Anderson bizneskeys yutug'ining quyidagi uchta kriteriysini sanab o'tadi:*

- 1) dastlabki va statistik ma'lumotlarning etarliligi;
- 2) keysni yozish jarayonida topmenejning albatta ishtirok etishi;
- 3) echimni izlash paytida tahlil qilishning turlituman uslublarini qo'llash imkonini beruvchi e'tiborga molik biznesvaziyatning mavjudligi.

1-ma'ruza Oziq-ovqat injiniringida modellashtirish faniga kirish

REJA

- 1. Kimyo va oziq-ovqat texnologik tizimlari**
- 2. Ishlab chiqarish korxonasiining iyerarxik tuzilishi**
- 3. Texnologik jarayonlar**

Oziq-ovqat texnologik tizimlarini tahlil qilish, sintez qilish va optimallashtirish hamda texnologik jarayonlarni boshqarish masalalarini yechishda zamonaviy hisoblash texnikasining keng qo'llanishi xar hil sohadagi texnologlardan kompyuter texnologiyalarni to'g'ri qo'llashda va ularni ishlatishga zaruratni to'g'ri aniqlashda yetarli bilim va uquv talab qiladi.

Fanning o'qitishdan maksad kompyuter texnologiyalarini Kime va oziq-ovqat texnologiyasi masalalarini, ya'ni ishlab chiqarish jarayonlarini modellashtirish, optimallashtirish va boshqarish masalalarini yechishda qo'llash imkoniyatlarini o'rgatish, talabalarni kompyuter texnologiyalarini kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlarini hisoblash eksperimenti o'tkazish yo'li bilan o'rganish va kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlarini optimallashtirish va loyihalash masalalarini yechish uslublariga o'rgatishdir.

«OOIM» fanida juda keng spektrdagi masalalar, hisoblash mashinalarini ilmiy tadqiqotlarda qo'llashdan boshlab, to texnologik jarayonlarni boshqarishda qo'llashgacha bo'lgan masalalar ko'riladi.

Har qanday texnologik tizim (TT) va uni boshqarish tizimi kibernetika fani uchun, tadqiqot mavzui hisoblanadi. Uning tadqiqot usuli bo'lib, matematik modellashtirish, tadqiqot strategiyasi esa – tizimli taxlil qilish va tadqiqot vositasi bo'lib, elektron hisoblash mashinalari - kompyuterlar hisoblanadi.

Kibernetika matematik modellashtirish usullaridan foydalanib tizimlarni aniq natijalar bilan tahlil va sintez qilishda, optimal shart-sharoitlarni prognoz qilishda foydalanadi.

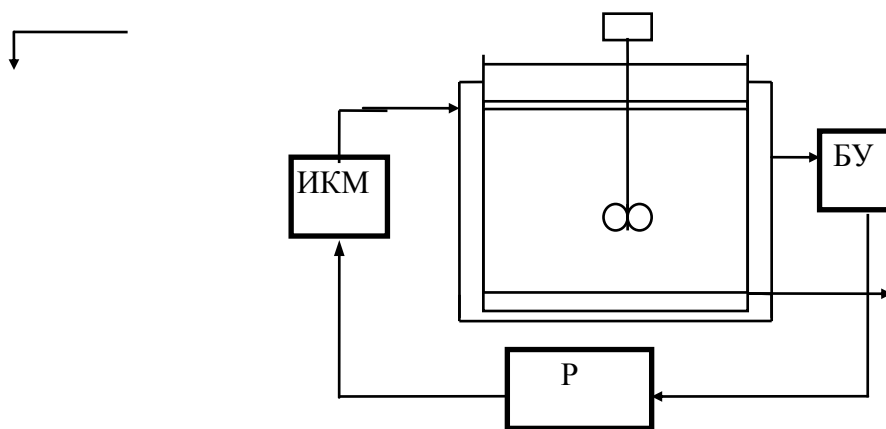
Kibernetika usullari Kimyo va oziq-ovqat texnologik jarayonlarni ketishidagi yangi qonuniyatlarni aniqlashda va ularni optimallashtirish hamda boshqarish yo'llarini aniqlashda yordam beradi. Kibernetika usublari kibernetikaning texnik vositasi bo'lgan hisoblash mashinalari yordamida tadbiiq etiladi.

Kimyo va oziq-ovqat texnologik tizimlari

Kimyo va oziq-ovqat texnologiya tizimlari (kegusida texnologik tizimlar) deganda, unda ketayotgan fizik-kimyoviy jarayonlar va ularni amalga oshiruvchi vositalar birgalikda tushuniladi. Shunday qilib texnologik tizimlar jarayonni, u ketayotgan qurilmani, jarayonni nazorat va boshqarish vositalarini va ular orasidagi o'zaro bog'liqliklarni o'z ichiga olar ekan.

Masalan: reaktorda ketayotgan boshqariladigan texnologik jarayonni- texnologik tizimlar deb qarash mumkin (1 - rasm). Texnologik jarayonning ketishi bo'yicha

axborot birlamchi o'zgartirgichdan (BO') rostlagichga (R) uzatiladi, u o'z navbatida texnologik parametrning shu vaqtdagi qiymatini belgilangan qiymatdan farqiga qarab rostlash ta'sir signali ishlab chiqaradi va ijrochi qurilma (IKM) orqali ob'yektga ta'sir ko'rsatadi.



1 – rasm

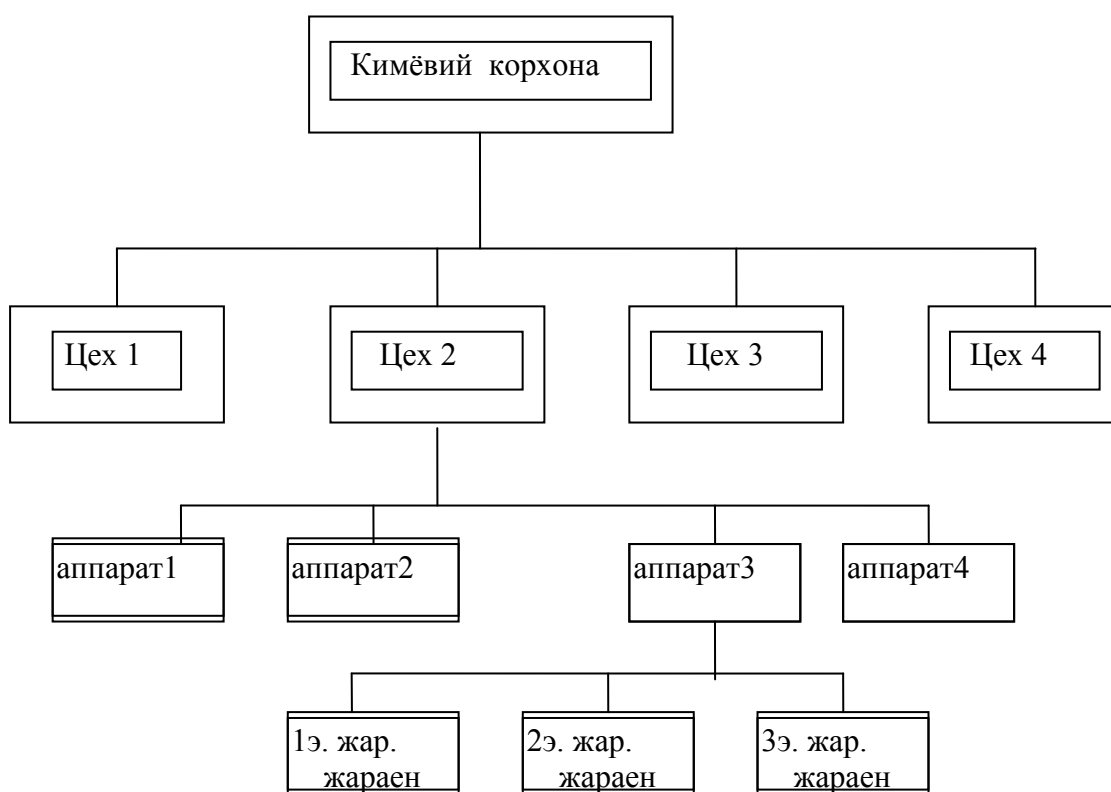
Texnologik tizimlarda ma'lum bir fizik kimyoviy jarayonni amalga oshirish uchun, bizga aralashtirgichli reaktor va shu jarayonni boshqarish tizimi bo'lishi kerak.

Ushbu texnologik tizim tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirda bo'lgani uchun, uning holatini kirish X va chiqish U signallari orqali baholash mumkin. Kirish signali bo'lib odatda xom-ashyo, uning miqdori, tarkibi, temperaturasi va boshqalar bo'lishi mumkin. Chiqish signali bo'lib, tayyor mahsulot miqdori, uning sifati, temperaturasi va boshqalar bo'lishi mumkin.

Texnologik tizimga odatda har xil turtkilar Z ta'sir ko'rsatadi va texnologik tizimni belgilangan sharoitlardan chiqaradi. Bu turtki ta'sirlarini kompensasiya qilish uchun, odatda boshqaruvchi ta'sirlardan foydalaniladi. Texnologik tizim- murakkab ob'yekt hisoblanib, uni alohida elementlarga (podsistema) dekompozitsiyalash mumkin. Elementlar o'zaro informasion bir-biri bilan va ob'yekt atrof muxiti bilan bog'liqdir. Bu bog'liqliklar ob'yekt tuzilishini tashkil etadi.

Texnologik tizim mo'ljallangan maqsadga erishishga yo'naltirilgan algoritmi bo'yicha ishlaydi. Hamma texnologik tizimlarni shartli ravishda katta va kichik tizimlarga bo'lish mumkin.

Kichik tizimlar odatda bir tipik jarayon bilan cheklangan bo'lib, ikki tizimlarga bo'lish mumkin. Undagi ichki bog'liqliklar va jihozlarning o'ziga xosligi bilan ajralib turadi.



2 – rasm. Texnologik tizim

Katta tizimlar, kichik tizimlarning murakkab ravishda mujassamlangan ko‘rinishi bo‘lib, ulardan ham miqdoriy, ham sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha farq qiladi. Katta kibernetik Texnologik tizim sifatida kimyoviy syexni yoki korxonani misol qilish mumkin (2 - rasm).

Ishlab chiqarish korxonasining iyerarxik tuzilishi

Har qanday ishlab chiqarish korxonasini uch ketma-ket bajariladigan texnologik operatsiya ko‘rinishida tasavvur qilish mumkin: xom-ashyoni tayyorlash, kayta ishlash jarayoni va nihoyat kuzlangan sifat xamda mikdordagi mahsulotni olish. Bu operatsiyalar ketma-ketligi, yakka bir murakkab texnologik tizim ko‘rinishida mujassamlangandir.

Zamonaviy ishlab chiqarish korxonasi, katta masshtabli tizim sifatida, juda ko‘p o‘zaro bir-biriga, bo‘ysingan kichik tizimlardan tashkil topgan bo‘lib, uni asosan uch pog‘onali iyerarxik tuzilish ko‘rinishida tasavvur qilinadi. Ishlab chiqarish korxonasining har bir kichik tizimini, bir butun texnologik tizim va avtomatik boshqarish tizimi ko‘rinishida tasavvur qilinadi.

Ishlab chiqarish korxonasining iyerarxik tuzilishining **birinchi quyi bosqichini** ma‘lum bir apparatlar va ularni lokal boshqarish tizimlari bilan jihozlangan tipik jarayonlar tashkil qiladi.

ishlab chiqarish korxonasinining iyerarxik tuzilishining quyi bosqichida, kichik tizimlarning ishlashini ifodalovchi informasiya boyib boradi va bu kichik tizimlarni ishlashini boshqarishda tipik jarayonlarning texnologik parametrlarini avtomatik rostdash tizimlarini tuzib, lokal ravishda stabillab boriladi.

ishlab chiqarish korxonasinining iyerarxik tuzilishining **ikkinchi bosqichini** agregatlar, komplekslar, syexlar va texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish tizimlari tashkil qiladi.

Yuqori intensiv texnologik jarayonlarni va yuqori quvvatli agregatlarni yaratilishi hamda ishlab turgan korxonalarni optimallashtirish maqsadida rekonstruksiya qilinishi natijasida yangi ilmiy texnik masalalar vujudga keldi:

- 1) ishlab chiqarish korxonasi va agregatlarni iqtisodiy va energotexnologik ko'rsatkichlar bo'yicha optimal sharoitlarda ishlashini tashkil qilish;
- 2) agregatlarda moddiy va energetik oqimlarni optimal tashkil qilish yo'li bilan boshqarish funksiyasini agregatning o'ziga berish, ya'ni agregat tuzilishini kibernetik tashkil qilish;
- 3) energotexnologik tizimlarni qo'llash natijasida agregatlarning chidamli ishlashini ta'minlash uchun boshqaruvchi hisoblash mashinalarini qo'llash zarurati paydo bo'lmoqda.

Ushbu iyerarxik bosqichda, kichik tizimlarni boshqarishda, apparatlar ishini optimal koordinasiyalash va ular orasidagi quvvatlarni optimal taqsimlash masalalari vujudga keladi. Bu masalalarni yechishda umuman yangi dekompozitsiyalash va agregatsiyalash usullari, evrestik modellashtirish nazariyasi asosida texnologiyani tahlil qilish, ko'p bosqichli optimallashtirish va boshqa usullardan foydalaniladi.

ishlab chiqarish korxonasinining iyerarxik tuzilishining **uchinchi yuqori bosqichi** bu - syexlar faoliyatini operativ boshqarish tizimlari, ishlab chiqarishni tashkil qilish tizimlari, xom-ashyoni taqsimlanishini rejalashtirish, tayyor mahsulotni taqsimlanishi - korxonani avtomatik boshqarish tizimi. Iyerarxiyaning ushbu bosqichida vaziyatga qarab tahlil qilish, korxonani optimal boshqarish masalalari vujudga keladi. Bu masalalarni yechishda tizim-texnikaning matematik usullari, chizikli programmashtirish, o'yinlar nazariyasi, ma'lumotlar nazariyasi va boshqa usullar qo'llaniladi.

Texnologik jarayonlar

Har qanday ishlab chiqarish korxonasini, har qanday texnologik tizimni ma'lum bir miqdordagi tipik texnologik zvenolar orqali ifodalash mumkin. Odatda ularda adsorbsiya, rektifikatsiya, ekstraksiya, kimyoviy reaksiya va boshqa tipik texnologik jarayonlar ketadi.

Ma'lum bir kurilmada ketayotgan tipik jarayon, o'z vaqtida tipik boshqarish ob'yekti hamdir.

Ichki moddiy va energetik bog'liqliklar xarakteriga qarab, ishlab chiqarish texnologiyasining hamma jarayonlarini quyidagi sinflarga bo'lish mumkin:

- gidrodinamik;
- issiqlik;
- diffuzion;

- kimyoviy;
- mexanik.

Bundan tashqari texnologik jarayonlar determinlashgan va staxostik jarayonlarga bo‘linadi.

Determinlashgan deb shunday jarayonlarga aytiladiki, ularda asosiy kattaliklar uzluksiz va aniq qonuniyatlar bo‘yicha o‘zgaradi. Bunda, ushbu jarayonni ifodalovchi chiqish parametrining qiymati, kirish parametrining qiymatiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqdir.

Staxostik deb shunday jarayonlarga aytiladiki, ularda asosiy parametrlar o‘zgarishi tartibsiz va diskret ro‘y beradi.

Tayanch so‘z va iboralar

1. Kompyuterlar - zamonaviy shaxsiy elektron xisoblash mashinasi.
2. Kimyoviy kibernetika - texnologiya tizimlarini kompyuter texnologiyalari yordamida boshkarish va tadqiqot qilish.
3. Texnologiya tizimi - texnologik jarayon, shu jarayon ketayotgan kurilma va shu jarayonni boshqarish tizimi hammasi birgalikda texnologik tizim deyiladi.
4. Matematik modellashtirish - texnologik jarayonni uning matematik modeli yordamida yrganish.
5. Tizimli taxlil qilish - jarayonni yrganishda uni elementar jarayonlarga b‘ylib yrganish.
6. Tizimni dekompozitsiyalash - tizimni aloxida elementar jarayonlarga b‘ylib yrganish.
7. Ishlab chiqarish korxonasining iyerarxik tuzilishi - kimyoviy korxonada iyerarxik tuzilishining birinchi kuyi boskichi, ikkinchi y‘rta boskichi va uchinchi yukori boskichi va ular orasidagi bog‘lig‘liqlar.
8. Lokal avtomatik rostlash tizimi - texnologik jarayondagi biror parametrni avtomatik rostlash tizimsi.
9. Texnologik jarayonlarni avtomatik boshkarish tizimlari - masalan biror syexda ketayotgan texnologik jarayonni optimal boshqarish tizimi.
10. Korxonani avtomatik boshkarish tizimlari - butun korxonani ishini avtomatik boshqarish tizimi.

Nazorat savollari.

1. Kimyoviy kibernetikaning tadqiqot usuli nima?
2. Tizimli taxlil qilish nima?
3. Texnologik tizim nimalarni o‘z ichiga oladi?
4. Texnologik tizimlarni aloxida elementlarga dekompozitsiyalash deganda nimani tushunasiz?
5. Ishlab chiqarish korxonasining iyerarxik tuzilishining quyi bosqichida boshqarish tizimini qanday tasavvur qilasiz?
6. Ishlab chiqarish korxonasining iyerarxik tuzilishining o‘rta va yukori bosqichida boshqarish tizimini qanday tasavvur qilasiz?

2– ma’ruza. Oziq-ovqat injiniringi tizimlarini taxlil qili, sintez qilish va optimallashtirish masalalari

Reja:

1. Texnologik tizimlarini taxlil qilish, sintez qilish va optimallashtirish.
2. Matematik modellashtirish va uning bosqichlari.
3. Matematik modelni qurish.
 - a) Mazmuniy modelni qurish.
 - b) Matematik ifodani tuzish.
 - v) Matematik model tenglamalarining tasnifi.
 - g) Modellashtirish algoritmi.

Tyexnologik tizimlarini tahlil qilish sintez qilish va optimallashtirish

Apparatlararo texnologik oqimlar tuzilishi va texnologik oqimlar tizimi kirish parametrlari berilgan bo‘lsa, **tyexnologik tizimlarini tahlil** qilishda, shu tizim texnologik oqimlarining chiqish va oraliq parametrlari va **tyexnologik tizimlar** apparatlarining konstruktiv va texnologik parametrlarining berilgan qiymatlari uchun effektivlik kriteriyasi aniqlanadi. Ya’ni, **tyexnologik tizimlar**larini tahlil qilishda, texnologik oqimlar tuzilishi va kirish parametrlari berilgan bo‘lsa, unda chiqish va oraliq parametrlari aniqlanadi va **tyexnologik tizimlar**ning effektivlik kriteriyasi aniqlanadi.

tyexnologik tizimlarlarini **optimallashtirishda** apparatlararo oqimlar tuzilishi ma’lum bo‘lganda, texnologik tizimning effektivlik kriteriyasi ko‘rsatkichining optimal qiymatlari aniqlanadi.

tyexnologik tizimlarning **sintez** qilishda, xom ashyodan kerakli maxsulot olish usuli ma’lum bo‘lsa, optimal texnologik sxema ishlab chiqiladi.

Odatda, **tyexnologik tizimlar**larini tahlil qilish, optimallashtirish va sintez qilish masalalarini ishlab chiqarish sharoitida yoki tajriba moslamalarida yechish juda murakkab masala bo‘lib, hamma vaqt ham yechish mumkin emasdir. Bu masalalarni yechilishi kimyoviy kibernetika usullarini qo‘llash bilan ancha osonlashadi. Bunda, **tyexnologik tizimlar**ning aloxida jarayonlarning matematik ifodalari tuzilib, ular asosida butun tizim matematik ifodasi tuziladi. Bu matematik apparat yordamida hisoblash eksperimenti o‘tkazilib, **tyexnologik tizimlar**ning optimallashtirish, tahlil qilish va sintez qilish masalalarini yechish mumkin. Kompyuter texnologiyalari ni texnologik jarayonlari va tizimlarini tadqiq qilishda qo‘llash

Matematik modellashtirish

Odatda texnologik ob'yektni o'rganishda ma'lum qiyinchiliklar bo'lsa, unda modellashtirish usullari qo'llaniladi (masalan, ob'yektning xavfsizligi bo'yicha tajriba o'tkazish mumkin bo'lmasa).

Modellashtirilayotgan ob'yekt xususiyatlarini uning modelida olingan analogik xususiyatlarni tahlil qilish yo'li bilan o'rganishga modellashtirish deyiladi. Bunda model va ob'yekt o'xshash bo'lishi kerak. Odatda o'xshashlik fizik va matematik bo'ladi.

Fizik modellashtirishda, ob'yekt xususiyatlari kichik masshtabli moslamalarda o'rganilib, u ob'yektni o'rganishni kam xarajatlar bilan o'tkazishga imkoniyat beradi. Fizik modellashtirishda ob'yektning ba'zi bir xususiyatlari modelda olingan natijalardan farqli bo'lishi mumkin. Shuning uchun odatda fizik modellashtirishda odingan natijalarni to'g'ridan-to'g'ri ob'yekt uchun qo'llab bo'lmaydi.

Matematik modellashtirish usuli oxirgi 30-40 yil ichida juda tez rivojlanib bormoqda. Ayniqsa, zamonaviy kompyuterlarning imkoniyatlarini oshib borishi bilan matematik modellashtirish yo'li bilan texnologik jarayon xususiyatlarini o'rganish yaxshi natijalar bera boshladi.

Matematik modellashtirish uch bosqichda olib boriladi:

- O'rganilayotgan jarayon matematik modelini tuzish,
- Asosiy parametrlar qiymatlarini hisoblash uchun masalani yechishni dasturlash(algoritmash),
- Modelni o'rganilayotgan jarayonga adekvatligini aniqlash.

Matematik modelni qurish

Ob'yektda ketayotgan xodisalarni ifodalaydagan matematik tenglamalar tizimsiga matematik model deyiladi.

Shunga asosan, texnologik jarayonning matematik modelini tuzishni quyidagi uch aspektda ko'rishimiz mumkin: mazmuniy, analitik va hisoblash.

Birinchi, ob'yektning fizik mohiyati o'rganilib, uning mazmuniy ifodasi tuziladi.

Ikkinchi, mazmuniy ifodani analitik ko'rinishda, ya'ni matematik tenglamalar tizimsi ko'rinishida ifodalanadi.

Uchinchi, modelni hisoblash tomonlari, ya'ni modellashtirish algoritmi aniqlanadi. Bunda matematik ifodani yechish usuli va yechish ketma-ketligi aniqlanib, ya'ni yechish algoritmi tuziladi.

Mazmuniy ifodani tuzish

Har qanday matematik modelni tuzish ob'yektni mazmuniy ifodasini tuzishdan boshlanadi. Oziq-ovqat texnologik ob'yektlarini modellashtirishda avval, ularning «elementar» jarayonlarini aniqlab olinadi.

Odatda quyidagi «elementar» jarayonlarini inobatga olinadi:

- fazalar oqimlari harakati jarayoni;
- kimyoviy o'zgarish jarayoni;
- fazalar orasidagi modda almashinuvi;
- issiqlik o'tkazishi;

- modda agregat xolatining o‘zgarishi.

Ba’zi bir to‘la o‘rganilmagan «elementar» jarayonlarni matematik modelga kiritilmasdan jarayonning matematik modelini tuzish mumkin, lekin bunda jarayon matematik modeli xatoligi juda katta bo‘lib ketmasligiga e’tibor berish kerak bo‘ladi.

Modellashtirishdan olingan natijalar aniqligi ob’jektning har xil parametrlarini bu modelda qanchalik to‘la hisobga olinganligiga bog‘liqdir. Bu parametrlarga quyidagilarni kiritish mumkin: konstruktiv, fizik va elementar jarayon parametrlari.

Konstruktiv parametrlarga, struktura parametrlari (oqimlar harakati tuzilishini ifodalovchi) va geometrik parametrlar (apparat parametrlari) kiradi.

Fizik parametrlarga oqimning holat parametrlari (temperatura, konsentrasiya va boshqalar) va xususiyat parametrlari (issiqlik sig‘imlari, qovushqoqlik, zichlik va boshqalar) kiradi.

«Elementar» jarayon parametrlariga gidrodinamik parametrlar (oqimlar harakatini ifodalovchi parametrlar, masalan: moddaning oqimda ko‘ndalang aralashtirgish koeffitsiyenti) va fizik-kimyoviy parametrlar (issiqlik va modda almashinuv koeffitsiyenti, kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi) kiradi.

Matematik ifodani tuzish

Modellashtirilayotgan ob’jekt matematik ifodasini tuzishda tizimli tahlil usullaridan foydalanib, (blok prinsipini qo‘llab) jarayonning elementar jarayonlarini chuqur tahlil qilinadi. Avval matematik ifoda tuzilishining asosi sifatida jarayonning gidrodinamik modeli o‘rganiladi. So‘ngra kimyoviy reaksiya kinetikasi va undan so‘ng issiqlik va modda almashinuv jarayonlari (gidrodinamik sharoitlari hisobga olgan holda) o‘rganilib, har bir yuqoridagi jarayonlar uchun matematik ifoda tuziladi. Modelni tuzishni oxirgi bosqichida, hamma o‘rganilgan «elementar» jarayon matematik ifodalari bir tenglamalar tizimsiga birlashtiriladi.

Shunday qilib, **qandaydir texnologik jarayon matematik modelini tuzishda quyidagilarni hisobga olish kerak:**

- fizika qonunlarini ifodalovchi matematik ifodalar (modda va energiyaning saqlanish qonuni);
- «elementar» jarayonlarni ifodalovchi tenglamalar va boshqalar;
- texnologik jarayon parametrlari orasidagi bog‘lig‘likni ifodalovchi har hil empirik tenglamalar. (masalan: ob’jekt to‘g‘risida yetarli nazariy ma’lumotlar bo‘lmasa, unda statistik modellardan foydalaniladi);
- jarayon parametrlariga har xil cheklamalar.

Matematik model tenglamalar tizimining tasnifi

Modellashtirilayotgan har xil ob’yektlarning xususiyatlarini oddiy algebraik tenglamalar, oddiy differensial tenglamalar, integral tenglamalar va hususiy hosila ko‘rinishidagi tenglamalar orqali ifodalanadi. Matematik ifodada ob’jekt parametrlarining o‘zgarishi vaqt buyicha ifodalanayaptimi yoki yo‘qmi, shunga qarab, modellar stasionar va nostasionar bo‘lishi mumkin. Ob’jektning stasionar holati stasionar modellar ifodalaydi. Parametrlari mujassamlangan ob’yektlarning

stasionar holatini, odatda oddiy algebraik tenglamalar orqali ifodalash mumkin. Bunday ob'yektlarning nostasionar holatini oddiy differensial tenglamalar orqali ifodalash mumkin.

Agar jarayonning parametrlari ham vaqt bo'yicha, ham boshqa parametrlar bo'yicha o'zgarsa (masalan: apparat uzunligi bo'yicha) unda bunday ob'yektlar odatda hususiy hosila ko'rinishdagi differensial tenglamalar orqali ifodalanadi va ular parametrlari taqsimlangan model deyiladi.

Oddiy, birinchi tartibli differensial tenglamalar orqali parametrlari mujassamlangan ob'yektlarning nostasionar holatini va parametrlari taqsimlangan ob'yektlarning stasionar holati ifodalanadi.

Ba'zi bir holatlarda ob'yektlarning differensial tenglamalar orqali ifodalangan matematik modellari yordamida o'rganish, hisoblash nuqtai nazaridan nihoyatda murakkab masala bo'lib, bunda ko'pincha ob'yektning uzluksiz, parametrlari taqsimlangan ko'rinishdagi differensial tenglama yordamida ifodalangan matematik modeli o'rniga, diskret, parametrlari mujassamlangan ammo, yacheykali struktura ko'rinishiga keltirib yechiladi.

Modellashtirish algoritmi

Matematik ifodada tenglamalar tizimsini yechish ketma-ketligini aniqlab hisoblash algoritmini tuzib chiqish kerak bo'ladi. Matematik tenglamalar tizimsini analitik yechish mumkin bo'lsa, unda maxsus modellashtirish algoritmlarini yaratishga zarurat yo'qoladi, ammo kup holatlarda matematik tenglamalar tizimsi murakkab ko'rinishga ega bo'lib, effektiv modellashtirish algoritmi tuzish mumkinligiga qarab, bu modeldan foydalansa bo'lishligi bog'liq bo'ladi. Yana bir asosiy faktorlardan biri, olinayotgan natijalarni fizik mohiyatini yaxshi anglash, effektiv hisoblash algoritmlarini tuzishga yordam beradi.

Ba'zi bir holatlarda murakkab modellashtirish algoritmini KOMPYUTER TEXNOLOGIYALARIDA yechish uchun matematik modelni soddalashtirishga to'g'ri keladi. Albatta bu matematik model aniqligini pasaytiradi.

Tayanch so'z va iboralar

1. Texnologik tizim taxlili- texnologik tizim kirish parametrlarini oraliq va chiqish parametrlariga ta'sir yrganiladi.
2. Texnologik tizim sintez qilish - agar maqsaddagi maxsulotni olish usuli ma'lum b'lsa, unda shu maxsulotni olishni optimal sxemasini aniqlash.
3. Texnologik tizim optimallashtirish - optimallashtirish kriteriysining eng yaxshi qiymatlarini ta'minlovchi texnologiya parametrlarini aniqlash.
4. Texnologik tizimning kirish parametrlari - tizimga ta'sir k'rsatuvchi asosiy parametrlar.
5. Texnologik tizimning chikish parametrlari - tizim xolatini k'rsatuvchi asosiy parametrlar.
6. Texnologik tizimning oralik parametrlari - tizim xolatini k'rsatuvchi parametrlar.
7. Samaradorlik k'rsatkichi - tizimni effektiv ishlashini kursatuvchi k'rsatkich.

8. Optimal texnologik sxema - texnologik sxemaning eng yaxshisi.
9. Modellashtirish- texnologik jarayon xususiyatlarini uning modeli yordamida yrganish.
10. Fizik modellashtirish - texnologik jarayon xususiyatlarini uning fizik modeli yordamida yrganish.
11. Matematik modellashtirish - texnologik jarayon xususiyatlarini uning matematik modeli yordamida yrganish.
12. Mazmuniy ifoda - texnologik jarayonni mazmuniy aspektda ifodalangan kʻrinishi.
13. Matematik ifoda - texnologik jarayonni analitik aspektda matematik tenglamalar yordamidagi ifodasi.
14. Modellashtirish algoritmi - matematik modelni yechish ketma-ketligini belgilovchi algoritm.
15. Texnologik «elementar» jarayenlari - texnologik jarayon iyerarxik tuzilishida jarayonni tashkil qiluvchi bir necha jarayonlar.
16. Fazalarning oqim tuzilishi - fazalarning oqimi xarakati.
17. Moddaning agregat xolatini oʻzgarishi - moddaning suyuqlik xolatdan bugʻga, bugʻ xolatdan suyuqlik xolatiga yʻtishi va x.k.z.
18. Jarayenning konstruktiv parametrlari - jarayonning apparat konstruksiya parametrlariga bogʻliq bʻylgan parametrlari.
19. Jarayenning fizik parametrlari - jarayonning xolat va xususiyat parametrlari.
20. Parametrlari mujassamlangan modellar - parametrlari bir koordinata bʻyyicha yʻzgaruvchi modellar.
21. Parametrlari taksimlangan modellar - parametrlari vaqt va yana bir boshqa koordinata bʻyyicha yʻzgaruvchi modellar.
22. Effektiv xisoblash algoritmlari - xisoblashni optimal ketma-ketligi.

Nazorat savollari

1. Texnologik tizimlarni taxlil qilish masalalarida qanday masalalar yechiladi?
2. Texnologik tizimlarini optimallashtirish masalalarida qanday masalalar yechiladi?
3. Texnologik tizimlarini sintez qilish masalalarida qanday masalalar yechiladi?
4. Matematik modellashtirish deganda nimani tushunasiz?
5. Matematik modellashtirish necha bosqichda amalga oshiriladi?
6. Matematik model nima?
7. Modellashtirish algoritmi nima?

3-maʼruza Eksperimental ststistik modellashtirish usuli

Reja:

1. **Ekspirimental statistik modellashtirish usuli.**
2. **Eng kichik kvadratlar usuli;**
3. **Chiziqli regressiya;**
4. **Regression taxlil.**

Ekspirimental statistik modellashtirish usuli

Agar modellashtirilayotgan ob'jekt yetarli darajada o'rganilmagan bo'lsa va determinlashgan modelni tuzish imkoniyati bo'lmasa, unda jarayonning matematik modeli eksperimental statistik modellashtirish usuli bilan tuziladi. Bunda statistik material aktiv yoki passiv eksperiment qo'yish usuli bilan to'planadi.

Passiv eksperimentda, tajriba o'zgaruvchilarni galma-gal o'zgartirib borib yoki ishlab turgan texnologik apparatlarda aloxida parametrlarning o'zgarishlarini yozib borib yoki ishlab turgan texnologik apparatlarda aloxida parametrlarning o'zgarishlarini yozib borib, to'plangan statistik materialni regression xamda korrelyasion tahlil qilish usullari yordamida qayta ishlanadi.

Aktiv eksperiment o'tkazish bilan ob'jekt to'g'risida statistik ma'lumot to'plashda, tajribani zamonaviy rejalashtirish usullarini qo'llanishi sababli, tajribalar sonini qisqartirish mumkin.

Shunday qilib, tajriba (ma'lumotlarini) natijalarini qayta ishlashda regression va korrelyasion tahlil qilish usullarini qo'llab, jarayonning matematik modelini olish mumkin:

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$$

bu yerda, X_1, X_2, \dots, X_k - faktorlar (texnologik parametrlar) tajriba natijasida olingan.

Regressiya tenglamasining umumiy ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{uj=1}^k b_{uj} x_u x_j + \sum_{j=1}^k b_{jj} x_j^2 + \dots$$

bu yerda, b_0 - erkin xad

b_j - chiziqli effekt koeffitsiyenti

b_{jj} - kvadratik effekt

b_{uj} - o'zaro ta'sir koeffitsiyenti.

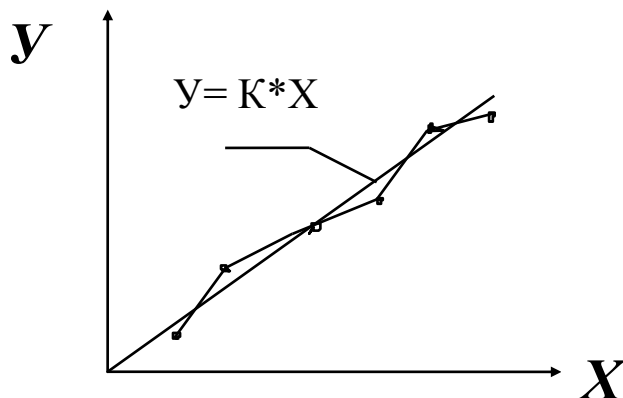
Bu tenglama koeffitsiyentlarini «**eng kichik kvadratlar**» usuli yordamida aniqlanadi, ya'ni quyidagi shart bo'yicha:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N (y_{xi} - \bar{y}_{xi})^2 = \min$$

bu yerda,

N - ajratib olingan tajribalar soni, bu shart bo'yicha, funksiyaning hisobiy qiymati (Y_{xi}) va eksperimental qiymatlari farqlarining kvadratlarini yig'indisi, minimumga intilishi kerak.

Ob'jektning chiqish parametrining (u) kirish parametridan (X) bog'liqligini aniqlash uchun tajriba o'tkazilgan. Bu tajriba natijalari U va X koordinata tizimiga joylab chiqilgan. X ning butun o'zgarish intervali ΔX bo'laklarga bo'lib chiqiladi.



5-rasm

Bu tenglama koeffitsiyentini, eng kichik kvadratlar usulini qo'llab topiladi. Bu usulga binoan , quyidagi shart bajarilishi kerak .

$$\sum_{i=1}^n (y_{\text{ei}} - y_{\text{xi}})^2 \rightarrow \min$$

(ya'ni , hisobiy nuqtalarning eksperimental nuqtalardan chetlashishi minimal bo'lishi kerak) .

Bu yerda, N - eksperimentlar soni ;

y_{ei} -kirish parametrining x_i qiymatiga mos keladigan chiqish parametrining eksperimental qiymati ;

y_{xi} -kirish parametrining x qiymatiga mos kelgan chiqish parametrining hisobiy qiymati .

Agar regressiya « egri» chizig'i , koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chizig'ga yaqin bo'lsa , unda uni $y = kx$ tenglama yordamida ifodalash mumkin. Bu tenglamani (1.1) tenglamaga qo'yib , quyidagini olamiz.

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (y_{\text{ei}} - kx_i)^2 \rightarrow \min$$

Funksiyani klassik tahlil qilish usulida , shu funksiyani ekstremumi borligini kerakli

sharti buyicha, $\frac{\partial \Phi}{\partial k} = 0$

ya'ni, $\sum_{i=1}^n 2 (y_{\text{ei}} - kx_i) x_i = 0$

Ushbu tenglamani matematik o'zgartirishlardan so'ng, tenglama koeffitsiyenti k ni hisoblash tenglamasini olamiz

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n y_{\text{ei}} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

k ning qiymatini hisoblash uchun, avval quyidagi yig'indilarni hisoblash kerak :

$$\sum_{i=1}^n y_{\text{ei}} \cdot x_i; \quad \text{ba} \quad \sum_{i=1}^n x_i^2$$

Regressiya egri chizig‘i ko‘rinishiga qarab U va X orasidagi bog‘lig‘likni $Y=b_0+b_1X$ tenglama orqali ifodalash mumkin bo‘lsa, unda eng kichik kvadratlar usulini qo‘llab, chiziqli tenglama koeffitsiyentlarini aniqlash mumkin. Bunda normal tenglamalar tizimsi quyidagicha bo‘ladi:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_i - \sum_{i=1}^N (b_0 + b_1 x_i) &= 0 \\ \sum_{i=1}^N y_i x_i - \sum_{i=1}^N (b_0 + b_1 x_i) x_i &= 0 \end{aligned} \right\}$$

yoki

$$\left. \begin{aligned} Nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^N x_i &= \sum_{i=1}^N y_i \\ b_0 \sum_{i=1}^N x_i + b_1 \sum_{i=1}^N x_i^2 &= \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{aligned} \right\}$$

Tenglama koeffitsiyentlarini Kramer usulini qo‘llab topish mumkin. Kramer usuli bo‘yicha tenglama koeffitsiyentlari quyidagi tenglamalar bo‘yicha aniqlanadi:

$$b_0 = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N y_i & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{\sum y_i \cdot \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i y_i}{N \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i}$$

$$b_1 = \frac{\begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{N \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - \sum x_i \sum x_i}$$

Regression taxlil

Regressiya tenglamasi aniqlangandan so‘ng, olingan natijalarni statistik tahlil qilish kerak bo‘ladi. Buning uchun, hamma regressiya koeffitsiyentlarining ta‘sir darajalari aniqlanadi va tenglamaning adekvatligi aniqlanadi. Tenglamani bunday tekshirishga regression tahlil qilish deyiladi.

Regression tahlil qilishni amalga oshirish uchun, quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Kirish parametri X - yuqori aniqlikda o‘lchanadi. Uning aniqlashdagi xatoning bo‘lishi, regressiya tenglamasiga kirmagan qandaydir o‘garuvchilar borligi bilan aniqlanadi;

2. U_1, U_2, \dots, U_N larning kuzatish natijalari normal taqsimlangan bog'liq bo'lmagan tasodifiy kattaliklardir;
3. Tanlangan dispersiyalar $S_1^2, S_2^2, S_3^2, \dots, S_N^2$ bir xil yoyilgan bo'lishi kerak.

Dispersiyani bir xil yoyilganligini aniqlash uchun:

1. Parallel tajribalar o'rtacha qiymati aniqlanadi.

$$y_i = \frac{\sum_{u=1}^m y_{iu}}{m}$$

2. Tanlangan dispersiya aniqlanadi:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (y_{iu} - y_i)^2}{m - 1}$$

3. Dispersiya yig'indisi aniqlanadi:

$$\sum_{i=1}^N S_i^2$$

4. Koxren kriteriysi qiymati hisoblanadi:

$$G_{\max} = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}$$

bu yerda, S_{\max}^2 - Tanlangan dispersiyaning maksimal qiymati.
Agar tanlangan dispersiya bir xil yoyilgan bo'lsa,

$$G_{\max} < G_p(N, m-1)$$

$G_p(N, m-1)$ - Koxren kriteriysining tablisa qiymati, unda qayta takrorlash dispersiyasi hisoblanadi.

$$S_{\text{bocnp}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N}$$

U regressiya tenglamasi koeffitsiyentlarini ta'sir darajasini aniqlash uchun kerak bo'ladi. Bu Styudent kriteriysi yordamida amalga oshiriladi:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{bj}}$$

bu yerda, b_j - regressiya tenglamasining j -nchi koeffitsiyenti.

S_{bj} - j-nchi koeffitsiyentining o'rtacha kvadratik chetlashuvi.

1. Agar t_j katta t bo'lsa, unda bu tenglamalar koeffitsiyenti ta'sir darajasi yuqori.

$$S_{b_0} = \sqrt{\frac{S_{\text{ocnp}}^2 \sum_{i=1}^N x_i^2}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$
$$S_{b_1} = \sqrt{\frac{S_{\text{ocnp}}^2 \cdot N}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

Ta'sir darajasi kam koeffitsiyentlar regressiya tenglamasidan chiqarib tashlanib, qolgan koeffitsiyentlar yana qaytadan ta'sir darajasi aniqlanadi. Tenglama adekvatligi Fisher kriteriysi yordamida tekshiriladi.

$$F = \frac{S_{ocm}^2}{S_{\text{ocnp}}^2}$$
$$S_{ocm}^2 = \frac{m \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}{N - l}$$

S_{ost}^2 - qoldiq dispersiya, l - bog'liqliklar soni

Agar $F < F_p(f_1, f_2)$ bo'lsa, unda tenglama adekvat hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari qanday aniqlanadi?
2. Eng kichik kvadratlar usulida uqk_1+k_2x . Tenglamani koeffitsiyentlarini topish uchun qanday amallar bajariladi?
3. Tenglama koeffitsiyentlarini xisoblash dasturida, statistik ma'lumotni dasturga kiritish uchun qanday operator ishlatiladi.
4. Regression taxlil nima?
5. Tenglama koeffitsiyentlari ta'sir darajasi qanday aniqlanadi?
6. Tenglama adekvatligi qanday aniqlanadi?

4– ma'ruza Oqimlar strukturasiining tipik matematik modellari

Reja:

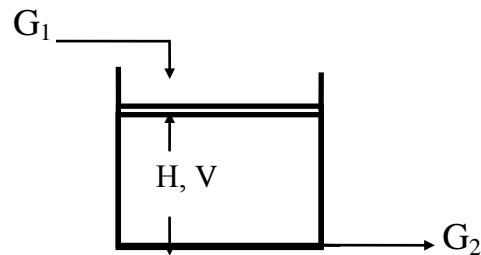
1. Hidravlik idishni modellashtirish.
 - a) Hidravlik idish matematik modelini tuzish.
2. Isitgichni modellashtirish. Bug' qobig'i bor gidravlik idishni modellashtirish
 - a) Texnologik jarayon «elementar» jarayonlarini aniqlash.
 - b) «Elementar» jarayonlar matematik modellashtirishni tuzish.

Gidravlik idishni modellashtirish

Kimyo texnologiyada eng ko'p ishlatiladigan ob'yektlardan biri idishdir. Odatda bu idishlarda texnologik zaruratlar uchun ma'lum bir miqdorda xom-ashyo saqlanishi mumkin, mahsulotni isitish jarayoni yoki har xil kimyoviy jarayonlar ketishi mumkin.

Agar gidravlik idishning geometrik o'lchamlari ma'lum bo'lsa, va bu idishga berilayotgan modda sarfi berilgan bo'lsa, unda matematik modellashtirish usulida idishdagi modda miqdorining o'zgarish qonu-niyatlarini va idishdan chiqib ketayotgan modda sarfini aniqlash mumkin.

Texnologik zarurat uchun ma'lum miqdorda moddani saqlashga mo'ljallangan gidravlik idishni ko'raylik (16-rasm).



Bu idishga G_1 sarf bilan uzluksiz ravishda modda berib turilibti va G_2 sarf bilan bu modda idishdan chiqib ketmoqda. G_1 va G_2 larning o'zgarish qonuniyatlari har xil bo'lishi mumkin (ya'ni $G_1(\tau)$, va $G_2(\tau)$).

Moddiy balans qonuniyatlariga asosan, idishdagi modda miqdorining uzgarishi, idishga kelayotgan va ketayotgan modda sarflari (G_1 va G_2) bilan aniqlanadi:

ya'ni

$$\frac{dv}{d\tau} = G_1 - G_2$$

Bunda, kelayotgan va ketayotgan modda sarflari farqi ($\Delta G = G_1 - G_2$), qancha katta bo'lsa, idishdagi modda miqdori (v), shuncha tez o'zgaradi.

Idishdagi modda miqdori $V = S \cdot H$, bu yerda S - idishning kesim yuzasi, H - idishdagi modda satxi. Shularni hisobga olib yukoridagi tenglamani quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{dH}{d\tau} = \frac{G_1 - G_2}{S}$$

Bu tenglamadagi (G_2), idish chiqishida o'rnatilgan ventilning o'tkazish koeffitsiyentiga, va ventildagi bosimlar farqiga bog'liq o'zgaradi, ya'ni:

$$G_2 = k \cdot \sqrt{P_1 - P_2}$$

bu yerda, P_1 - ventildan oldingi bosim;

P_2 - ventildan keyingi bosim;

k - ventilning o'tkazish koeffitsiyenti.

Ochiq idish uchun $P_1 = P_b + \rho g H$.

$P_2 = P_b$ (P_b - barometrik bosim).

Yuqoridagilarni hisobga olib, chiqish sarfi tenglamasini quyidagi ko‘rinishga keladi,

$$G_2 = k \cdot \sqrt{\rho g H}$$

va gidravlik idishda moddaning yig‘ilish jarayonini ifodalovchi matematik model, quyidagi kurinishga keladi:

$$\frac{dH}{d\tau} = \frac{G_1 - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S}$$

Odatda, bu oddiy, birinchi tartibli differensial tenglamani yechishda, Eyler taqribiy hisoblash usulidan foydalanish mumkin. Bu usul bo‘yicha funksiyaning har $\Delta\tau$ vaqt ichida olgan o‘sishi hisoblaniladi, ya’ni,

$$\frac{\Delta H}{\Delta\tau} = \frac{G_i - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S}$$

yoki,

$$\Delta H = \frac{G_i - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S} \cdot \Delta\tau,$$

bunda, $\Delta H = H_i - H_{i-1}$ ni hisobga olib, bu tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin

$$H_i = H_{i-1} + \frac{G_i - k \cdot \sqrt{\rho g H}}{S} \cdot \Delta\tau$$

bu tenglama bo‘yicha, funksiyaning har $\Delta\tau$ vaqt ichida olgan o‘sishlari hisoblab borilib, gidravlik idishning chiqish parametri - satxning o‘zgarish qonuniyatlari o‘rganiladi.

ISITGICHNI MODELLASHTIRISH

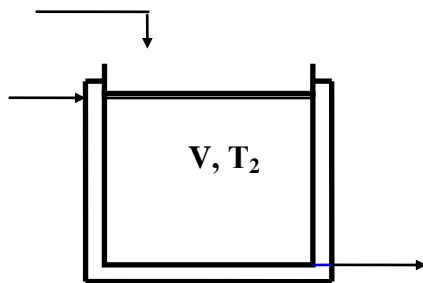
(Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idish)

Odatda ko‘p texnologik jarayonlari isitish bilan olib boriladi. Buning uchun har xil konstruksiyali isitgichlardan foydalaniladi. Kimyo-texnologiyada ishlatiladigan isitgichlardan biri, bug‘ qobig‘i bor gidravlik idishdir.

Texnologik jarayonlarni modellashtirishda odatda kimyoviy kibernetikaning tizimli tahlil qilish usulidan foydalaniladi. Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idishni modellashtirishda ham tizimli tahlil qilish usulini qo‘llab, avval uning «elementar» jarayonlarini aniqlab olish kerak. Ularni chuqur o‘rganib, oqimlarni gidrodinamik tuzilishini hisobga olgan holda, bu «elementar» jarayonlarning matematik ifodalari tuziladi, so‘ngra ularni bir tenglamalar tizimsiga birlashtirib, butun texnologik jarayonning matematik modeli tuziladi. Matematik modeldagi tenglamalarni ko‘rinishiga qarab hisoblash usuli tanlanadi va kompyuterda yechish uchun dastur tayyorlanadi.

Isitgichga (18-rasm. Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idish) modda G_1 sarf va T_1 temperatura bilan beriladi va G_2 sarf va T_2 temperatura bilan chiqib ketadi.

G_1, T_1



G_2, T_2

18-rasm

Chiqishdagi temperatura T_2 , butun apparat xajmidagi temperatura bilan bir xil bo‘ladi, chunki, idishdagi oqimlarning gidrodinamik tuzilishini ideal aralashtirish modelidagidek deb qabul qilish mumkin (bunda, modda temperaturasi, idishning har bir nuqtasida bir xil bo‘ladi.)

Bug‘ qobig‘idagi bosim R_p va bug‘ temperaturasi T_p .

Bug‘ qobig‘i bor gidravlik idishda ketayotgan jarayonlarni modellashtirishda, quyidagi “elementar” jarayonlarni ajratish mumkin:

1. Idishda moddaning yig‘ilish jarayoni.
2. Bug‘ning agregat holatini o‘zgarish (isitgich devorida kondensat xosil bo‘lish) jarayoni.
3. Gidravlik idish devorini isish jarayoni.
4. Idishdagi moddaning isish jarayoni.

Birinchi “elementar” jarayonning matematik ifodasi

Moddaning yig‘ilish jarayoni, idishga kelayotgan va ketayotgan moddalar sarfiga bog‘liq (moddiy balans), ya’ni

$$\frac{dv}{d\tau} = G_1 - G_2$$

yoki, $V = S \cdot H$; va $G_2 = k_1 \cdot \sqrt{\rho gH}$ larni hisobga olib birinchi «elementar» jarayon matematik ifodasini olamiz,

$$\frac{dH}{d\tau} = \frac{G_1 - k_1 \cdot \sqrt{\rho gH}}{S}$$

bu yerda ρ - moddaning solishtirma og‘irligi; g - erkin tushish tezlanishi.

Ikkinchi “elementar” jarayonning matematik ifodasi

Gidravlik idish bug‘ qobig‘i devorida (T_k) temperaturali kondensat xosil bo‘ladi. Bu temperatura (T_k), bug‘ qobig‘idagi bug‘ning temperaturasi T_b va bosimiga R_b bog‘liq bo‘lib, bog‘liqlikni umumiy ko‘rinishda quyidagicha yozish mumkin

$$T_k = f(T_0, P_0)$$

Bu bog‘liqlikni aniq ko‘rinishini, ushbu parametrlar orasidagi bog‘liqlikning jadval qiymatlaridan foydalanib, eksperimental statistik modellashtirish usulini qo‘llab olish mumkin. Yoki modellashtirishda R_b va T_b larinng katta bo‘lmagan o‘zgarish intervali uchun kondensat temperaturasi (T_k) o‘rtacha qiymatini olish mumkin.

Uchinchi“elementar” jarayon matematik ifodasi

Idish devori issiqligini yig‘ilish jarayoni (ya’ni, devor issiqligini o‘zgarishi), devorga kelayotgan va ketayotgan issiqliklar farqiga bog‘liq (issiqlik balansi tenglamasi), ya’ni

$$\frac{dQ_d}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{ket}$$

bunda Q_d - devor issiqligi,

$$Q_d = \rho_d \cdot V_d \cdot C_d \cdot T_d$$

(ρ_d ; V_d ; C_d ; T_d - devor solishtirma og‘irligi, xajmi, issiqlik sig‘imi va tempyerasi).

Q_{kel} - devorga kelayotgan issiqlik,

$$Q_{kel} = \alpha_1 F_1 (T_k - T_d)$$

(bu yerda, α_1 - kondensatdan devorga issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti; F_1 - issiqlik o‘tkazish yuzasi).

Q_{ket} - devordan ketayotgan issiqlik,

$$Q_{ket} = \alpha_2 F_2 (T_d - T_2)$$

(α_2 - devordan moddaga issiqlik o‘tkazish koeffitsiyenti; F_2 - issiqlik o‘tkazish yuzasi; T_2 - modda temperaturasi).

Yuqoridagilarni hisobga olib, quyidagi tenglamani olamiz:

$$\rho_d \cdot V_d \cdot C_d \frac{dT_d}{d\tau} = \alpha_1 F_1 (T_k - T_d) - \alpha_2 F_2 (T_d - T_2)$$

yoki, bu tenglamani devor temperaturasi (T_d) nisbatan yechib, idish devorini isish jarayonining matematik ifodasini olamiz:

To‘rtinchi“elementar” jarayon matematik ifodasi

Modda issiqligi Q , unga kelayotgan va ketayotgan issiqlikka bog'liq o'zgaradi. (issiqlik balansi tenglamasi).

$$\frac{dQ}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{ket}$$

bunda, $Q = \rho \cdot V \cdot C \cdot T_2$

(ρ ; V ; C ; T_2 - moddaning solishtirma og'irligi, xajmi, issiqlik sig'imi va temperaturasi).

Q_{kel} - moddaga kelayotgan issiqlik, $Q_{kel} = \rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1 + \alpha_2 \cdot F_2 (T_{st} - T_2)$, bunda, $\rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1$ - modda bilan idishga kelayotgan issiqlik; $\alpha_2, F_2, (T_d - T_2)$ - devordan moddaga berilayotgan issiqlik.

Q_{ket} - idishdan olib ketilayotgan issiqlik.

$$Q_{ket} = \rho \cdot G_2 \cdot C \cdot T_2.$$

Yuqoridagilarni issiqlik balansi tenglamasiga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$\frac{d(\rho \cdot C \cdot V \cdot T_2)}{d\tau} = \rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1 + d_2 \cdot F_2 (T_n - T_2) - \rho \cdot C \cdot G_2 \cdot T_2$$

Bu differensial tenglamani yechishda idishdagi modda xajmi ham, temperaturasi ham vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligini hisobga olish kerak, ya'ni

$$\rho \cdot C \cdot T_2 \frac{dV}{d\tau} + \rho \cdot C \cdot V \frac{dT_2}{d\tau} = \rho \cdot G_1 \cdot C \cdot T_1 + \alpha_2 \cdot F_2 (T_n - T_2) - \rho \cdot C \cdot G_2 \cdot T_2$$

Ushbu tenglamani modda temperaturasi T_2 nisbatan yechib, idishdagi moddaning isish jarayonining matematik ifodasini olamiz:

$$\frac{dT_2}{d\tau} = \frac{G_1 T_1}{V} + \frac{\alpha_2 \cdot F_2 (T_n - T_2)}{\rho \cdot C \cdot V} - \frac{G_2 T_2}{V} - \frac{T_2 (G_1 - G_2)}{V}$$

Elementar jarayon tenglamalarini bir tenglamalar tizimsiga birlashtirib, bug' qobig'i bor gidravlik idishda ketayotgan jarayonning matematik modelini olamiz.

Bu tenglamalar tizimsidagi differensial tenglamalarni yechishda Eyler usulidan foydalanib, masalani yechish ketma-ketligini aniqlaymiz va masalani yechish blok-sxemasini tuzamiz.

Tayanch so'z va iboralar

1. Gidravlik idishni modellashtirish - gidravlik idishda ketayotgan jarayonlarni uning modeli yordamida yrganish.
2. Moddiy balans tenglamasi - massalarning saqlanish qonuni asosida tuzilgan moddalar balansi tenglamasi.
3. Moddaning yigilish tezligi - modda miqdorining vaqt b'yyicha yzgarishi.
4. Kelish sarfi - idishga kirayotgan modda sarfi.
5. Chikish sarfi - idishdan chiqib ketayotgan modda sarfi.
6. Ventilning utkazish koeffisiyenti - ventilning ochiqlik darajasini kyrsatuvchi va modda sarfi qiymatini belgilovchi koeffisiyent.
7. Masalani takribiy xisoblash usuli- oddiy birinchi tartibli differensial tenglamani taqribiy xisoblash usuli (Eyler usuli).

8. Eyler usuli- taqribiy xisoblash usuli.
9. Masalani yechish algoritmi- masalani yechish ketma-ketligi.
10. Boshlangich qiymatlarni kiritish bloki- kiritish operatorlari yordamida masalani boshlang'ich shartlarini kiritish.
11. Xisoblash bloki- matematik modelni yechish bloklari.
12. Olingan natijalarni chikarish bloki- olingan natijani ekranga chiqarish
13. PRINT operatori- izox berish operatori
14. READ, DATA, INPUT - kiritish operatorlari
15. FOR, TO, NEXT - takrorlanuvchi xisoblash jarayonlari operatorlari.
16. Ob'yektning stasionar xolati- muvozanatlangan xolat
17. Dinamik xarakteristika- ob'yektdagi y'tish jarayonini ifodalovchi xarakteristika, ya'ni, muvozanatlangan xolatda ob'yektning pog'onali turtkiga b'ylgan reaksiyasi.
18. Isitgichni modellashtirish- isitgichda ketayotgan jarayonni uning matematik modelida olingan natijalar b'yyicha y'rganish.
19. «Elementar» jarayenlar
20. Bug' qobig'i bor idishda moddaning yigilish jarayoni- modda miqdorini vaqt b'yyicha y'zgarishi.
21. Bug'ning bug' qobig'ida agregat xolatini y'zgarish jarayoni- bug'ning kondensat xolatiga y'tishi.
22. Idish devorini isitish jarayoni- devor issiqligini vaqt b'yyicha y'zgarishi.
23. Moddani isitish jarayoni- modda issiqligini vaqt b'yyicha y'zgarishi.

Nazorat savollari.

1. Gidravlik idishda moddaning yig'ilish jarayonini qanday matematik ifodalanadi?
2. Taqribiy Eyler xisoblash usulini moxiyati.
3. Texnologik parametrlarni kompyuterga kiritishni qanday tashkil etish mumkin?
4. Bug' qobig'i bor gidravlik idishni modellashtirishda unda qanday «Elementar» jarayonlarni ko'rsatish mumkin?
5. 20-rasmda berilgan xisoblash algoritmini 19-rasmdagidan qanday ustunligi bor?

5– ma'ruza Oziq-ovqat injiniringida modellashtirishga misollar

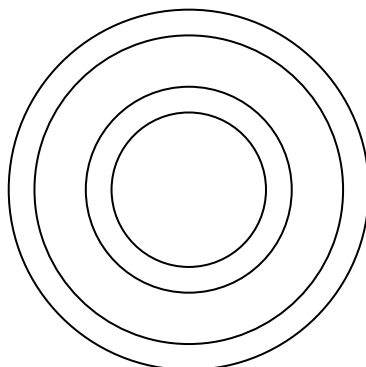
Reja:

1. Trubasimon isitgichni modellashtirish
 - a) Matematik modeoni tuzish;
 - b) Masalani yechish dasturini tuzish
2. Kimyoviy reaktorlarni modellashtirish
3. Davriy kimyoviy reaktorlarni modellashtirish

TRUBASIMON ISITGICHNI MODELLASHTIRISH

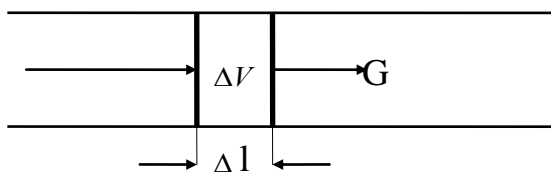
Kimyo va oziq - ovqat texnologik tizimlarida trubasimon isitgichlar keng tarqalgan bo'lib, ularda isitish jarayoni isitilayotgan modda bilan isituvchi agentni ajratib turuvchi devor orqali amalga oshiriladi.

Trubasimon isitgich konstruksiyasini, ikkita bir birining ichiga koaksial joylashtirilgan ikki truba ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. (21-rasm).



21-rasm.

Ikki truba orasidagi bo'shliqqa odatda, isitish agenti - bug' beriladi. Isitilayotgan maxsulot ichki truba orqali berilib, undagi oqimlarning gidrodinamik tuzilishini ideal siqib chiqarish modellaridagidek deb qabul qilish mumkin. Shu oqimda qandaydir kichik «elementar» xajmni ko'raylik (22-rasm).



22-rasm.

Bu elementar xajmga kirishda modda temperaturasini $T(l, \tau)$ ko'rinishda va chiqishda $T(l + \Delta l, \tau)$ ko'rinishda tasavvur qilish mumkin.

Bu elementar xajmda oqimlar tuzilishini ideal aralashtirish modelidagidek deb qabul qilish mumkin, ya'ni bu elementar xajmda faqat ko'ndalang kesim bo'yicha emas, balki uzunasiga ham aralashtirish mavjud deb qabul qilinadi. Yuqoridagilarni hisobga olib shu xajm uchun issiqlik balansi tenglamasini yozish mumkin.

$$\frac{dQ}{d\tau} = Q_{np} - Q_p \quad \text{yoki}$$

$$\frac{d(\rho \cdot \Delta V \cdot C \cdot T(l + \Delta l, \tau))}{d\tau} = \rho \cdot C \cdot G \cdot T(l, \tau) -$$

$$- \rho \cdot C \cdot G \cdot T(l + \Delta l, \tau) + \alpha \cdot F (T_0 - T(l + \Delta l, \tau))$$

Bu yerda, $\Delta V = S \cdot \Delta l$ va $F = 2\pi r \cdot \Delta l$, (ΔS - trubaning kesim yuzasi; F- trubaning issiqlik o'tkazish yuzasi; r -trubaning radiusi, odatda u, $r = \frac{r_n + r_m}{2}$ tenglama bo'yicha aniqlanadi, bunda r_i, r_t - trubaning ichki va tashqi radiusi).

Matematik o'zgartirishlardan so'ng quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{dT(\ell + \Delta\ell, \tau)}{d\tau} = \frac{\rho \cdot C \cdot G \cdot T(\ell, \tau)}{\rho \cdot C \cdot S \cdot \Delta\ell} - \frac{\rho \cdot C \cdot G \cdot T(\ell + \Delta\ell, \tau)}{\rho \cdot C \cdot S \cdot \Delta\ell} + \frac{\alpha 2\pi r \Delta\ell (T_0 - T(\ell + \Delta\ell, \tau))}{\rho \cdot C \cdot \Delta\ell \cdot \pi \cdot r^2}$$

Chiziqli tezlik (ω), sarfning (G) truba kesim yuzasiga (S) nisbati bo'yicha aniqlanishini hisobga olib, ma'lum bir matematik o'zgartirishlardan so'ng, yuqoridagi tenglamani quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\frac{dT(\ell + \Delta\ell, \tau)}{d\tau} = -\omega \frac{(T(\ell + \Delta\ell, \tau) - T(\ell, \tau))}{\Delta\ell} + \frac{2\alpha(T_0 - T(\ell + \Delta\ell, \tau))}{\rho \cdot C \cdot r}$$

$T(\ell + \Delta\ell, \tau) - T(\ell, \tau)$, mahsulot temperaturasini Δl masofadagi o'zgarishi ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{\partial T(\ell + \Delta\ell, \tau)}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial T}{\partial \ell} + \frac{2\alpha(T_0 - T(\ell + \Delta\ell, \tau))}{\rho \cdot C \cdot r}$$

Ushbu matematik model parametrlari taqsimlangan model bo'lib, jarayonning dinamikasini ifodalaydi va unda temperatura ikki koordinata bo'yicha (vaqt va apparat uzunligi) o'zgaradi.

Stasionar holatda, $\frac{dT(\ell + \Delta\ell, \tau)}{d\tau} = 0$,

(4.1.) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$-\omega \frac{dT}{d\ell} + \frac{2\alpha}{\rho \cdot C \cdot r} (T_0 - T(\ell + \Delta\ell, \tau)) = 0$$

yoki

$$\frac{dT}{d\ell} = \frac{2\alpha \cdot \pi \cdot r^2}{G \cdot \rho \cdot C \cdot r} (T_0 - T)$$

Eyler usulini qo'llab, apparat uzunligi bo'yicha temperaturaning taqsimlanishi va isitigichning optimal uzunligini aniqlash kabi masalalarni yechish mumkin.

KIMYOVIY REAKTORLARNI MODELLASHTIRISH

Kimyoviy kinetika fizik kimyoning kimyoviy reaksiya tezligini yrganuvchi b'ylimidir. Kimyoviy reaktorlarni yrganish, shu reaktor jarayonini tashkil qiluvchi

«elementar» jarayonlar matematik modellari asosida amalga oshiriladi, ya'ni, blok prinsipi q'llaniladi:

birinchidan, mikrokinetika y'rganiladi, ya'ni kimyoviy kinetika tezligi y'rganiladi;

ikkinchidan, gidrodinamika y'rganiladi, ya'ni, oqimlar tuzilishi y'rganiladi; uchinchidan, issiqlik-modda-almashinuv jarayoni y'rganiladi va boshqalar.

Kimyoviy jarayon mikrokinetikasini y'rganish, shu jarayon kimyoviy reaksiya tezligi t'yg'risida ma'lumotni, ya'ni, vaqt va xajm birligida qancha modda xosil b'lganligini aniqlashni hisobga oladi

$$W_r = \frac{1 * dN}{V * dT}$$

bunda, $N = C * V$, y'niga q'yyib topamiz,

$$W_r = \frac{1 * d(CV)}{V * dT} = \frac{1}{V} (C \frac{dV}{dt} + V \frac{dC}{dt}),$$

yoki

$$W_r = \frac{C}{V} \frac{dV}{dt} + \frac{dC}{dt},$$

Y'zgarmas xajmda ketayotgan reaksiyalar uchun ($V = \text{const}$), $\frac{dV}{dt} = 0$;

shuning uchun

$$W_r = \mp \frac{dC}{dt},$$

(+) - ishora reaksiya natijasida modda miqdori oshib borishini k'rsatadi;

(-) - ishora reaksiya natijasida modda miqdori kamayishini k'rsatadi;

Y'zaro ta'sir qonuniga asosan kimyoviy reaksiya tezligi, reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentrasiyasiga proporsional, ya'ni,

$$W_r = k * C_A^{n1} * C_B^{n2};$$

bu yerda, $n1, n2$ - kimyoviy reaksiya tartibi;

Elementar, bir bosqichli kimyoviy reaksiyalar uchun, reaksiya tartibi va reaksiya stexiometrik koeffisiyentlari bir xil qiymatga ega b'yladi. (Kimyoviy reaksiya bir bosqichda ketayotgan b'ylsa u elementar hisoblanadi).

k - kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi (sek^{-1}), molekula turiga va temperaturasiga bog'liq. Ma'lum bir molekula uchun y'zgarmas temperaturada, k -sonst.

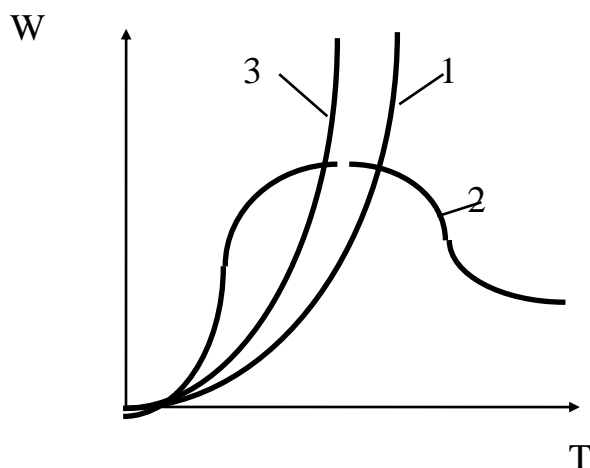
k va temperatura orasidagi bog'liqlikni odatda Arreynius qonuni orqali ifodalanadi,

$$k = k_0 * e^{-E/RT}$$

bu yerda, k_0 - eksponenta oldi koeffisiyenti (y'zaro t'ynashayotgan molekular soniga bog'liq);

E - aktivlik energiyasi (uning qiymati oshishi bilan reaksiya tezligi k'proq temperaturaga bog'liq b'yladi. Rasm 23.).

k_0 va E tajriba y'li bilan aniqlanadi.



Rasm.23.

- 1-3- chiziqlar oddiy elementar kimyoviy reaksiyalar uchun.
 2- chiziq murakkab kyp bosqichli va qaytar kimyoviy reaksiyalar uchun.

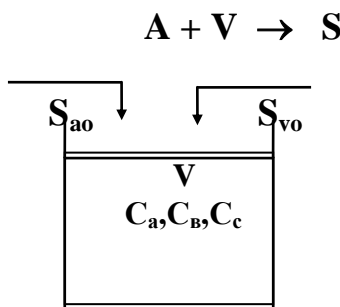
Davriy kimyoviy reaktorlarni modellashtirish

Davriy kimyoviy reaktorlarda, mahsulot reaktorga yuklangandan so'ng, moddaning bir turdan ikkinchi turga aylanish jarayoni ketada.

Kimyoviy reaktorlarda ketayotgan jarayonlarni matematik modellashtirish yo'li bilan o'rganishda, avval kimyoviy jarayonning stexiometrik tenglamasi tuziladi, so'ngra reaksiya molekulyarligi va tartibi aniqlaniladi. Agar kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi qiymati noma'lum bo'lsa, unda uning qiymatini eksperimental yo'l bilan aniqlanib, so'ngra kinetik tenglamalar tuziladi.

Faraz qilaylik, davriy kimyoviy reaktorda (24-rasm) quyidagi stexiometrik tenglama bo'yicha elementar kimyoviy jarayon ketayapti:

bu yerda, **A va B** - o'zaro ta'sirga kirayotgan moddalar; **C** - reaksi mahsuli; **k** - reaksiya tezligi konstantasi (odatda uning qiymati eksperimental aniqlanadi).



24-rasm.

Ushbu kimyoviy reaksiyani elementarligini hisobga olib, kimyoviy reaksiya tezligi W_r ni quyidagicha yozish mumkin:

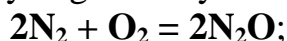
$$W_r = V \cdot k \cdot C_a \cdot C_b$$

bu yerda, C_a, C_b - o'zaro ta'sirga kirayotgan **A** va **B** moddalar konsentrasiyalari; V - reaktordagi moddalar xajmi.

Reaksiya komponentlarining molekulyar og'irligi M_a, M_b i M_c . Massalarning saqlanish qonuniga binoan:

$$M_a + M_b = M_c$$

Masalan, quyidagi reaksiya uchun:



$$M_a = 4, M_b = 32, M_c = 36, \text{ ya'ni, } 4+32=36.$$

Massalarning saqlanish qonunini hisobga olib, keltirilgan o'zgarimas sarf kattaligini hisoblab topishimiz mumkin,

$$a = M_a/M_c; b = M_b/M_c$$

Bu o'zgarimas sarf kattalıkları, Q_c modda olish uchun kerak bo'lgan **A** va **B** modda miqdorlarini hisoblashda kerak bo'ladi.

$$Q'_a = aQ_c; Q'_b = bQ_c$$

A, **B** va **C** modda miqdorları o'zgarishini (Q_a, Q_b i Q_c) quyidagi tenglamalar yordamida hisoblaniladi:

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_{a0} - a \cdot Q_c \\ Q_b &= Q_{b0} - b \cdot Q_c \\ Q_c &= C_c (Q_{a0} + Q_{b0}) \end{aligned}$$

bu yerda, Q_{a0} va Q_{b0} , **A** va **B** moddalarning boshlang'ich miqdorları.

A va **B** komponentlar konsentrasiyalarini (S_a, S_b) hisoblash uchun, quyidagi tenglamalardan foydalanish mumkin:

$$\begin{aligned} S_a &= (Q_{a0} - a \cdot Q_c) / (Q_{a0} + Q_{b0}) \\ S_b &= (Q_{b0} - b \cdot Q_c) / (Q_{a0} + Q_{b0}) \end{aligned}$$

Kimyoviy jarayon ketishi bilan, kimyoviy reaksiya kinetikasini hisobga olib, **A** va **B** moddalarning o'zaro ta'siri natijasida, modda miqdorini ($V \cdot S_c$) o'zgarishini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\partial(V \cdot C_c)}{\partial \tau} = V \cdot k \cdot C_a \cdot C_b$$

Davriy reaktorlarda kimeviy jarayon y'zgarimas xajmli reaktorlarda ketishini xisobga olib (5.3) tenglamani quyidagicha yozamiz:

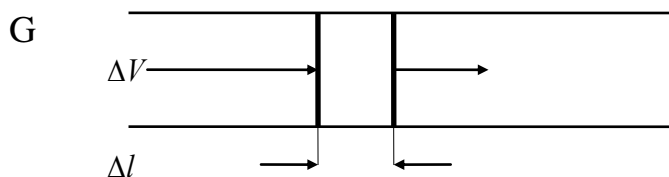
$$\frac{\partial C_c}{\partial \tau} = k \cdot C_a \cdot C_b$$

Yuqoridagi tenglamalarni bir tenglamalar tizimsiga keltirib, davriy kimyoviy reaktorni matematik modelini olamiz.

Trubasimon kimyoviy reaktorlarni modellashtirish

Trubasimon kimyoviy reaktorlarda, odatda har xil kimyoviy jarayonlar uzluksiz ravishda ketadi, ya'ni, moddalar reaktordan o'tib borishida, o'zaro ta'sirga kirayotgan modda konsentrasiyalari o'zgarib boradi.

Trubasimon reaktorni ko'raylik (26-rasm). Reaktorga yuklangan moddalar, reaktordan o'tib borishi jarayonida, o'zaro kimyoviy ta'sir natijasida konsentrasionalari o'zgarib boradi.



26-rasm.

Ushbu jarayonning matematik modelini tuzish uchun, ΔV elementar xajmda ketayotgan jarayonni ko'rib chiqaylik. Bu elementar xajmga modda ma'lum bir parametrlar bilan kirib, bir zumda shu elementar xajmga tarqaladi. Elementar xajmdagi jarayonlarning shunday tasavvuriga asoslangan holda, shu elementar xajmdagi modda miqdorining o'zgarishi, unga kelayotgan va ketayotgan modda miqdorlariga va kimyoviy reaksiya tezligiga bog'lik deb, quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{d(\Delta V \cdot C(l + \Delta l, \tau))}{d\tau} = G \cdot C(l, \tau) - G \cdot C(l + \Delta l, \tau) - \Delta V \cdot W_r$$

bu yerda, Q - ushbu xajmdagi komponent miqdori, ya'ni,

$$Q = \Delta V \cdot C$$

C - ko'rilayotgan modda konsentrasiyasi;

G - reaktordan o'tayotgan modda sarfi;

W_r - kimyoviy reaksiya tezligi.

Matematik o'zgartirishlardan so'ng:

$$\frac{dC(l + \Delta l, \tau)}{d\tau} = \frac{C}{\Delta V} (C(l, \tau) - C(l + \Delta l, \tau)) - \frac{\Delta V}{\Delta V} \cdot W_r$$

$\Delta V = S \cdot \Delta l$, ni hisobga olib (S - reaktor kesim yuzasi) quyidagini olamiz

$$\frac{dC(l + \Delta l, \tau)}{d\tau} = \frac{G}{S} \left(\frac{C(l + \Delta l, \tau) - C(l, \tau)}{\Delta l} \right) - W_r$$

Agar, $S(l + \Delta l) \cdot C(l, \tau)$, bu konsentrasiyani reaktor uzunligi bo'yicha o'zgarishi ekanligini hisobga olsak, unda yuqoridagi tenglamani xususiy hosila ko'rinishida yozishimiz mumkin, ya'ni, bu reaktorda konsentrasiyani o'zgarishi ham vaqt bo'yicha, ham reaktor uzunligi bo'yicha bo'lishini ko'ramiz.

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\omega_c \frac{\partial C}{\partial l} - W_r$$

bunda, ω - oqimning chiziqli tezligi, quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi,

$$\omega_c = \frac{G}{S}$$

Shunday qilib, trubasimon reaktorlarda ketayotgan jarayon, oqimlar tuzilishi bo'yicha ideal siqib chiqarish modellariga mos kelar ekan.

Faraz qilaylik, bu reaktorda quyidagi stexiometrik tenglama bo'yicha kimyoviy reaksiya ketmoqda:



Unda, bu elementar kimyoviy jarayon uchun, kimyoviy reaksiya tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$W_r = k \cdot C_a \cdot C_b$$

bu yerda, k - kimyoviy reaksiya tezligi konstantasi; C_a , C_b - o'zaro ta'sirga kirishayotgan \mathbf{A} va \mathbf{B} komponentlar konsentrasiyalari.

(6.2) tenglamani hisobga olib, o'zaro ta'sirga kirayotgan modda konsentrasiyalarini o'zgarishining matematik ifodasi, quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\partial C_a}{\partial \tau} = -\frac{G}{S} \cdot \frac{\partial C_a}{\partial l} - W_r$$

$$\frac{\partial C_b}{\partial \tau} = -\frac{G}{S} \cdot \frac{\partial C_b}{\partial l} - W_r$$

$$\frac{\partial C_c}{\partial \tau} = -\frac{G}{S} \cdot \frac{\partial C_c}{\partial l} + W_r$$

Moddalarning konsentrasiyalarini reaktor uzunligi bo'yicha taqsimlanishini hisoblash, odatda stasionar rejimda amalga oshiriladi, ya'ni

$$\frac{\partial C_a}{\partial \tau} = 0; \quad \frac{\partial C_b}{\partial \tau} = 0; \quad \frac{\partial C_c}{\partial \tau} = 0$$

Bu jarayonning stasionar holat uchun matematik ifodasi quyidagicha:

$$\frac{\partial C_a}{\partial l} = -\frac{1}{\omega_c} \cdot k \cdot C_a \cdot C_b$$

$$\frac{\partial C_b}{\partial l} = -\frac{1}{\omega_c} \cdot k \cdot C_a \cdot C_b$$

$$\frac{\partial C_c}{\partial l} = -\frac{1}{\omega_c} \cdot k \cdot C_a \cdot C_b$$

Oqimning chiziqli tezligini (ω_s), alohida komponentlarning sarflarini hisobga olgan holda, quyidagicha yozish mumkin:

$$\omega_c = \frac{\frac{G_a}{\rho_a} + \frac{G_b}{\rho_b} + \frac{G_c}{\rho_c}}{S} \quad (6.5)$$

bu yerda, G_a , G_b , G_c - \mathbf{A} , \mathbf{V} , \mathbf{S} komponentlarning sarflari;

ρ_a , ρ_b , ρ_c - \mathbf{A} , \mathbf{V} , \mathbf{S} komponentlarning solishtirma og'irliklari.

Ma'lum miqdorda Q_c modda olish uchun kerakli, \mathbf{A} va \mathbf{V} modda miqdorini aniqlash uchun, keltirilgan sarf o'zgarimas kattaligini aniqlash kerak,

$$\mathbf{G}_a = \mathbf{a} \cdot \mathbf{G}_s; \quad \mathbf{G}_b = \mathbf{b} \cdot \mathbf{G}_s$$

bu yerda, G_a, G_b - S moddaning ma'lum bir miqdorini (G_c) olish uchun kerak bo'lgan A va V modda miqdorlari; a va b - A va V moddalarning keltirilgan sarf o'zgarmas kattaliklari.

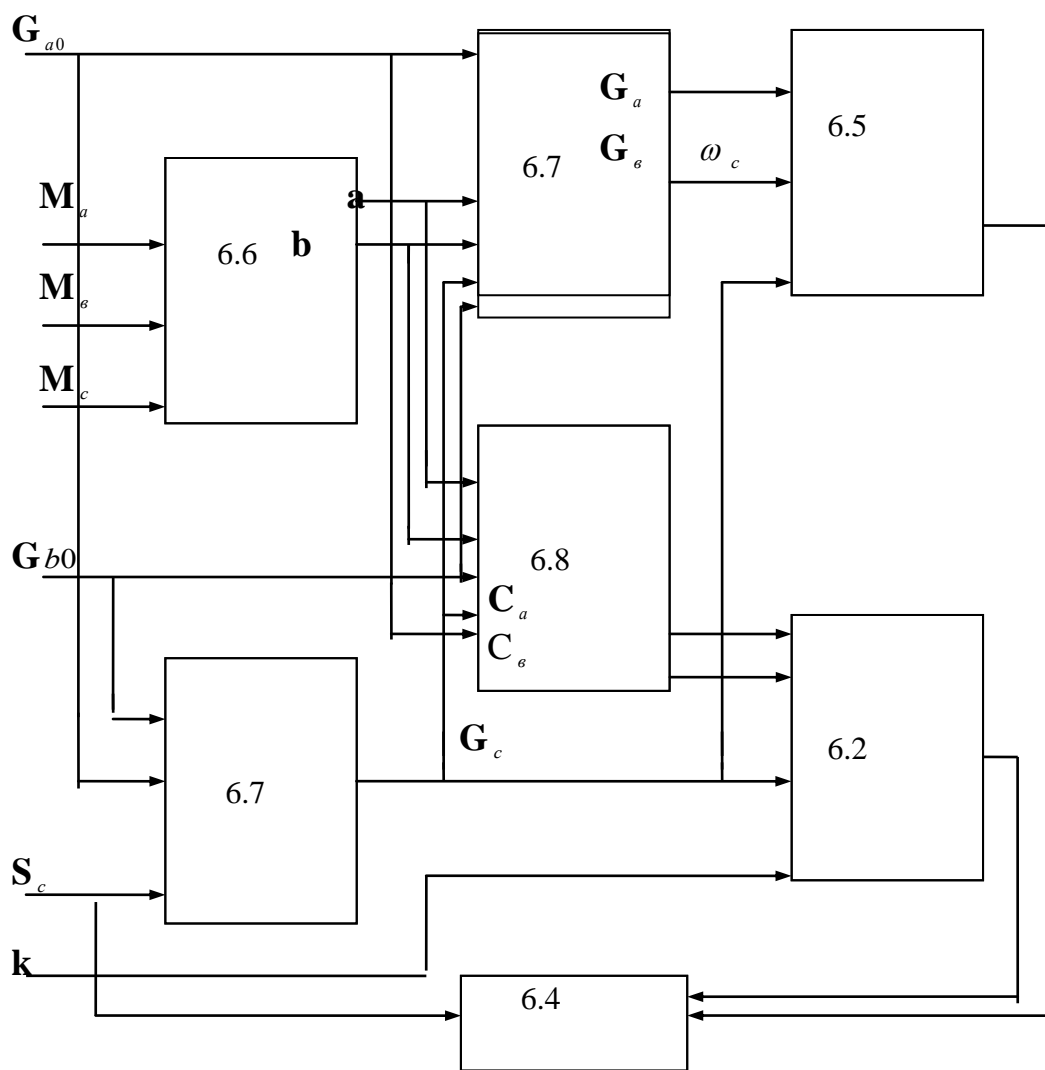
Masalan, quyidagi reaksiyani ko'raylik, $2N_2 + O_2 \rightarrow 2N_2O$
bu reaksiya uchun,

$$M_a + M_b = M_c,$$

bunda, $M_a = 4$; $M_b = 32$; $M_c = 36$. Bularni hisobga olib, birinchi va ikkinchi komponentlar uchun keltirilgan sarf o'zgarmas kattaliklarini hisoblab topish mumkin:

$$a = M_a/M_c; \quad b = M_b/M_c, \quad (6.6)$$

bu yerda, M_a, M_b, M_c - A, V va S komponentlarning molekulyar og'irliklari.



27-rasm.

Yuqoridagilarni hisobga olib, G_a , G_b , G_c larni hisoblash tenglamalarini yozamiz:

$$G_a = G_{a0} - a \cdot G_c \quad (a)$$

$$G_b = G_{b0} - b \cdot G_c \quad (b) \quad (6.7)$$

$$G_c = C_c (G_{a0} + G_{b0}) \quad (c)$$

S_a , S_b va S_c konsentrsiyalarni hisoblash uchun quyidagi tenglamalardan foydalanish mumkin:

$$S_a = (G_{a0} - a \cdot G_c) / (G_{a0} + G_{b0}) \quad (a)$$

$$S_b = (G_{b0} - b \cdot G_c) / (G_{a0} + G_{b0}) \quad (b) \quad (6.8)$$

$$S_c = G_c / (G_{a0} + G_{b0}) \quad (c)$$

Yukoridagi tenglamalarni bir tenglamalar tizimsiga keltirib, uzluksiz kimyoviy reaktorni matematik modelini olamiz, hisoblash usulini tanlab, masalani yechish ketma-ketligini aniqlaymiz.

Tayanch soʻz va iboralar

1. Trubasimon kimyoviy reaktorni modellashtirish - trubasimon reaktorda ketayotgan kimyoviy jarayonni matematik modeli yordamida yrganish;
2. Modda konsentrasiyasini apparat uzunligi buyicha taksimlanishi - reaktorning uzunligi b'yyicha xar bir nuqtasidagi moddaning konsentrasiyasi;
3. Stasionar xalat uchun jarayenning matematik ifodasi - jarayonning muvozanatlangan xolatiga mos keluvchi matematik ifoda;
4. Nostasionar xalat uchun jarayenning matematik ifodasi - jarayonning nomuvozanatlangan xolatiga mos keluvchi matematik ifoda;
5. Masalani yechish algoritmi - masalani yechish ketma-ketligi;
6. KTTni xisoblash eksperimenti (XE) usuli bilan urganish - KTTni uning matematik modeli yordamida kompyuterda eksperiment ytkazish y'li bilan yrganish;
7. Naturadagi (ob'yektning uzida) eksperiment - texnologik ob'yektda ytkaziladigan tajriba;
8. XE utkazib texnologik jarayonni taxlil kilish masalasini yechish - komp'yuterda texnologik jarayonni uning modeli yordamida taxlil kilish;
9. XE utkazib texnologik jarayonni sintez kilish masalasini yechish - komp'yuterda texnologik jarayonni uning modeli yordamida taxlil kilish;
10. XTE natijalarini taxlil kilish - XTE natijalarini texnologik ob'yektdagi natijalarga qanchalik mosligini aniqlash;
11. Loyixa yechimlarini generasiya kilish - loyixa yechimlari b'yyicha xulosa qilish;
12. Model adekvatligini tekshirish - modelni real jarayonga mosligini tekshirish;
13. Loyixa yechimlarini kabul kilish - olingan natijalarni solishtirib yechim qabul qilish;
14. XTEni utkazishni tashkil kilish sxemasi - XTE ni ytkazish ketma ketligini aniqlash.

Nazorat savollari

1. Trubasimon kimyoviy reaktorlarda ketayotgan jarayon, oqimlar tuzilishi bo'yicha, qaysi ideal modellarga mos keladi?
2. Trubasimon kimyoviy reaktorlarda ketayotgan jarayonning matematik modeli parametrlari taqsimlangan modelmi, yoki parametrlari mujassamlangan modelmi?
 1. Jarayonning matematik modeliga kirgan sarf o'zgarmas kattaliklari nima uchun xisoblanadi?
 2. 27-rasmda keltirilgan masalani xisoblash algoritmiga qarab, masalani yechish

- ketma-ketligi aytib bering?
3. Xisoblash eksperimenti yordamida qanday masalalar yechiladi?

6– ma’ruza Texnologik jarayon va tizimlarni optimallashtirish

Reja:

1. Asosiy tushunchalar va ta’riflar;
2. Texnologik jarayonlarining samaradorlik kўrsatkichlari.
3. Optimallik kriteriysi turlari. Maqsad funksiyasi.
4. Chiziqsiz dasturlash usullari.
 - gradiyent usullari;
 - nogradiyent usullari.

Asosiy tushunchalar va ta’riflar

Optimum sўzi, eng yaxshi mazmunini beradi. Optimallashtirish - bu insonning optimumni, ya’ni, eng yaxshi shart-sharoitlarni aniqlash maqsadida qilgan xatti-xarakatlaridir.

Xar qanday optimallashtirishda tizimning ishlash sharoitlarining juda kўp variantlari mavjudligini va bularni baholab turib ikki solishtirilayotgan variantlarning qaysi biri yaxshiligini aniqlash mumkinligini tasavvur qilinadi.

Optimallashtirish masalasini qўyilishida optimallashtirilayotgan tizimni miqdoran baholash imkoniyatiga ega b‘lshimiz kerak. Bu tizimning xar xil sharoitlarda ishlaganda bir-biriga solishtirish imkonini beradi vag u optimallik kriteriysi deb ataladi. Odatda optimal sharoitlarga optimallik kriteriysining eng katta yoki eng kichik qiymatlari t‘yg‘ri keladi. Masalan, optimallik kriteriysi olinayotgan maxsulotning tannarxi b‘lsa, unda optimal sharoit b‘lib tannarxning eng kichik qiymati t‘yg‘ri keladi.

Optimallashtirish masalasini yechishda faqat bitta kattalikni ekstremal qiymatini topishni talab qilish kerak. Bir vaqtning yzida tizimga ikki va undan kўp optimallik kriteriysini berish mumkin emas. Chunki, bir kriteriy b‘yicha topilgan ekstrimum ikkinchi kriteriyga mos kelmaydi. Shuning uchun, masalan, eng katta unumdorlikda, eng kichik tannarxga erishish masalasi, not‘yg‘ri q‘yilgan masaladir. Masala t‘yg‘ri q‘yilgan hisoblanadi, qachonki, eng kichik tannarxni berilgan unumdorlikda, yoki, eng katta unumdorlikni berilgan tannarxda topish kerak b‘lsa. Birinchi xolda optimallik kriteriysi tannarx, ikkinchisida, unumdorlikdir.

Optimizasiya masalalarini q‘yilishida tizim xolatlarini yzgartirish imkoniyatlariga ega b‘lshimiz kerak. Bu qiymatlari yzgartirish mumkin b‘lgan parametrlar, boshqaruvchi kattaliklar (ta’sirlar) deyilib, ularga xar xil texnologiya parametrlari kirishi mumkin.

Masalan, reaktorda $A \rightarrow P \rightarrow S$ kimyoviy jarayon ketayapti va bu jarayonning sifati oraliq maxsulot R ning konsentrasiyasi S_r bilan aniqlanadi. S_r ning xar xil qiymatlari shu apparat ichidagi modda miqdori (V) va uning temperaturasi (T) ga bog‘liq va xakozo. Agar V va T larni ishlab chiqarish sharoitiga muvofiq yzgartirish

imkoniyatiga ega бўлсак, unda bu parametrlar ushbu texnologik jarayonning boshqaruvchi parametrlari hisoblanadi. Optimallashtirish masalasini yechishda, optimallik kriteriysining eng yaxshi qiymatlarini ta'minlovchi boshqaruvchi parametrlar qiymatlari aniqlanadi.

Tyexnologik jarayonlarining samaradorlik kўrsatkichlari

Tyexnologik tizimini ishlash sifatini umumiy kўrinishda, ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorlik kўrsatkichlaridan foydalanib baholash mumkin. Jarayonlarning iqtisodiy samaradorligi quyidagi kўrsatkichlar bōyicha baholanadi:

1. Unumdorlik, V - vaqt birligidagi maxsulot birligi miqdori;
2. Kopital mablag'lar xajmi, F (Fondlar) - pul birligi miqdori;
3. Ekspluatasiya xarajatlari, E (Ishlab-chiqarishni yuritish uchun) - vaqt birligida, pul birligi miqdori;
4. Ishlab-chiqarilayotgan maxsulotning sifat kўrsatkichlari, K .

Kimyo-texnologiya jarayonlarining iqtisodiy samaradorligini umumlashgan optimallik kriteriysi, yuqoridagi kўrsatkichlardan bog'liq qandaydir funksiya kurinishida tasavvur qilish mumkin, ya'ni,

$$R = f(V, F, E, K).$$

Bu R funksiyaning aniq kўrinishi, optimizasiya masalasining qōyilishiga qarab, har xil bōlishi mumkin. R funksiyaning aniq kўrinishini yozish uchun, ushbu ishlab chiqarishni chuqur, har tomonlama iqtisodiy tahlil qilib chiqish kerak bōladi.

Kōp ishlatiladigan iqtisodiy optimallik kriteriylarini kōrib chiqaylik.

Optimallik kriteriysining turlari

1. Ishlab chiqatilayotgan mahsulot tannarxi, ishlab chikarilayotgan mahsulot tannarxi, shu mahsulot ishlab chiqarishga ketgan tula harajatlar yig'indisidir. Ishlab chiqarishga kegan tula harajatlar quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{pr} = S_c + S_t + S_p$$

Bu yerda,

S_c - tula ishlab chiqarish uchun xom-ashyo narxi (pul birligi/vaqt birligi). quyidagi tenglama orqali aniqlanadi: $S_c = q \cdot S_c \cdot B$

S_c - mahsulot birligiga ketgan xom-ashyo narxi;

S_t - ishlab chiqarishga ketgan (joriy) harajatlar

Kuyidagi tenglama buyicha aniqlanadi: $S_t = q \cdot S_t \cdot V$

S_t -mahsulot birligiga ketgan joriy harajatlar. Bu harajatlarga (joriy), elektroenergiya, bug', suv va yordamchi materiallarga bulgan harajatlar kiradi.

S_p - o'zgarmas harajatlar. U ishlab chiqarilayotgan mahsulot hajmiga bog'liq emas (pul birligi/vaqt birligi).

$$S_p = S_a + S_r$$

Bu yerda,

S_a - amortizasiyaga ajratilgan mablag'lar;

S_r - profilaktik remont, ITR oyligi va tayyor mahsulotni sotishga ketgan harajatlarning bir qismi.

Amortizasiyaga ajratilgan mablag' quyidagicha hisoblanadi:

$$S_a = F + N_a$$

N_a -amortizasiya normasi, quyidagicha topiladi:

$$N_a = F + R - L / F T$$

Bu yerda,

R- uskunalarni ta'mirlashga ketadigan harajatlar;

L- fondlarni likvidasiya narxi;

T- fondlarni ishlash muddati.

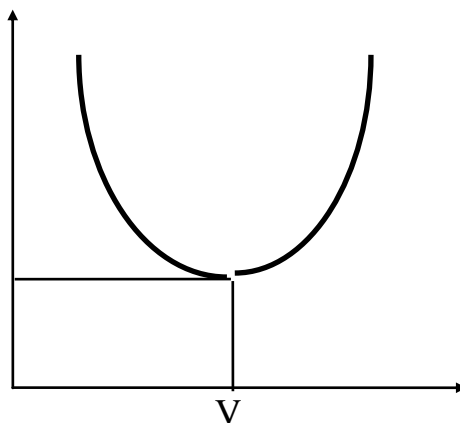
T va R- kattaliklar jarayonning olib borish sharoitlariga va uskunalarni ishlash sharoitlariga bog'liq.

Yuqoridagi hisoblash tenglamalaridan foydalanib, tannarx tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$S_{pr} = S_c + S_t + (F + R - L / V T) + S_r / V$$

Tannarxning unumdorlik bilan bog'liqligini k'yp uchraydigan k'yrinishi:

S_{pr}



29-rasm.

Ishlab chiqarilayotgan mahsulot tannarxi, optimallik kriteriysi sifatida katta kamchilikka ega. U tayyor mahsulot sifatini hisobga olmaydi. Mahsulot sifati, unga narx q'yilayotganda ani=namoyon buladi. Sifati yaxshi mahsulotning narxi, albatta, yuqori b'yladi. Shuning uchun, hozirgi vaqtda optimallik kriteriysi sifatida tannarx 'yrniga, mahsulotni sotishdan kelgan sof foydasi qabul qilinmoqda.

2. Mahsulotni sotganda olinadigan sof foyda.

Sof foyda yig'indisi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$P = V * (S_u - S_{pr})$$

bu yerda, S_y - mahsulot birligining narxi.

S_{pr} - mahsulot narxi, ishlab chiqilayotgan mahsulot sifatiga bog'liq, mahsulot sifati bo'lsa, ishlab chiqarishni qanchalik tashkil qilinganligi bilan aniqlanadi. Ya'ni sof foyda kriteriysi, nisbatan t'ylaroq optimallik kriteriysi b'ylib, u ishlab chiqarishni

optimal tashkil qilish uchun, tannarx kriteriysiga nisbatan qʻshimcha chora tadbirlari amalga oshirishni talab qiladi.

Sof foyda kriteriysi ham ma'lum kamchiliklarga ega. quyidagi misolni kʻraylik of foydasi bir xil, 20000 (pul birligi/vaqt birligi) bʻlgan ikki korxonalarni kʻraylik. Mahsulot sifati ikkala korxonada ham bir xil $S_y q100$ (pul birligi/vaqt birligi). Sof foyda kʻrsatkichi bʻyicha ikki korxonada bir xil ishlayotganda kʻrinadi. Ammo, bu sof foyda qanday paydo bʻlayotganligini kʻrib chiqaylik.

Birinchi korxonada $Vq1000$ (mahsulot birligi/vaqt birligi), mahsulotni $S_{pr}q80$ (pul birligi/vaqt birligi), tannarx bilan, ikkinchi korxonada $Vq2000$ mahsulotni $S_{pr}q90$ tannarx bilan ishlab chiqarayapti. Bunda sof foyda:

$$P_1=1000*(100-80)=20000$$

$$P_2=2000*(100-90)=20000$$

Sof foyda kriteriysi bʻyicha ikki korxonada bir xil ishlamoqda. Aslida, yaxshilab tahlil qilganimizda, ikkinchi korxonada ishlab chiqarishni yaxshiroq tashkil etish hisobiga olinayotgan sof foydani oshirish rezerviga ega. Sof foyda normasi kʻrsatkichi bu kamchilikdan xoli.

3. Sof foyda normasini, mahsulot sotishdan bʻlgan sof foyda yigʻindisini mahsulot ishlab chiqarishiga ketgan tʻla harajatlarga nisbati kʻrinishida tasavvur qilinadi.

$$N_p = \frac{\Pi}{B * S_{np}} = \frac{S_y - S_{IPP}}{S_{IPP}}$$

Kʻrib chiqilgan misol uchun sof foyda normasini hisoblab quyidagini olamiz:

$$N_{p1} = \frac{100 - 80}{80} = \frac{1}{4}$$

$$N_{p2} = \frac{100 - 90}{90} = \frac{1}{9}$$

Ya'ni, ikkinchi korxonada sof foyda normasi kichik, va bu korxonada ishlab chiqarishni yaxshiroq tashkil etish rezerviga ega ekanligini kʻrsatdi.

4. Keltirilgan harajatlar kʻrsatkichi (PZ), jarayonning injener-texnologik tomonlarini kʻrsatuvchi iqtisodiy effektivlik kʻrsatkichlaridan hisoblanadi. Keltirilgan harajatlar kʻrsatkichi quyidagicha ifodalanadi:

$$PZ = S_{pr} + Y_{eN} * KZ$$

bu yerda, KZ- solishtirma kapital harajatlar

Y_{eN} - kapital harajatlar samaradorligining tarmoq normativ koeffitsiyenti, kimyo sanoati uchun $Y_{eN} q0,3$

Keltirilgan harajatlar mahsulot tannarxini ham, uskunalarni tuzilishi va gʻylchamlarini hisobga oluvchi kapital harajatlarni ham gʻz ichiga oladi. qimmat xom-ashyo ishlatilayotgan korxonalarda keltirilgan harajatlar mahsulot tannarxiga yaqin bʻyladi va aksincha, xom-ashyo arzon bʻlgan korxonalarda, keltirilgan harajatlar, asosan kapital harajatlar bilan aniqlanadi.

Optimallashtirish masalalarini yechish usullari.

Kimyo texnologiyasining kyp ob'yektlarida optimallashtirish masalalarini yechishga t'yg'ri keladi. Optimallik kriteriysining k'yrinishi optimallashtirilayotgan ob'yekt xususiyatlariga va ishlab chiqarishag q'yyilayotgan u yoki bu talablarga qarab, har xil b'ylishi mumkin. Bu masalalarni yechish turli xil optimallashtirish usullaoini q'yllashni talab qiladi. qaysi usulni tanlash, optimizasiya masalasini q'yyilishiga va optimallashtirishda ishlatilayotgan matematik model k'yrinishiga bog'liq. Optimallashtirish masalalarini yechishda asosan quyidagi usullar ishlatiladi:

1. Funksiyani klassik tahlil qilish bilan yrganish usuli;
2. Lagranj usuli;
3. Variasion hisoblash usuli;
4. Dinamik dasturlash usuli;
5. Maksimum prinsipi;
6. Chiziqli dasturlash usuli;
7. Chiziqsiz dasturlash usuli.

Maqsad funksiyasi.

Texnologik jarayonlarni optimallashtirish jarayoning matematik modelidan foydalanib amalga oshiriladi. Bunda, optimal shart-sharoitlar avval jarayonning matematik modelida aniqlanib, s'yngra ishlab chiqarish uskunalarida tekshiriladi.

Optimallik kriteriysini texnologik parameirlar orqali ifodalangan matematik funksiyasiga k'yrinishiga, maqsad funksiyasi deyiladi.

Biz, optimallik kriteriysi maqsad funksiyasini (R) asosiy iktisodiy effektivlik k'yratkichlari orqali ifodasini (Rqf(V,E,F,K)) k'yrigan edik. Bu ifoda optimallik kriteriysining umumiy k'yrinishi. Konkret holda, maqsad funksiyasini quyidagiga ifodalash mumkin:

$$R=f(x_1,x_2,\dots,x_n)$$

bu yerda,

(x_1,x_2,\dots,x_n) - jarayonning asosiy parametrlari

R- maqsad funksiyasi.

Alohida parametrlarga x_j ($j=1,2,\dots, n$), umumiy holda, har xil tenglik k'yrinishidagi,

$$Y_j(x_1,x_2,\dots,x_n) \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

vag tengsizlik k'yrinishidagi

$$Y_j(x_1,x_2,\dots,x_n) \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

cheklamalar q'yyilgan b'ylishi mumkin.

Agar, maqsad funksiyasi analitik ifodasi ma'lum b'ylib, aytarlik murakkab b'ylmasa vag noma'lum yzgaruvchilar soni (m) katta b'ylmasa, unda optimallashtirish masalasini yechish uchun analitik usullarni q'yllash mumkin, ya'ni funksiyani klassik tahlil qilish usuli yoki Lagranj k'ypaytmalari usuli.

Agar, jarayon matematik modeli chiziqli tenglamalar orqali ifodalangan b'ylsa, unda chiziqli dasturlash usulini q'yllaniladi. Maqsad funksiyasi aniq bir k'yrinishda ifodalanmagan b'ylsa, unda ba'zi bir qiyinchiliklar vujudga keladi. Agar berilgan cheklamalar alohida yzgaruvchilarni (x_j) qiyin hisoblanadigan funksiyasi k'yrinishida

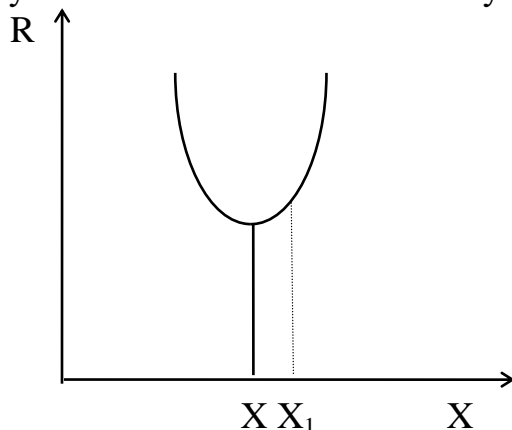
berilgan бўлса, unda optimal qiymatlarni hisoblab topish ancha mushkullashadi va maxsus hisoblash usullarini qўllashga tўg‘ri keladi.

Bu turdagi masalalar, matematikaning maxsus bōlimlari hisoblangan, chiziqsiz dasturlash bōlimida kōriladi.

Maqsad funksiyasini va cheklamalarni geometrik interpretasiyasi.

Optimallashtirish masalalarini yechishda, optimallik kriteriysining maqsad funksiyalashi eng yaxshi qiymatlariga mos keluvchi texnologik parametr qiymatlarini hisoblab topish kerak bōladi.

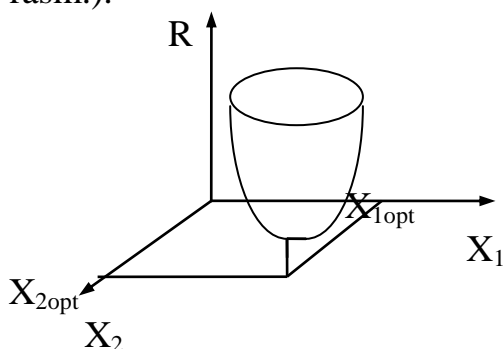
Optimallashtirish kriteriysini bitta texnologik parametrdan bog‘liq funksiyasini $R = f(x)$, 2-ōlchamli koordinata tizimida kōraylik (30-rasm.)



30-rasm.

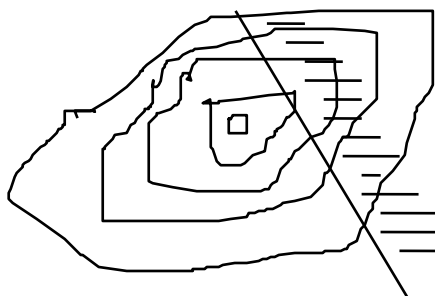
Bu masalaga $x < x_1$, cheklama qōyilgan. Bunda optimallik kriteriysi, texnologik parametr x dan bog‘liq ōzgaradi va $x < x_1$ cheklamaga asosan, optimumni x ning, x_1 dan kichik qiymatlarida qidirish kerak.

Agar, optimallik kriteriysi ikki texnologik parametrlardan (x_1 va x_2) bog‘liq bōlsa, unda bu funksiya ekstremumi, fazoda uning ōlchamli koordinata tizimida qidiriladi (31-rasm.).



31-rasm.

Optimallik kriteriysi 3 va undan kōp parametrlarga (n) bog‘liq bōlsa, unda n -ōlchamli tizimning geometrik interpretasiyasi quyidagicha:



32-rasm.

Chiziqsiz dasturlash usullari

Chiziqsiz dasturlash usullari ni kup qadamli yoki kursatkichlarni ketma-ket (qadamma-qadam) yaxshilash usuli sifatida tasavvur qilinadi. Bu usullarda hisoblash qadamini tug'ri tanlash nisbatan katta muammo hisoblanib, bu masalani tug'ri hal qilinishi u yoki bu usulni qullashni qanchalik samaradorligini kursatadi.

Chiziqsiz dasturlash usullarining kupchiligi n-ulchamli fazoda optimumga qarab harakatlanish taktikasini qullaydi. Bunda qandaydir boshlang'ich yoki oraliq holatdan $X^{(k)}$, keyingi holatga $X^{(k+1)}$, $X^{(k)}$ vektorini qaram deb nomlangan $\Delta X^{(k)}$ qiymatga uzgartirish bilan utiladi. Ya'ni,

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)}$$

(Bunda $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, ya'ni X , $((x_1, x_2, \dots, x_n))$ larning vektor kurinishdagi ifodasi deb qaraladi.)

Agar maqsad funksiyasining optimal qiymatiga uning eng kichik qiymati mos kelsa, unda muvaffaqiyatli qadamdan sung, quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$R(X^{(k+1)}) < R(X^{(k)})$$

Chiziqsiz dasturlashning usullarida qadam yunalishi va qiymati $X^{(k)}$ funksiyani qandaydir holatini $X^{(k)}$, holatini belgilovchi qandaydir funksiya kurinishida kuriladi.

$$\Delta X^{(k)} = \Delta X^{(k)}(X^{(k)})$$

Oldingi tenglamaga quyib, quyidagini olamiz:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)}(X^{(k)})$$

(ya'ni, $X^{(k)}$ holat funksiyasini hisobga olgan holda $X^{(k)}$ nuqtadan $\Delta X^{(k)}$ qadam quyiladi).

Ba'zi bir hollarda $\Delta X^{(k)}$ qadam faqat $X^{(k)}$ holatga emas, balki avvalgi holatlarga ham bog'liq buladi. Shunday qilib, chiziqsiz dasturlash usullarida qadam tanlash usuliga qarab quyidagi asosiy usullardan biri tanlaniladi:

1. Determinlashgan qidirishning gradiyent usullari;
2. Determinlashgan qidirishning nogradiyent usullari;
3. Tasodifiy qidiruv usullari.

Gradiyent usullari

Optimumni qidirishning gradiyent maqsad funksiyasi $R(x)$ va hosilalarini $\partial R(x)/\partial x_j$ hisoblash va tahlil qilishga asoslangan. Maqsad funksiyasining analitik kurinishini hamma vaqt ham aniq kurinishda yozish mumkin emas, yoki u juda

murakkab bulib, undan olingan hosila ham juda murakkab analitik ifoda kurinishida buladi. Bunday holatlarda maqsad funksiyalarining hosilalarini hisoblash uchun taqribiy hisoblash usullari qullaniladi, ya'ni

$$\partial R / \partial x_j \approx \Delta R / \Delta e = R(x_1, x_2, \dots, x_j + \Delta x_j, \dots, x_n) - R(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n) / \Delta x_j ;$$

Δx_j - j- uzgaruvchini olgan usish qiymati (yoki, nogradiyent usullari qullaniladi).

Gradiyent usullarga quyidagi usullar kiradi:

1. Relaksasiya usuli;
2. Gradiyent usuli;
3. Ekstremumga tez tushish usuli;
4. «Og'ir sharik» usuli;
5. Optimumni gradiyent analitik ifodasi ma'lum bulgan holda qidirish.

Relaksasiya usuli.

Optimumni qidirish algoritmi bo'yicha, maqsad funksiyasining eng tez o'zgarishi o'q yo'nalishi aniqlanadi. Masalan, agar optimallik kriteriysining eng kichik qiymatini topish kerak bo'lsa, unda funksiyaning eng tez kamayish yo'nalishi aniqlanadi.

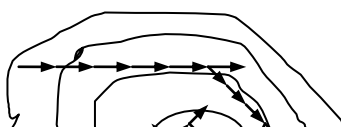
qidiruvning boshlang'ich nuqtasida hamma o'q yo'nalishlar bo'yicha optimallashtirilayotgan funksiya hosilalari hisoblab chiqiladi. Hosilasi eng katta bo'lgan o'zgaruvchi yo'nalishni, funksiyaning eng tez o'zgaruvchi (kamayuvchi) yo'nalishi hisoblanadi.

Agar, hosila ishorasi manfiy bo'lsa, unda shu yo'nalishda funksiya kamayadi, agar musbat bo'lsa, unda funksiya kamayishi teskari yo'nalishda bo'ladi. Shu o'q yo'nalishi bo'yicha qidiruv, shu yo'nalish bo'yicha maqsad funksiyasining eng kichik qiymati topilguncha davom etadi. So'ngra, hamma o'q yo'nalishlar bo'yicha funksiya hosilasi hisoblanib (qidiruv amalga oshirilgan yo'nalishdan tashqari), yana maqsad funksiyasining eng tez kamayuvchi yo'nalishi aniqlanadi. Endi shu yo'nalish bo'yicha funksiyaning ekstremumi qidiriladi. So'ngra, yana yangi yo'nalish aniqlanadi va hokazo. Xamma o'q yo'nalishlar bo'yicha optimallik kriteriysining qiymati kamaymay qolganda, qidiruvni to'xtatish mumkin. Ba'zi hollarda optimallik belgisi sifatida quyidagi shart qabul qilinadi:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial R}{\partial X_i} \right)^2 < b$$

$b \rightarrow 0$ bulsa, bu nuqtada funksiya hosilasi nolga teng.

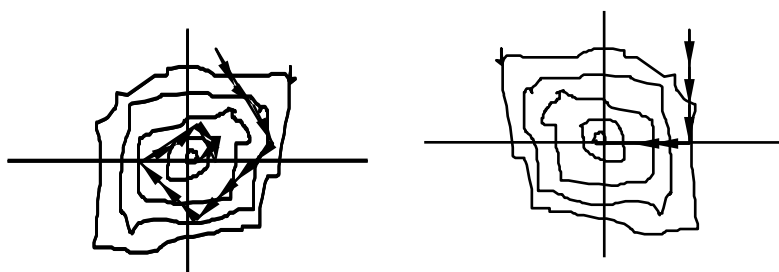
Boshlang'ich holatdan optimumga qarab harakatning grafik ifodasi quyidagi rasmda berilgan (33-rasm). qidiruv qadamini tug'ri qabul qilinishi, optimumga qarab yurish tezligini aniqlaydi. Agar qadam juda kichik bo'lsa, unda optimumni hisoblab topguncha, maqsad funksiyasini qiymatini juda ko'p marotaba hisoblash kerak buladi.. Agar qadam juda katta bo'lsa, unda optimum yaqinida «ivirsirash» bo'lib, optimumga qo'yilgan shart bo'yicha yaqinlashish ancha qiyin buladi. Odatda, o'q



yoʻnalishi almashganda qadam qiymati oʻzgartirilib boriladi, yaʼni optimumga yaqinlashgan sari qidiruv qadami kamaytirib boriladi.

33-rasm.

Relaksasiya usulini kamchiliklaridan biri, bu qidiruv vaqtini koordinatalar tizimsining oriyentatsiyasiga bogʻliqligidir (34-rasm). Oʻqlarning bir-biriga nisbatan buralganligi bilan farqlanuvchi koordinatalar tizimsidagi maqsad funksiyasining bir xil qiymat chiziqlarini kʻraylik (34-rasm). Koordinata yʻqlarining birinchi oriyentatsiyasida, 5-6 marta qidiruv yʻq yʻnalishi hisoblab topilib, sʻnggra ekstremum topiladi. Ikkinchi holatda 2 marta yʻnalish hisoblab topilib ekstremumga yetib kelindi.



34-rasm.

Agar yʻzgaruvchilar yʻzgarish oblastiga tengsizlik kʻrinishidagi cheklama qʻyilgan bʻylsa, unda optimumni qidirish shu cheklamaning hamma nuqtasiga kelganda tʻyxtab qoladi.

Xuddi shunday, qidiruvdagi qiyinchiliklarga maqsad funksiyasida mavjud «jarlik»lar sabab bʻylishi mumkin (lokal optimum). Bunda qidiruv shu «jarlik»larda tʻyxtab qoladi.

Gradiyent usuli.

Maqsad funksiyasining optimumini topishning bu usulida maqsad funksiyaning gradiyentidan foydalaniladi. Bunda qidiruv qadami maqsad funksiyasining eng tez yʻzgaruvchi yʻnalishida qʻyiladi, bu esa albatta optimumni topish jarayonini tezlashtiradi.

qidiruvning birinchi bosqichida, hamma yʻzgaruvchilar bʻyyicha hosilalar hisoblab chiqilib, shu nuqtada funksiya gradiyentining qiymati va yʻnalishi topiladi. Ikkinchi bosqichida, agar maqsad funksiyasining minimumini qidirilayotgan bʻylsa, gradiyent yʻnalishiga teskari yʻnalishda qidirish qadami qʻyiladi, yaʼni funksiyaning eng tez kamayishi yʻnalishida.

qidirish qadamidan sʻng, hamma yʻq yʻnalishlar bʻyyicha parametrlarning qiymati yʻzgaradi. Yaʼni, ulardan har biri gradiyent qiymatlaridagi hissasiga proporsional ravishda yʻsadi.

Xuddi relaksasiya usuliga yʻxshab, hamma yʻq yʻnalishlar bʻyyicha hosilalar hisoblanadi, lekin bu usulda optimumga optimal yaqinlashib boriladi.

Gradiyent usuli algoritmini quyidagicha yozish mumkin:

$$\mathbf{X}_j^{(k+1)} = \mathbf{X}_j^{(k)} - h^{(k)} \frac{\frac{\partial K(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial R(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_i}\right)^2}}$$

Ba'zi bir hollarda qidirish quyidagi algoritm bʻyyicha amalga oshiriladi:

$$x_j^{(R+1)} = x_j^{(R)} - h^{(K)} \frac{\partial R(x^{(R)})}{\partial x_j}$$

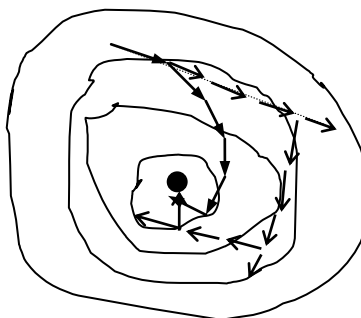
Bu yerda, qidirish qadami $\Delta x_j^{(R)}$

$$\Delta x_j^{(R)} = h^{(K)} \frac{\partial R(x^{(R)})}{\partial x_j};$$

Bu algoritm bʻyyicha, qidirish qadami kattaligi funksiya gradiyenti absolyut qiymatini yʻzgarish bʻyyicha avtomatik yʻzgarib boradi.

Bu usulda, xar qadamdan sʻng maqsad funksiyasining xosilalari hamma yʻq yʻnalishi bʻyyicha aniqlanadi, ya'ni funksiya gradiyenti eng tez yʻzgarish yʻnalishi aniqlanadi va shu yʻnalishda qidirish davom ettiriladi .

(35-rasmda chizik bilan kursatilgan).



35-rasm.

Agar qidirish qadamining boshlang'ich qiymati kichik bʻylsa, unda maqsad funksiyasi xosilalarining juda kʻyp marotaba hisoblashga tʻyg'ri keladi, aksincha, qadam katta bʻylsa, funksiya optimum atrofida qidirishda «ivirsilanish»(ro'skaniye) bʻylishi mumkin.

Funksiya gradiyenti faqat qiymati hisoblangan nuqtaga ortogonal bʻylib, shuning uchun har qadamdan keyin funksiya gradiyenti yʻnalishi avvalgisidan farqli bʻyladi. Shuning uchun har qadamdan sʻng qidirish yʻnalishi hisoblangan funksiya gradiyenti yʻnalishi bʻyyicha tanlanadi.

Optimumni qidirishni yakunlanganligini, maqsad funksiyasini qiymatlarini solishtirish bʻyyicha aniqlanadi. Agar maqsad funksiyasi qiymati avvalgi qadamdagidan kichik bʻylsa (agar maqsad funksiyasining minimumi qidirilayotgan

b'ylsa), unda qidiruv davom ettiriladi, agar teskari b'ylsa, unda qidiruv t'yxatiladi va olingan maqsad funksiyasining eng kichik qiymati qidirilayotgan optimum deb qabul qilinadi.

Kamchiligi: lokal optimumga «tortilish» xususiyatining borligi.

Optimumga tez tushish usuli.

Bu usulda relaksasiya va gradiyent usullarining eng asosiy fikrlardan foydalaniladi. Boshlang'ich nuqtada optimallashtirilayotgan funksiyaning gradiyenti topilgandan s'ng, ya'ni funksiyaning eng tez y'zgaruvchi y'nalishi, shu y'nalishda qidiruv qadami q'yiladi. Shu yo'nalishda qidiruv davom ettiriladi. So'ngra yana funksiya gradiyenti topiladi. Endi qidirish bu yangi gradiyent yo'nalishida davom ettiriladi. Bu yo'nalishda funksiya gradiyenti hisoblab topiladi va shu yo'nalishda qidiruv tashkil qilinadi va hokazo.

Optimum yaqinida gradiyent yo'nalishi juda tez o'zgarib boshlaydi va bu usul gradiyent usuliga o'xshab ketadi. Chunki har yo'nalish bo'yicha optimum $1 \div 2$ qadamda topiladi.

→ 35-rasmda optimumga tez tushish usuli () chizig'i bilan ko'rsatilgan.

Optimumga tez tushish usulida gradiyent usuliga o'xshab, qidiruv yo'nalishi funksiya yuzasiga ortogonal bo'lib, koordinata tizimsi oriyentatsiyasiga bog'liq emas.

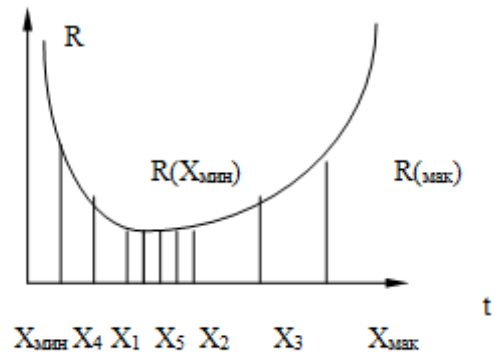
Determinlashgan qidiruvning nogradiyent usullari.

Nogradiyent usullarda maqsad funksiyasi optimumi hosilalarni tahlil qilib emas, balki optimallik kriteriysining navbatdagi qadamdagi qiymatini solishtirish yo'li bilan aniqlanadi.

Bir o'zgaruvchilik funksiya ekstremumini lokalizatsiyalash usuli.

Bir o'zgaruvchilik funksiya ekstremumini (a, v) intervalda topish kerak bo'lsin. Bu usulda masalani yechish uchun butun interval N bo'lakka bo'linadi (ko'pincha 4 bo'lakka). Hamma intervallar chegaralarida optimallik kriteriysining maqsad funksiyasi qiymatlarini hisoblab chiqilib, ularning ichidagi funksiyaning qidirilayotgan ekstremumiga mos, masalan, maqsad funksiyasining eng kichik qiymati topiladi. Masalan funksiyaning eng kichik qiymati $R(x_2)$ bo'lsin (36-rasm). qidiruv x_2 nuqtaga yondoshgan ikki intervalda davom ettiriladi (x_1, x_3) .

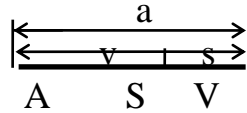
Funksiya ekstremumini qidirish uchun endi yangi interval tanlanadi (x_1, x_3) . Funksiyaning yangi interval (x_1, x_3) chegaralardagi qiymati, oraliqdagi qiymatidan katta, ya'ni minimum (x_1, x_3) intervalda hisoblashgan (lokalizatsiyalangan) va bu interval razmeri boshlang'ich intervaldan 2 marta kichikdir. Bu yangi intervalni yana 4 bo'lakka bo'lib, bo'lak chegaralarida maqsad funksiyasining qiymatini hisoblab chiqilib, funksiya minimumini qidirish intervalini yanada kichraytirish mumkin (x_4, x_5) . Bu hisoblash tartibini qaytarib, funksiya minimumini qidirish intervallarini kichraytirib borib, avval (x_6, x_7) , so'ngra (x_8, x_9) intervallarda maqsad funksiyasining optimal qiymatini hisoblab topiladi va hokazo.



36-rasm.

«Oltin kesim» usuli.

Bu usul asosini geometrik nisbatlar qonuni, ya'ni oltin kesim tashkil qiladi. (37-rasm.)



37-rasm.

Bu rasmda:

a- AV b'ylak uzunligi;

v- AS b'ylak uzunligi;

s- SV b'ylak uzunligi.

Bu b'ylaklar uchun, $a/v = v/s$ nisbatlar tengligini yoki, $a \cdot s = v^2$ deb yozish mumkin.

Bu b'ylaklar 37-rasmda k'ringanidek biri ikkinchisidan katta bulib, unda $s > a - v$.

s- qiymatini avvalgi tenglamaga q'yyib, quyidagini olamiz:

$a(a - v) = v^2$ yoki, $v/a = k$ deb qabul qilib, quyidagini olamiz:

$$k^2 + k - 1 = 0$$

Bu kvadrat tenglamani yechib, k ning qiymatini topamiz:

$$k_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1+4}}{2} = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{2};$$

$k > 0$ ni hisobga olib, $k = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} = 0,62$ ya'ni $v/a = 0,62$

Shu qonun asosida maqsad funksiyasining qiymati hisoblanish kerak b'lgan nuqtalar topiladi. «Oltin kesim» usuli b'yyicha funksiya ekstremumini qidirish tartibi quyidagicha:

qidirish intervalida ($x_{\max} - x_{\min}$)keyingi ikki nuqta aniqlanadi(38-rasm):

$$x_1 = x_{\min} + 0,38 \cdot a$$

$$x_2 = x_{\max} - 0,38 \cdot a$$

yoki, hisobni soddalashtirish maqsadida x_1 va x_2 larni topish strategiyasini, quyidagicha deb qabul qilsa b'yladi.

$$x_1 = x_{\min} + 0,38 \cdot (x_{\max} - x_{\min})$$

$$x_2 = x_{\max} - 0,38 \cdot (x_{\max} - x_{\min})$$

x_{\max} , x_{\min} , x_1 , x_2 nuqtalarda maqsad funksiyasi qiymatlari hisoblab topilib, solishtiriladi va funkstya ekstremumi qaysi intervallarda lokalizatsiyalanganligini aniqlaymiz ($x_2 - x_{\min}$). Bu intervallarda ham ikki bir-biriga teng b'lmagan intervallardan iborat. Endi funksiya qiymati aniqlanish kerak b'lgan keyingi nuqta x_3 quyidagicha aniqlanadi:

$$x_3 = x_{\min} + 0,38 \cdot (x_2 - x_{\min}).$$

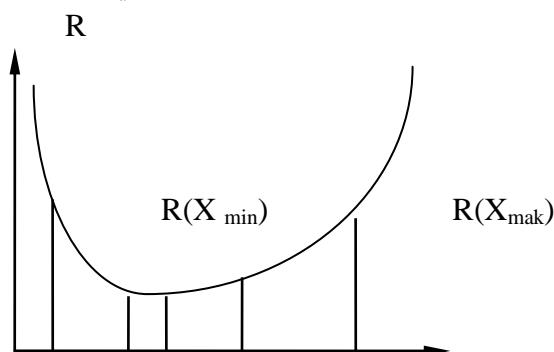
x_3 nuqtada funksiya qiymati $K(x_3)$ hisoblanib, keyingi qidiruv intervali (x_2-x_3), aniqlanadi. Bu intervalda x_4 nuqta topilib, funksiya $R(x_4)$ qiymati hisoblanadi va hokazo ($R(x_5), R(x_6), \dots$).

S-hisoblashdan s'ng funksiya ekstremumini topishdagi absolyut xatolik quyidagi tenglamadan hisoblash mumkin:

$$\Delta q = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} * \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^{S-3};$$

Sq21 b'ylganda,

$$\frac{\Delta}{x_{\max} - x_{\min}} = 0,9 * 10^{-4};$$



38-rasm. «Oltin kesim» usuli.

Fibonachchi sonlaridan foydalanib, funksiya ekstremumini topish usuli.

Fibonachchi sonlari ketma-ketligi rekkurent ifoda orqali aniqlanadi:

$$F_n q F_{n-1} + F_{n-2};$$

$$F_0 q F_1 q 1, \text{ deb qabul qilingan.}$$

Bunda,

$$F_2 q F_1 + F_2 q 1 + 1 q 2; \quad F_3 q F_2 + F_1 q 2 + 1 q 3 \text{ va hokazo.}$$

Fibonachchi sonlari qatori quyidagi jadvalda berilgan:

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...
F_s	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233	377	610	987	1597	...

Bu usul bilan ekstremumni qidirishda absolyut xatolik Δ ,

$$\Delta q = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{F_s}$$

F_s- Fibonachchi sonlari qatoridagi S-qiymati.

Ekstremumni qidirish tartibi:

1. Berilgan hisoblash aniqligi Δ b'yyicha yordamchi kattalik hisoblanadi.

$$Nq = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\Delta}$$

2. quyidagi shart b'yyicha Fibonachchi soni F_s aniqlanadi.

$$F_{s-1} < N \leq F_s$$

3. Eng kichik qidirish qadami aniqlanadi.

$$H_{\min} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{F_s}$$

4. Maqsad funksiyasining (R) qiymati quyidagi tenglama b'yyicha aniqlanadigan nuqtada hisoblanadi (39-rasm).

$$x_2 = x_{\min} + h_{\min} * F_{s-3}$$

5. Maqsad funksiyasining (R) qiymati quyidagi tenglama b'yyicha aniqlanadigan nuqtada hisoblanadi.

$$x_2 = x_1 + h_{\min} * F_{s-3}$$

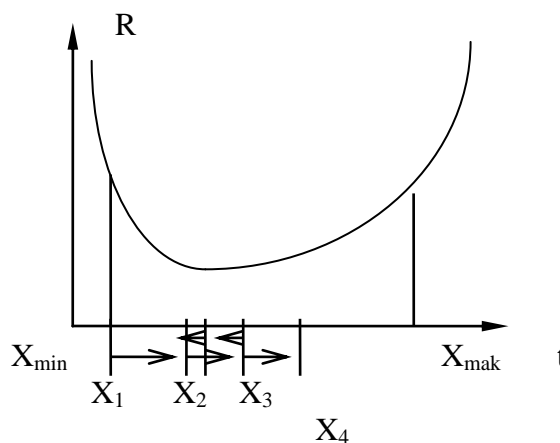
6. Agar hisoblash qadami muvaffaqiyatli b'ylsa, ya'ni, $R(x_2) < R(x_1)$, unda maqsad funksiyasining (R) qiymati quyidagi tenglama b'yyicha aniqlanadigan nuqtada hisoblanadi.

$$x_3 = x_2 + h_{\min} * F_{s-4}$$

Agar, hisoblash qadami muvaffaqiyatsiz b'ylsa, ya'ni, $R(x_2) > R(x_1)$, unda x_3 quyidagi tenglama b'yyicha hisoblanadi:

$$x_4 = x_1 - h_{\min} * F_{s-5}$$

Bu hisoblash strategiyasi hamma Fibonachchi sonlari kamayib, ishlatilib b'ylguncha davom ettiriladi.



39-rasm.

O'zgaruvchilarni ketma-ket o'zgartirish usuli. (Gauss-Zeydel usuli)

Bu usul relaksasiya usuliga o'xshaydi. Relaksasiya usulida, qidirish funksiyaning eng tez o'zgaruvchi o'q yo'nalishida amalga oshirilsa, bu usulda qidirish ixtiyoriy yo'nalishda amalga oshiriladi. Shu yo'nalishda parametr qiymatini o'zgartirib borib, maqsad funksiyasining shu yo'nalishdagi eng yaxshi qiymati

(funksiya ekstremumi) topiladi. Soʻngra qidiruv keyingi oʻq yoʻnalishida davom ettiriladi. Bu yoʻnalishda funksiya ekstremumi topilib, qidiruv yana yangi yoʻnalishda davom ettiriladi va hokazo.

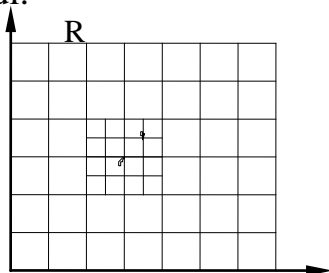
Har bir yoʻnalishda ekstremumni qidirish strategiyasi har xil boʻlishi mumkin. Masalan, «oltin kesim» usuli, Fibonachchi sonlari usuli va hokazo.

Skaniqlash usuli.

Bu usul boʻyicha optimallik kriteriysining maqsad funksiyasi qiymatlarini qiymatlar oʻzgarishi mumkin boʻlim oblastlarida, ketma-ket koʻp nuqtalarda hisoblab chiqilib, ular ichida maqsad funksiyasining eng yaxshisini (optimumi) aniqlanadi.

Bir tomondan bu global optimumni hisoblab topish imkoniyatini bersa, ikkinchidan, bu hisoblashlar sonining juda koʻpayib ketishiga olib keladi.

Hisoblashlar sonini kamaytirish uchun, qidiruv qadamlar boshlanib, global optimum joylashgan oblast aniqlanadi (lokallaniladi), soʻngra qidiruv kichik qadam bilan davom ettiriladi (40-rasm). Bu qidiruv strategiyasi hisoblashlar sonini qisqartishlarga olib keladi.

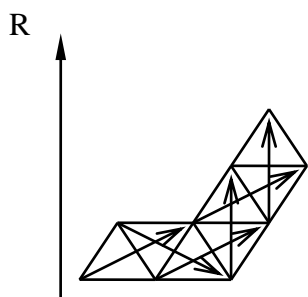


t 40-rasm.

Simpleks usuli.

Bu usul boʻyicha, simpleks deb ataladigan koʻp qirra choʻqqilarida maqsad funksiya qiymatlari hisoblab chiqilib, optimallik kriteriysining eng tez oʻzgarishini taʼminlaydigan qidirish qadami yoʻnalishi aniqlanadi. Agar qidiruv 2 oʻlchamli koordinata tizimsida olib borilayotgan boʻlsa, unda simpleks-uchburchak, 3-oʻlchamli koordinata tizimsida esa 4 qirrali piramida boʻladi.

Simpleks choʻqqilarining hammasida maqsad funksiyasining qiymati hisoblaniladi va uning eng katta qiymatiga mos keladigan choʻqqi aniqlanadi. Shu choʻqqidan (masalan, A choʻqqi, 41-rasm), VS tomon oʻrtasidan (O nuqta orqali) oʻtuvchi AA qidirish qadami qoʻyiladi. Bunda AOqOA; Topilgan A nuqtada maqsad funksiyasi qiymati hisoblanib, V va S nuqtalardagi funksiya qiymatlari bilan solishtiriladi. Yana, maqsad funksiyasi eng katta qiymatga ega boʻlgan choʻqqidan (S) qidiruv qadami qoʻyiladi va hokazo (41 -rasm). Optimum yaqinida qidiruv «sikllanib» qolishi mumkin, bunda qidirish qadami kichraytirilib, optimumni qidirish davom ettiriladi.



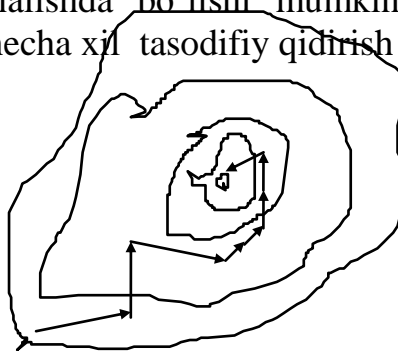
A^1
 B
 A C B^1

t

41-rasm.

Tasodifiy qidirish usullari.

Tasodifiy qidirish usullarining mazmuni shundan iboratki, bunda x_j o'zgaruvchining tasodifiy qiymatlarini tanlab borib, optimallik kriteriysi (R) ning ekstremumini topiladi. Bunda, vektor $\alpha^k (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n)$, n-o'lchamli fazoda, bir xil ehtimollik bilan duch kelgan yo'nalishda bo'lishi mumkin. Bu vektor odatda, tasodifiy vektor deb nomlanadi. Bir necha xil tasodifiy qidirish usullari mavjud.



42-rasm.

1. Tasodifiy yo'nalishlar usuli.

Bu usul yo'rdamida funksiya ekstremumini aniqlash quyidagicha: N-o'lchamli fazodagi, ma'lum bir boshlang'ich holatdan $\mathbf{R}(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k)$, tasodifiy yo'nalishga qidirish qadami qo'yiladi (induktiv ravishda yoki haqiqatda tasodifiy yo'nalishda. 43-rasm.). Yo'nalish tasodifiyligi vektor α^k bilan aniqlanadi, qadam qiymati (kattaligi) h parametri yordamida beriladi. qadamdan keyingi yangi nuqta x^{k+1} quyidagicha topiladi:

$$x^{k+1} = qx^k + \alpha^k h$$

Bu nuqtada optimallik kriteriysining qiymati hisoblanadi.

$$\mathbf{R}(x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_n^{k+1})$$

Agar optimallik kriteriysining minimumini topish kerak bo'lsa,

$$\mathbf{R}(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k) > \mathbf{R}(x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_n^{k+1})$$

bo'lganda qadam muvaffaqiyatli, aksincha

$$\mathbf{R}(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k) < \mathbf{R}(x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_n^{k+1})$$

bo'lsa, qadam muvaffaqiyatsiz hisoblanadi.

Agar qadam muvaffaqiyatli bo'lsa, x^{k+1} nuqtadan yangi tasodifiy yo'nalishda qadam qo'yiladi, ya'ni

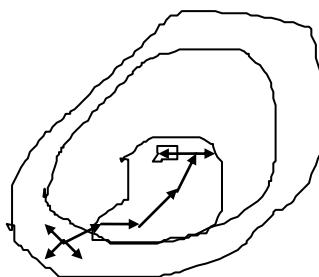
$$\mathbf{x}^{k+1} = \mathbf{q}\mathbf{x}^{k+1} + h\boldsymbol{\alpha}^{k+1}$$

Bunda optimallik kriteriysining avvalgi qadamdagi qiymati $R(x_1^{k+1})$ eslab qolinadi.

So'ngra $R(x^{k+1})$ qiymati hisoblanib, u $R(x^{k+1})$ bilan solishtiriladi va hokazo.

Agar qadam muvaffaqiyatsiz bo'lsa, u holda $x^k, x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k$ koordinatali x^k nuqtadan, yana yangi tasodifiy yo'nalishda qadam qo'yiladi. Bu prosedura muvaffaqiyatli qadam bo'lmaguncha davom etadi.

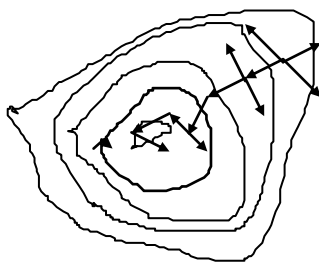
qidiruvni tamomlanish kriteriysi bo'lib, R_{\min}^k ning eng kichik qiymati xizmat qilib, uning qiymati optimumni topish aniqligi orqali belgilanadi.



43-rasm.

2. Orqaga qadam qo'yish bilan tasodifiy yo'nalishlar usuli.

Bu usul avvalgi usulni yaxshilangan modifikatsiyasi hisoblanadi. Bu usulda, qidiruvning boshlang'ich nuqtasidan $x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k$, qidiruv muvaffaqiyatsiz bo'lgan nuqtadan $h\boldsymbol{\alpha}^k$, teskari yo'nalishda qadam qo'yiladi (44-rasm.). Ekstremumdan uzoq bo'lgan holatlarda bu strategiya effektiv hisoblanadi. Agar teskari yo'nalishdagi qadam ham muvaffaqiyatsiz bo'lsa, unda yangi tasodifiy yo'nalishda qadam qo'yiladi, yoki x^k nuqtadan qidirish qadami kichraytiriladi. Ammo, bunda optimum nuqtasidan uzoqda qidiruv boshlanganda, qidiruvning sekinlashish havodan paydo bo'ladi, ayniqsa, agar optimallashtiriluvchi funksiyadan «jarlik»lar mavjud bo'lsa.



44-rasm.

Chiziqli qayta hisoblash bilan tasodifiy yo'nalishlar usuli

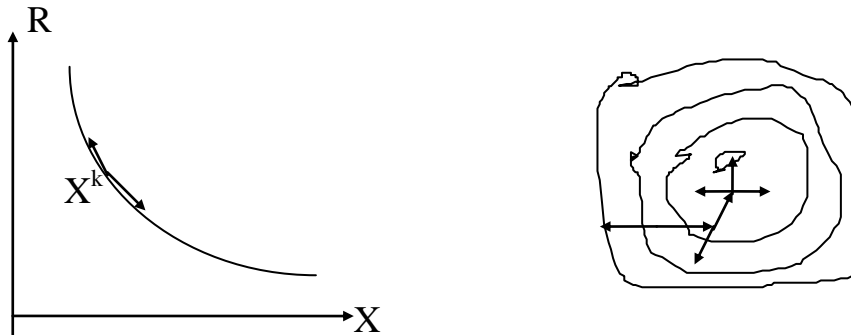
Bu usulni, optimallashtiruvchi funksiya egriligi yuqori bo'lmay, uni bir qadam chegarasida aproksimastya qilish imkoniyati bo'lsa, qo'llash mumkin.

Boshlang'ich $\boldsymbol{\alpha}^k$ nutadan tasodifiy yo'nalishda qo'yilgan qadam $x^k + \boldsymbol{\alpha}h$ muvaffaqiyatsiz bo'lgandan so'ng, shu nuqtadan teskari yo'nalishda qadam qo'yiladi

(45-rasm.). $x^k - \alpha h$, ammo bu nuqtada maqsad funksiyasining qiymati hisoblanmaydi, balki $R(x^k)$ va $R(x^k + \alpha h)$ larning hisoblangan qiymatlarini hisobga olgan holda, maqsad funksiyasini chiziqli deb qilgan holda qayta hisoblanadi, ya'ni

$$R(x^{k+1}) \approx R(x^k - \alpha h)$$

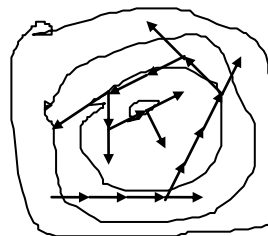
qidiruv x^{k+1} nuqtadan davom ettiriladi.



45-rasm.

Tasodifiylikni jazolash bilan qidirish usuli.

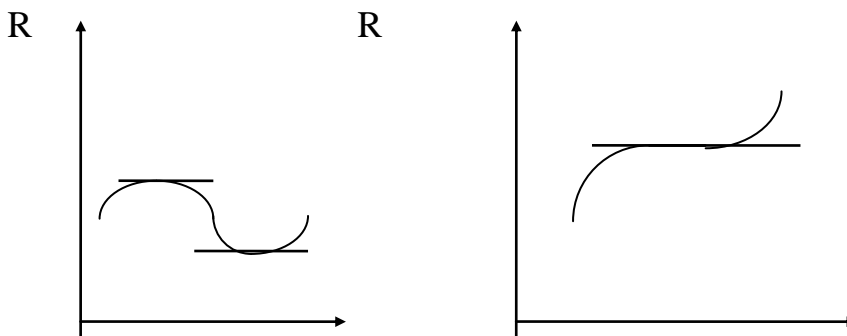
Bu usul bo'yicha qidirilish tanlanilib, shu yo'nalish bo'yicha qidiruv qadamma-qadam davom ettiriladi. qidiruv shu yo'nalishda funksiyaning minimumi (minimum qidirilayotgan bo'lsa) topilgan nuqttagacha davom etadi. So'ngra yangi yo'nalish topiladi va bu yo'nalish bo'yicha ham qidirish minimumni topguncha davom etadi (46-rasm.). Bu usulni, maqsad funksiyasini qiymatini topishda katta hisoblash harajatlari talab qilinmaganda qo'llanilsa maqsadga muvofiq bo'ladi.



46-rasm.

Klassik matematik tahlil qilishga asoslangan optimallashtirish usuli.

Funksiya ekstremumining borishini kerakli va yetarli shartlari mavjud. Funksiyadan olingan hosila nolga teng bo'lsa, unda shu nuqtada funksiya ekstremumi borligini kerakli sharti bajariladi, ammo yetarli sharti emas (47-rasm.), ya'ni



X

X

47-rasm.

Funksiya ekstremumi borligining yetarli shartlari:

1. Birinchi yetarli shart. Ekstremumi bor deb taxmin qilingan nuqtaning ε -atrofida funksiya tekshiriladi. Buning uchun $R(x_0-\varepsilon)$ i $R(x_0+\varepsilon)$ qiymatlari hisoblanib, agar $R(x_0-\varepsilon) < R(x_0)$;

$R(x_0+\varepsilon) < R(x_0)$ bo'lsa, unda bu nuqtada ekstremumi bor va u maksimumga mos keladi, agar

$$R(x_0 - \varepsilon) > R(x_0);$$

$R(x_0 + \varepsilon) > R(x_0)$ bo'lsa, bu nuqtada minimum bor, agar $R(x_0 - \varepsilon) > R(x_0)$;

$R(x_0 + \varepsilon) < R(x_0)$ bo'lsa, bunda funksiya ekstremumga ega emas.

2. Ikkinchi yetarli shart.

Ekstremumi bor deb taxmin qilinayotgan nuqta ε -atrofida funksiyaning birinchi hosilasi o'rganiladi. Bunda agar, $R'(x_0-\varepsilon)$ ishorasi, $R'(x_0+\varepsilon)$ ishorasiga mos kelmasa, x_0 nuqtada ekstremum bor.

Agar $R'(x_0-\varepsilon) > 0$ va $R'(x_0+\varepsilon) < 0$ bo'lsa, x_0 nuqtada maksimum, $R'(x_0-\varepsilon) < 0$ va $R'(x_0+\varepsilon) > 0$ bo'lganda, x_0 nuqtada minimum bor.

Agar $R'(x_0-\varepsilon)$ va $R'(x_0+\varepsilon)$ ishoralari mos kelsa, unda x_0 nuqtada ekstremum yo'q.

3. Uchinchi yetarli shart.

Bunda funksiyaning yuqori hosilalari o'rganiladi. Agar, $R''(x_0) > 0$ bo'lsa, unda x_0 nuqtada funksiya minimumga ega, agar, $R''(x_0) < 0$ bo'lsa, unda x_0 nuqtada funksiya maksimumga ega, agar, $R''(x_0) = 0$ bo'lsa, unda funksiyaning yuqori tartibli hosilalari o'rganiladi.

Bunda quyidagi qoida qabul qilinadi:

- Agar birinchi nolga aylanmaydigan funksiyaning hosilasi tog' tartibli bo'lsa, unda bu nuqtada maksimum ham, minimum ham yo'q. Agar nolga aylanmaydigan hosila juft tartibli bo'lsa, unda u manfiy bo'lsa, bu nuqtada funksiya maksimumga, musbat bo'lsa, minimumga ega.

Xuddi shunday ko'p o'zgaruvchilik funksiyalarni ekstremumi borligini kerakli va yetarli shartlari bo'yicha aniqlanadi.

Ko'p o'zgaruvchilik funksiyaning ekstremumi borligini kerakli sharti bo'lib, hamma o'q yo'nalishlar o'zgaruvchilar bo'yicha hosilalarini nolga tengligi hisoblanadi.

$$(\partial R / \partial x_1) = 0; (\partial R / \partial x_2) = 0; \dots (\partial R / \partial x_n) = 0;$$

Ikki o'zgaruvchi funksiyaning ekstremumi borligining yetarli shartini quyidagicha ifodalash mumkin:

I. Agar, $(\partial^2 R / \partial x_1^2) > 0$;

$(\partial^2 R / \partial x_1^2) * (\partial^2 R / \partial x_2^2) - (\partial^2 R / \partial x_1 * \partial x_2)^2 > 0$ bo'lsa, unda minimum bor;

II. Agar, $(\partial^2 R / \partial x_1^2) < 0$;

$(\partial^2 R / \partial x_1^2) * (\partial^2 R / \partial x_2^2) - (\partial^2 R / \partial x_1 * \partial x_2)^2 > 0$ bo'lsa, unda maksimum bor;

III. Agar, $\partial^2 R / \partial x_1^2 < 0$;

$(\partial^2 R / \partial x_1^2) * (\partial^2 R / \partial x_2^2) - (\partial^2 R / \partial x_1 * \partial x_2)^2 < 0$ bo'lsa, unda ekstremum yo'q.

Tayanch so'z va iboralar

1. Optimallashtirish - eng yaxshi shart sharoitlarni aniqlash;
2. Optimallik kriteriysi - jarayonning eng yaxshi shart sharoitlarini belgilovchi k'rsatkich;
3. Tizimni boshkarish ta'sirlari - texnologik jarayonni boshqarishda ta'sir kursatuvchi ta'sir kanallari;
5. TJ ni effektivlik kursatkichlari - TJ ni effektiv ishlayotganini k'rsatuvchi k'rsatgichlar;
6. Tannarx - maxsulotni ishlab chiqarishga ketgan xarajatlar yig'indisi;
7. Foyda - tovar baxosidan unga sarflangan xarajatlarni ayirmasi;
8. Optimallik kriteriysining maksad funksiyasi - optimallik kriteriysining texnologik parametrlar orqali ifodalangan funksiya;
9. Uzgaruvchilarga kuyilgan cheklamalar - texnologiyadagi y'zgaruvchilarning y'zgarish chegaralarini belgilovchi k'rsatkich;
10. Maksad funksiyasini geometrik interpretatsiyasi - maqsad funksiyasini koordinata tizimida k'rinishi;
11. p-ulchamli - maqsad funksiyasi p-ta texnologik parametrdan bog'liq;
12. Kidirish kadami - optimumni qidirishda texnologik parametrlarni y'zgarish miqdori;
13. Gradiyent usuli - funksiya gradiyenti, ya'ni funksiyaning eng tez y'zgarish y'nalishi aniqlanadi va shu y'nalishda qidirish tashkil qilinadi;
14. Funksiyani eng tez uzgarish yunalishi - xamma y'q y'nalishlar b'yyicha funksiya xosilasi xisoblanib ularning vektor yig'indisi - funksiya gradiyenti aniqlanadi. U funksiyaning eng tez y'zgarish y'nalishini belgilaydi;
15. Fibonachchi sonlaridan foydalanib kidirish usuli - Fibonachchi sonlari qatoridan foydalangan xolda funksiya optimumi topiladi.

Nazorat savollari

1. Optimallashtirish nima?
2. Optimallashtirish kriteriysi va uning maqsad funksiyasi nima?
3. qanday optimallik kriteriylarini bilasiz?
4. Tannarx optimallik kriteriysi qanday kamchilikga ega?
5. Optimallashtirishning relaksasiya usulida optimumni qidirish strategiyasi qanday?
6. Gradiyent usulidachi?
7. Nogradyent usullardan qaysilarini bilasiz va ularda optimumni qidirish strategiyasi qanday?

7– ma’ruza O’lchash va o’lchov asboblari haqida asosiy tushunchalar

Metrologiya — o’lchashlar, uni ta’minlash usullari va vositalari hamda talab etilgan aniqlikka erishish yullari haqidagi fan. Metrologiyaning asosini o’lchashning umumiy masalalari, fizik kattaliklar birligi va ularning tizimlari haqidagi ma’lumotlar, o’lchashning usul va vositalari, o’lchash natijasining to’g’riligini aniqlash usullari va hokazolar hosil qiladi. O’lchashga doir fizik kattaliklar mexanik, elektr, issiqlik, optik, akustik bo’lishi mumkin. Bu kattaliklarning bir turi texnologik jarayon rivojlanishining bevosita ko’rsatkichi bo’lsa, boshqalari shu jarayon bilan funksional bog’langan bo’ladi.

Fizik hodisalarni o’rganish va ulardan amalda foydalanish turli fizik kattaliklarni o’lchash, ya’ni ma’lumot olish bilan bog’lik. Ma’lumot qancha to’la va xolisona bo’lsa, fizik xodisalarning tub ma’nosini tushunish shunchalik chuqur bo’ladi. Fizik kattalikning muayyan qiymati texnologik jarayonning rivojlanishi haqidagi ma’lumotning muhim qismidir. Turli usul va asboblardan orqali ifodalangan texnologik jarayonning holati haqidagi axborotlarni *ma’lumot*, ya’ni *informasiya* deb bilamiz. Informasiyalar, asosan, o’lchash asboblari va qurilmalari yordamida olinadi.

Fizik ob’jektning sifat jihatdan umumiy, lekin miqdor jihatdan har bir ob’jekt uchun alohida xususiyati *fizik kattalik* deb ataladi. Shunday qilib, har bir fizik kattalik aynan shu kattalikning sonli qiymati birligiga kupaytmasidan iborat bo’lgan individual qiymati bilan ifodalanadi.

Bir-biriga muayyan erksizlik bilan bog’langan kattaliklar yig’indisi *fizik kattaliklar tizimi* deyiladi. Fizik kattaliklar tizimi asosiy, qo’shimcha va hosila kattaliklardan iborat. Tizimga kirgan va boshqa tizimlarga nisbatan shartli ravishda erkin hisoblangan fizik kattalik *asosiy fizik kattalik* deb ataladi.

Xalqaro birliklar tizimi — SI (Sisteme International - SI) fan va texnikaning barcha sohalari uchun fizik kattaliklarning universal tizimi bo’lib, 1960 yilning oktyabr oyida O’lchov va tarozilar XI Bosh konferensiyasida qabul qilingan.

SI ning joriy etilishi shu tizimda nazarda tutilgan va uning tarkibiga kirmaydigan (ammo hozir o’lchov birliklari sifatida qo’llanilayotgan) birliklarning

ilmiy-tadqiqot natijalarini hisoblashda, ishlab chiqarish vositalari va asbob uskunalari loyihalashda, qurilish hamda qurilgan ob'yektlardan foydalanishda, shuningdek o'quv-ta'lim ishlarida ko'p qiyinchiliklar tug'dirayotgan o'lchov birliklaridagi turli hillikka barham beradi. SI ning hozirgi qo'llanilayotgan ayrim o'lchov tizimlariga nisbatan muhim afzalligi shundaki, u —universal; o'lchov birliklarini birxillashtirgan; asosiy, qo'shimcha va o'z hosilaviy birliklarini amaliyot uchun qulay o'lchamlarga mujassamlashtirgan; kogerent, ya'ni hosilaviy birliklar o'lchamlarini aniqlovchi fizik tenglamalardagi mutanosiblik koeffitsiyentlarini tugatgan tizimdir. Uning tatbiqi bilan hisoblash tenglamalarining yozilishi ancha soddalashdi.

Xalqaro birliklar tizimi (SI) da yettita asosiy va ikkita qo'shimcha kattalik qabul qilingan. Shuningdek, ular asosida ko'pgina hosilaviy kattaliklar va ularning birliklari ham tasdiqlangan. 1.1-jadvalda xalqaro birliklar tizimi (SI) da ifodalangan asosiy va qo'shimcha hamda o'quv jarayonida tez-tez uchrab turadigan muhim hosilaviy kattaliklarning o'lchov birliklari, belgilari keltirilgan.

1.1 jadval.

Halqaro (SI) birliklar tizimi

Tartib №	Kattaliklar	O'lchov birligi	Qisqartirilgan belgilari		Hosila birliklar o'lchovi
			o'zbekcha	halqaro	
Asosiy birliklar					
1	Uzunlik	metr	m	m	-
2	Massa	kilogramm	kg	kg	-
3	Vaqt	sekund	S	S	-
4	Tok kuchi	amper	A	A	-
5	Termodinamik	Kelvin gradusi	K	K	-
6	Yorug'lik kuchi	kandela	kd	cd	-
7	Modda miqdori	mol	mol	mol	-

Qo‘shimcha birliklar					
1	Yassi burchak	radian	rad	rad	-
2	Fazoviy burchak	steradian	sr	sr	-
Hosila birliklar					
1	Yuza	metr kvadrat	m^2	m^2	$i (m)^2$
2	Hajm	metr kub	m^3	m^3	$I (m)^3$
3	Chastota	Gers	Gs	Hz	I:(c)
4	Zichlik	Kilogramm taqsim metr kub	kg/m^3	kg/ m^3	$(1kg):(1m^3)$
5	Tezlik	metr taqsim sekund	m/s	m/s	$(1m):(1s)$
6	Burchak tezlik	radian taqsim sekund	rad/s	rad/s	$(1rad):(1s)$
7	Tezlanish	metr taqsim sekund kvadrat	m/s^2	m/s^2	$(1m):(1s)^2$
8	Burchak tezlanish	radian taqsim sekund kvadrat	rad/s^2	rad/s^2	$(1rad):(1s)^2$
9	Kuch	Nyuton	N	N	$(1kg):(1m):(1s)^2$
10	Bosim	nyuton taqsim metr kvadrat	N/m^2	N/m^2	$(1N):(1m)^2$
11	Dinamik qovushoqlik	Nyuton ko‘paytirilgan sekund taqsim metr	$N \cdot s/m^2$	$N \cdot S/m^2$	$(1N) \cdot (1s):(1m)^2$
12	Kinematik qovushoqlik	metr kvad. taqsim sekund	m^2/s	m^2/s	$(1m)^2:(1s)$
13	Ish, energiya, issiqlik miqdori	joul	J	J	$(1J):(1s)$
14	Quvvat	vatt	Vt	W	$(1J):(1s)$

15	Elektr miqdori	kulon	Kl	G	(1A):(1c)
16	Elektr kuchlanish, jlektr potentsiallar ayirmasi, elektr yurituvchi kuch	volt	V	V	(1Bt):(1A)
17	Elektr maydoni nuchlanganligi	volt taqsim metr	V/m	V/m	(1V):(1m)
18	Elektr qarshilik	Om	Om	Ω	(1Vt):(1A)
Tartib №	Kattaliklar	O'lchov birligi	Qisqartirilgan belgilari		Hosila birliklar o'lchovi
			o'zbekcha	halqaro	
19	Elektr sig'im	Farada	F	F	(1K):(1V)
20	Magnit induksiyasi oqimi	Veber	VB	Wb	(1k):(1Om)
21	Induktivlik	genri	Gn	N	(1Vb):(1A)
22	Magnit induksiyasi	tesla	tl	T	(1Vb):(1m) 2
23	Magnit maydoni kuchlanganligi	amper taqsim metr	A/M	A/m	(1A):(1m)
24	Magnit yurituvchi kuch	Amper	A	A	(1A)
25	Yorug'lik oqimi	Lyumen	Lm	Lm	(1qd):(1sr)
26	Ravshanlik	kandela taqsim metr kvadrat yoki	kd/m ²	cd/m ²	(1kA):(1m) 2

		nit lyuks			
27	Yoritilish darajasi	Lyuks	LK	Lk	(1lm):(1m) 2

Shunday soxalar borki, unda SI birliklarini ishlatish hisoblashlarda bir oz qiyinchiliklar tugʻdiradi. Masalan, SI ga binoan massani doimo kilogrammlarda oʻlchash noqulay. U goh gramm (g) larda ifodalansa, gox tonna (t) larda oʻlchanadi. Shu sababli massani gramm (g), milligramm (mg), tonna (t) kabi birliklarda ifodalash qulay. Ular asosida massa hisobini shu birliklarda olib borish xato hisoblanmaydi.

Shuning uchun, baʼzi hisoblashlarda qulaylik yaratish maqsadida birliklarning oʻnlik karrali va ulushli qiymatlaridan foydalaniladi.

Birliklarning unlik karrali va ulushli qiymatlari barcha birliklardan emas, balki amaliy hisoblarda qulaylik yaratadigan birliklardangina hosil qilinadi. Shunday sohalar ham borki, ularda doimo karrali yoki ulushli birliklardangina ishlatiladi (masalan, chizmachilikda ularning oʻlchamlari faqat millimetr — mm da ifodalanadi).

1.2-jadval.

Birliklarning karrali va ulushli qiymatlar

№№	Kattalik nomi	Belgilari		
		SI birliklari	SI ning karrali va ulushli birliklari	SI ga kirmagan birliklar
1	Uzunlik	m (metr)	km; sm; mm; mkm; nm.	
2	Yuza	m ² (metr kvadrat)	km ² ; dm ² ; sm ² mm ²	
3	Hajm va sigʻim	m ³ (metr kub)	dm ³ ; sm ³ ; mm ³	l (litr)
4	Yassi burchak	rad (radian)	mrad; mkrad	... ⁰ , (gradus) ... ' (minut) ... " (sekund)

5	Vaqt	s (sekund)	ks; ms; mks;	Sut (sutka) Soat (soat, min)
6	Tezlik	m/s	-	km/soat
7	Aylanishlar takrorligi	s ⁻¹	-	min ⁻¹
8	Massa	kg (kilogramm)	Mg; g; mg; mkg	t (tonna)
9	Kuch, og'irlik	N (nyuton)	MN; kN; mkN	
10	Kuch momenti	N·m	MN·m; kN·m; mkN·m	
11	Bosim	Pa (paskalʼ)	GPa; MPa; kPa; mkPa	
12	Dinamik qovushoqlik	Pa·s	mPa·s	
13	Kinetik qovushoqlik	m ² /s	mm ² /s	
14	Energiya, ish	J (joul)	TJ; GJ; MJ; kJ; mJ	EV (elektron volt)
15	Quvvat	Vt (vatt)	GVt; MVt; kVt; mkVT	
16	Harorat	K (kelvin)	MK; kK; mkK	
17	Elektr toki (elektr tokining kuchi)	A (amper)	kA; MA; mA; nA; pA	
18	Elektr miqdori, elektr zaryad	Kl (Kulon)	mKl; mkKl; nKl; pKl	
19	Modda miqdori	mol	kmol; mmol; mkmol	
20	Molyar massa	kg/mol	g/mol	

1.1 va 1.2- jadvallarda fan, texnika va xalq xo‘jaligining turli sohalarida keng qo‘llaniladigan birliklarning o‘nlik karrali va ulushli qiymatlari keltirilgan.

Mamlakatimizda o‘lchovlarning mushtarakligi O‘zbekistan Respublikasi Vazirlar Maxkamasining standartlar davlat qo‘mitasi va metrologik muassasalari tomonidan amalga oshiriladi.

1.2- §. O‘LChASHLAR. O‘LChASH TURLARI

O‘lchash — fizik kattaliklar qiymatlarini tajribada maxsus texnik vositalar yordamida aniqlash.

Ko‘p hollarda o‘lchash jarayonida o‘lchanayotgan kattalikni shunday fizik kattalik bilan taqqoslanadiki, unga 1 ga teng bo‘lgan qiymat beriladi va u fizik kattalik birligi yoki *o‘lchov birligi* deyiladi.

O‘lchash natijasi — kattalikning o‘lchash usuli bilan, masalan, kattalikni o‘lchov birligi bilan taqqoslash yordamida topilgan qiymatidan iborat. O‘lchash natijasini tenglama ko‘rinishida quyidagicha yozish mumkin:

$$U = \frac{Q}{q} \quad \text{ëku} \quad Q = U * q \quad (1.1)$$

bu yerda, Q—o‘lchanayotgan fizik kattalik, U — o‘lchash natijasi yoki o‘lchanayotgan kattalikning son qiymati, q — fizik kattalik birligi.

(1.1) tenglama *o‘lchashning asosiy tenglamasi* deyiladi. Uning o‘ng tomoni o‘lchash natijasi deb yuritiladi. O‘lchash natijasi doimo o‘lchamli kattalik bo‘lib, u o‘z nomiga ega bo‘lgan q birlikdan hamda ayni birlikdan o‘lchanayotgan kattalikda nechta borligini anglatadigan U sondan tashkil topgan.

O‘lchanayotgan kattalikning son qiymati bevosita, bilvosita, birlashtirib va birgalikda o‘lchash usullari yordamida topiladi. Laboratoriya amaliyotida va ilmiy tekshirishlarda birlashtirib va birgalikda o‘lchash usullaridan foydalaniladi.

Bevosita o‘lchash deb shunday o‘lchashga aytiladiki, unda o‘lchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati tajriba ma’lumotlaridan bevosita aniqlanadi.

Masalan, haroratni termometr bilan, bosimni manometr bilan, uzunlikni chizg'ich bilan o'lchash va hokazo bevosita o'lchashdan iborat.

Bevosita o'lchash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Q_{\text{bevosita}} = C * n \quad (1.2)$$

bu yerda, Q_{bevosita} — o'lchanayotgan kattalikning uning uchun qabul qilingan o'lchov birliklaridagi qiymati; S —raqamli hisoblash qurilmasi shkalasi bo'linmalarining yoki bir marta ko'rsatishining o'lchanayotgan kattalik birliklaridagi qiymati; n — shkala bo'linmalarining hisobida indikatorli qurilma bo'yicha olingan sanoq.

Bilvosita o'lchash deb shunday o'lchashga aytiladiki, unda o'lchash natijasi o'lchanayotgan kattalik bilan ma'lum munosabat yordamida bog'langan kattaliklarni bevosita o'lchashga asoslangan bo'ladi. Bilvosita o'lchash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Q_{\text{bilvosita}} = f(Q_1, Q_2, \dots, Q_{\text{bevosita}}^n) \quad (1.3)$$

bu yerda, $Q_{\text{bilvosita}}$ — o'lchanayotgan kattalikning izlangan qiymati; $Q_1, Q_2, \dots, Q_{\text{bevosita}}^n$ — bevosita o'lchanadigan kattaliklarning son qiymatlari.

Bilvosita o'lchashga o'tkazgichning solishtirma elektr qarshiligini uning qarshiligi, uzunligi va kundalang kesimini yuzi bo'yicha topish; modda zichligini uning massasi va xajmini o'lchash natijasi bo'yicha topish va boshqalar misol bo'la oladi. Bilvosita o'lchashlar bevosita o'lchashlarning iloji bo'lmagan ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilishda keng qo'llanadi.

Birlashtirib o'lchash bir necha bir nomli kattaliklarni bir vaqtda o'lchashdan iboratki, unda izlangan kattaliklarning qiymatlari bevosita o'lchashda hosil qilingan tenglamalar tizimidan topiladi.

Bir vaqtda ikki yoki bir necha nomli turli kattaliklarni, ularning orasidagi funksional munosabatlarni topish uchun olib borilgan o'lchashlar **birgalikda o'lchash** deyiladi. Jumladan o'lchash rezistorining 20°S dagi elektr qarshiligi va harorat koeffitsiyentlari uning qarshiligini turli haroratlarda bevosita o'lchash ma'lumotlari bo'yicha topiladi.

O'lchashlar yana mutlaq va nisbiy o'lchashlarga bo'linadi.

Bitta yoki bir necha asosiy kattaliklarni fizik konstantalar qiymatlaridan foydalanib yoki foydalanmasdan bevosita o'lchash **mutlaq o'lchash** deb ataladi.

Masalan, shtangensirkul yordamida bajarilgan o'lchashlar mutlaq o'lchashdir, chunki unda o'lchanayotgan kattalik qiymatini bevosita olinadi.

Biror kattalikning shu ismli birlik vazifasini bajarayotgan kattalikka nisbatini o'lchash yoki kattalikni shu ismli birlik kattalik deb qabul qilingan kattalik bo'yicha o'lchash *nisbiy o'lchash* deb ataladi. Masalan, haroratni termoelektr effektdan foydalanishga asoslangan o'lchash yoki massani tortish usuli bilan, ya'ni massaga mutanosib bo'lgan og'irlik kuchidan foydalanish usuli bilan o'lchash nisbiy o'lchashdan iborat. Nisbiy o'lchashdan katta aniqlik zarur bo'lgan hollarda foydalaniladi.

O'lchashlar o'lchash asosini aniqlab beradigan fizik hodisalarga asoslanib olib boriladi. Masalan, moddaning kengayishi bo'yicha haroratni o'lchash, muvozanatlashtiruvchi suyuqlik ustunining ko'tarilishi bo'yicha siyraklanish (vakuum)ni o'lchash. O'lchashning biror asosini amalga oshirish uchun turli texnik vositalar qo'llaniladi. O'lchashlarda qo'llaniladigan va normallashtirilgan metrologik xossalarga ega bulgan texnik vositalar *o'lchash vositasi* deyiladi. O'lchash asosi va vositasini belgilab beradigan usullar majmui *o'lchash usuli* deyiladi.

O'lchashlarda bevosita baholash, differensial, o'lchov bilan taqqoslash va nol (kompensasion) usullar keng tarqalgan.

Bevosita baholash usuli o'lchanayotgan kattalik miqdorini bevosita o'lchash asbobining hisoblash qurilmasi bo'yicha bevosita topish imkonini beradi. Masalan, bosimni prujinali manometr bilan, massani siferblatli tarozida, tok kuchini ampermetr bilan o'lchash va hokazo. Bu usulda o'lchash aniqligi uncha katta bo'lmasa ham, o'lchash jarayonining tezligi uni amalda qo'llanishda tengi yuq usulga aylantiradi.

Differensial usul o'lchanayotgan va ma'lum kattaliklarning ayirmasini o'lchashni xarakterlaydi. Masalan, gaz aralashmasi tarkibini havoning issiq o'tkazuvchanligiga taqqoslash yo'li bilan issiq o'tkazuvchanlik bo'yicha o'lchash.

G'oyatda aniq o'lchashlarda **o'lchov bilan taqqoslash usuli** qo'llanadi. Bunda o'lchanayotgan kattalik o'lchov yordamida topilgan kattaliklar bilan taqqoslanadi. Masalan, o'zgarmas tokning kuchlanishini elektr yurituvchi kuchi normal element EYuK iga teng bo'lgan taqqoslash kompensatorida o'lchash yoki massani pishangli

tarozlarda muvozanatlashtiruvchi toshlar bilan o'lchash. Bu usul ta'sir etuvchi kattaliklarning o'lchash natijasiga ta'sirini kamaytirishga imkon beradi.

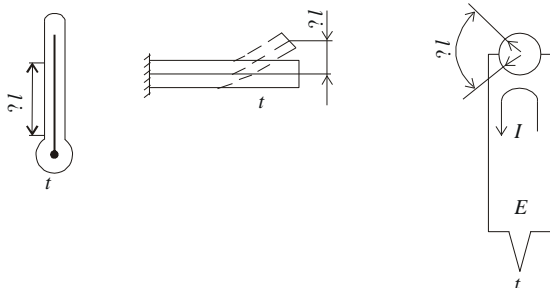
Nol (kompensasion) usul o'lchanayotgan kattalikni qiymati ma'lum bo'lgan kattalik bilan taqqoslashdan iborat, ammo ular orasidagi ayirma ma'lum kattalikni o'zgartirish usuli bilan nolga keltiriladi. Potensiometrlar, muvozanatlashtirilgan ko'priklar va boshqalar nol usulga asoslangan asboblarga misol bo'la oladi. Nol usul o'lchashning yuqori aniqligini ta'minlaydi.

1.3-§. O'LCHASH O'ZGARTIRISHLARI VA O'ZGARTKICHLARI

Texnologik o'lchashlarning mohiyatini texnik jihatdan qisqacha quyidagicha ifodalash mumkin: «*nimani, qanday qilib va nima bilan o'lchanadi?*». Shuning uchun, bundan keyin aniq fizik kattaliklarni o'lchash usullari va o'lchashlarning eng keng tarqalgan ishonchli ishchi vositalari: o'lchash o'zgartkichlari va o'lchash asboblari qarab chiqiladi.

Ko'pchilik hollarda o'lchashlar o'lchanayotgan fizik kattalikni oldindan o'zgartirish bilan bog'lik..

O'lchash o'zgartirishi - bitta fizik kattalikning o'lchamini boshqa fizik kattalikning o'lchamiga o'zgartirishdan iboratdir. Misol tariqasida **R** bosimni deformatsion manometr yordamida o'lchashni qarab chiqamiz. Bosim ta'sirida naychasimon prujina buraladi (uning erkin uchi biroz siljiydi) — bu o'zgartirishning birinchi bosqichi: $\Delta R \rightarrow \Delta l$. Naychasimon prujina uchining siljishi o'qning burilish



burchagiga o'zgaradi: $\Delta l \rightarrow \Delta \varphi$ — bu o'zgartirishning ikkinchi bosqichidir. O'kada strelka mavjud bo'lib, uning uchi bo'linmali shkala bo'yicha siljiydi — bu o'zgartirishning uchinchi bosqichidir $\Delta \varphi \rightarrow \Delta a$, u o'lchanayotgan kattalikning son qiymatini olishga imkon beradi. Umumiy

1.1 – rasmlar $\Delta t \rightarrow \Delta l$ ўzgartkichlar sxemasi

holda hamma o'zgartirishlarni bunday yozish mumkin:

$$\Delta P \rightarrow \Delta l \rightarrow \Delta \varphi \rightarrow \Delta a$$

O'lchash o'zgartkichi — o'lchashlar vositasi sifatida o'lchash o'zgartirishi $\Delta R \rightarrow \Delta a$ ni amalga oshirishga imkon berdi. Kattalikning ketma-ket o'zgartirishlar qatoridan bittasi yuz beradigan o'lchash vositalari elementi *o'zgartirish elementi* deb ataladi. O'zgartirish elementi har doim ham konstruktiv ajralib turmaydi, ya'ni o'lchash vositasi tuzilishining ayni bitta elementi ikki va undan ortiq o'zgartirish elementiga ega bo'lishi mumkin.

O'lchash axboroti signali hamma o'zgarishlarining amalga oshishini ta'minlovchi

o'zgartirish elementlari to'plami o'lchash vositasining *o'lchash maqsadi* deyiladi. O'lchash zanjirida bevosita o'lchanayotgan kattalikning ta'sirida bo'lgan birinchi o'zgartirish elementining qismi *sezgir element* deyiladi. Sezgir elementning o'lchash vositasini aniqlashda e'tiborli bo'lish va uni ximoya armaturasi bilan chalkashtirmaslik kerak, chunki bu armatura o'lchanayotgan kattalikka bevosita tegib turadi. «O'lchash o'zgartirishi» tushunchasi

«o'lchov o'zgartkichi» tushunchasiga qaraganda ancha keng ma'noga ega, chunki ayni bir o'lchov o'zgartirishi o'lchov o'zgartkichlarning ish (ta'sir) prinsipi turlicha bo'lgan ketma ketlik bilan bajarilishi mumkin. 1.1-rasmda ayni bir xil harorat o'lchash o'zgartirishini mexanik Δl siljishga o'zgartiradigan turli o'zgartkichlarga misollar keltirilgan. Birinchi holda bu simob ustunining harorat ko'tarilishi natijasida kengayishdagi siljishi bo'lsa, ikkinchi holda — qatlamlari turlicha bo'lgan harorat kengayish koeffitsiyentiga ega bo'lgan bimetall plastinkalarning siljishi; uchinchi holda — harorat o'lchanadigan muhit bilan bevosita aloqada bo'lgan sezgir element bilan bog'liq asbob ko'rsatkichining (strelkasining) siljishi. Shunday qilib, o'lchash o'zgartirishining ko'rsatmasi nimani va nimaga aylantirish kerak, degan savolgagina javob beradi, aniq o'lchash o'zgartkichlarining ko'rsatishi esa buni tabiatan qanday bajarish mumkin, degan savolga javob beradi. Aslida o'lchash o'zgartkichi bir xususiy o'lchash o'zgartirishini baja-ruvchi ma'lum amal prinsipida yasalgan texnik qurilmani ifodalaydi.

O'lchash o'zgartkichining asosiy xarakteristikalaridan biri o'zgartirish koeffitsiyenti bo'lib, u o'lchanayotgan kattalikni akslantiruvchi o'zgartkichning chiqishidagi signalning o'zgartkich kirishidagi signalga nisbatini ifodalaydi.

Funksional vazifasiga ko'ra o'lchash o'zgartkichlarini quyidagi turlarga ajratish qabul qilingan: birlamchi, oralik, masshtabli, uzatuvchi va boshqalar.

Birlamchi o'lchash o'zgartkichi — o'lchash o'zgartkichi birinchi bosqichi bo'lib, unga o'lchanayotgan fizik kattalik qiymatini boshqa fizik kattalik qiymatiga o'zgartiradi, masalan, deformatsion manometrning naysimon prujinasi. Birlamchi o'lchash o'zgartkichi yordamida o'lchanadigan kattalik yoki o'zgartiriladigan fizik kattalik boshqa o'zgartkichga yoki o'lchash asbobiga uzatilishi mumkin.

Oralik o'lchash o'zgartkichi — o'lchash zanjirida birlamchi o'zgartkichdan keyingi o'rinni egallagan o'lchash o'zgartkich bo'lib o'lchanayotgan fizik kattalikni unifikatsiya (bir xil) signalga o'zgartirishga mo'ljallangan o'zgartkichdir.

Uzatuvchi o'lchash o'zgartkichi — o'lchash axboroti signallarini masofadan turib uzatish uchun mo'ljallangan o'zgartkichdir.

Masshtabli o'lchash o'zgartkichi — kattalikni berilgan marta o'lchash uchun mo'ljallangan o'zgartkich.

Istagan vazifani bajaruvchi o'lchash o'zgartkichi o'lchash asbobi bilan konstruktiv birlashtirilgan bo'lishi yoki o'zi alohida qurilmani tashkil etishi mumkin. O'lchash ob'yektiga o'rnatilgan va o'lchamlari, massasi hamda ta'sir ko'rsatuvchi omillarga mustahkamligiga nisbatan alohida talablarga javob beruvchi, zarur yordamchi elementlar bilan birga o'lchov o'zgartkichlarining bir qator konstruktiv to'plamini *datchik* deb atash qabul qilingan.

Chiqish signalining turiga qarab bir xillashtirilgan, tabiiy yoki diskret (kontaktli) signallar farq qilinadi.

Chiqish signallari bir xillashtirilgan o'lchash o'zgartkichlari chiqishda o'lchanayotgan fizik kattalikning turiga bog'liq bo'lmagan holda maxsus qurilmalar yordamida shakllanadigan signallarga ega (ular tegishli davlat andozalarida ko'zda tutilgan).

Chiqish signallari tabiiy bo'lgan o'lchov o'zgartkichlari shunday qurilmalarki, ularda chiqishdagi signallar tabiiy yo'l bilan shakllanadi, ya'ni o'lchanayotgan kattalikni birlamchi almashtirish uchun eng oddiy va samarali yo'l bilan shakllanadi. O'lchanayotgan kattaliklarning juda xilma-xilligiga qaramay tabiiy chiqish signallarining turlari, odatda, o'nta bilan chegaraladi: siljish, burish burchagi, kuchlanishi, vaqt oralig'i, o'zgarish va o'zgaruvchan kuchlanish, aktiv va kompleks qarshilik, elektr sig'im, chastota (takroriylik). Tabiiy signalli o'lchov o'zgartkichlarining ba'zi hollarda qo'llanishi asosan lokal nazorat qurilmalarida va uncha murakkab bo'lmagan ob'yektlarni avtomatlashtirishda iqtisodiy va texnik jihatdan maqsadga muvofiqdir.

Tabiiy signallarni bir xillashtirilgan signallarga aylantirish uchun maxsus **me'yorlovchi o'zgartkichlar** ko'zda tutilgan.

Diskret chiqish signalli o'lchash o'zgartkichlari (releli o'zgartkichlar) chiqishda o'lchanayotgan kattalik ma'lum qiymatga erishganda o'z holatini o'lchovchi kontaktga ega. Ular asosan texnologik signalizasiya uchun qo'llanadi.

O'lchov qurilmalarida axborotni uzatish vositasi energiya yoki modda oqimlari hisoblanadi. O'lchov o'zgartkichining yoki asbobning kirishiga energiya kirmasa (o'lchash ob'yehtidan yoki oldingi o'zgartkichdan), o'lchash axborotini uzatish mumkin bo'lmaydi. Buni xisobga olib, barcha birlamchi o'zgartkichlar ikki guruhga bo'linadi: generatorli va parametrik o'zgartkichlar.

Generatorli o'zgartkichlar — shunday o'zgartkichki, ularda axborot oqimini shakllantirish uchun qo'shimcha manbadan energiya talab qilinmaydi. Masalan, termojuft haroratni tarmoEYuK ga aylantirib, energiyani faqat o'lchash ob'yehtidagina oladi. Shunday qilib, generatorli o'zgartkichlarda energiya va axborot oqimlarining yo'nalishlari bir xil bo'ladi.

Parametrik o'zgartkichlar — shunday o'zgartkichlarki, ularda energiya va axborot oqimlarining yo'nalishlari bir xil bo'lmaydi. Jumladan, agar ob'yehtda qarshiligi haroratga bog'liq bo'lgan termorezistor o'rnatilgan bo'lsa, u holda axborot olish uchun asbobdan yoki o'zgartkichdan termorezistorga tok o'tkazish zarur. Tokning o'zgarishi o'lchanayotgan haroratning o'zgarishi haqidagi axborot bo'ladi.

Axborot signalining intensivligi manba signali intensivligiga bogʻlik boʻlib, bu parametrik oʻzgartkichlarning oʻziga xos xususiyatidir.

1.4- §. OʻLCHASH VOSITALARI, ULARNING ELEMENTLARI VA PARAMETRLARI

Oʻlchash vositalari oʻlchashlarda ishlatiladi va ular normallashtirilgan metrologik xossalarga, yaʼni kattaliklarning maʼlum sonli qiymatlariga hamda oʻlchash natijalarining aniqligi va ishonchliligini ifodalovchi xossalarga ega boʻladi.

Oʻlchash vositalarining asosiy turlariga oʻlchovlar, oʻlchash asboblari, oʻlchash oʻzgartkichlari va oʻlchash qurilmalari kiradi.

Oʻlchov — berilgan oʻlchamdagi fizik kattalikni qayta oʻlchash uchun moʻljallangan oʻlchash vositasi. Masalan, qadoqtosh — massa oʻlchovi; oʻlchov rezistori — elektr qarshilik oʻlchovi; yoritish lampasi — yorugʻlik oʻlchovi va hokazo.

Bir xil oʻlchamli turli fizik kattalikni qayta oʻlchaydigan bir qiymatli hamda turli oʻlchamdagi qator bir nomli kattaliklarni qayta oʻlchaydigan koʻp qiymatli oʻlchovlar bor. Koʻp qiymatli oʻlchovlarga boʻlinmali chizgʻichlar, induktivlik variometri va boshqalar misol boʻla oladi. Maxsus tanlangan, faqat alohidagina emas, balki turli birikmalarda turli oʻlchamli qator bir nomli kattaliklarni qayta oʻlchash maqsadida qoʻllaniladigan oʻlchovlar komplekti oʻlchovlar toʻplamini tashkil etadi. Masalan, qadoqtoshlar toʻplami, uchlikli uzunlik oʻlchovlari toʻplami, oʻlchov kondensatorlari toʻplami va hokazo. Oʻlchovlar magazini—sanoq qurilmalari bilan bogʻlangan maxsus qayta ulagichlarga ega boʻlgan bitta konstruktiv butun qilib birlashtirilgan oʻlchovlar toʻplami. Oʻlchovlar magazini elektrotexnikada keng qoʻllaniladi: qarshilik magazini, sigʻimlar magazini, induktivliklar magazini.

Oʻlchovlarga standart namunalar va namuna moddalar ham kiradi.

Standart namuna — modda va materiallarning xossalari yoki tarkibini xarakterlovchi kattaliklarning birligini qayta tiklash uchun oʻlchov. Masalan, tarkibidagi kimyoviy elementlari koʻrsatilgan ferromagnit materiallar xossalarning standart namunasi.

Namuna modda — tasdiqlangan spesifikasiyada ko'rsatilgan, tayyorlash shartlariga rioya qilinganda tiklanadigan ma'lum xossalarga ega bo'lgan moddadan iborat o'lchov. Masalan, «toza» gazlar, «toza» metallar, «toza» suv.

Kuzatuvchi idrok qilishi uchun qulay shakldagi o'lchov axboroti signalini ishlab chiquvchi o'lchash vositasi *o'lchov asbobi* deyiladi. O'lchov asbobida kuzatuvchi o'lchanayotgan kattalikning son qiymatini o'qiydi yoki sanaydi. O'lchov asboblari analog va raqamli bo'lishi mumkin. *Analog o'lchov asboblarida* asbobning ko'rsatishi o'lchanayotgan kattalik o'zgarishining uzluksiz funksiyasidan iborat bo'ladi, *raqamli o'lchov asboblarida* esa ko'rsatishlar o'lchov axboroti signalini diskret o'zgartirish natijasidan iborat bo'lgan raqamli shaklda ifodalangan bo'ladi.

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

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

Ulchashga doir axborotni uzatish, o'zgartish, ishlov berish va saqlash uchun qulay bo'lgan, ammo kuzatuvchi bevosita idrok qilishi mumkin bo'lmaydigan shakldagi signalni ishlab chiquvchi 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‘lanishni o‘zgartkich funksiyasi qaror toptiradi. O‘lchash o‘zgartkichlari o‘lchov asboblarining, turli o‘lchov tizimlarining, biror jarayonlarni avtomatik nazorat qilish yoki boshqarish tizimlarining tarkibiy qismi hisoblanadi. O‘lchanayotgan kattalik berilgan o‘lchash o‘zgartkichi **birlamchi o‘zgartkich** deyiladi. Birlamchi o‘lchash o‘zgartkichlari, ko‘pincha, **datchik** deb yuritiladi. Uning bevosita o‘lchanayotgan fizik kattalik ta‘siridagi qismi *sezgir element* deyiladi. Masalan, termoelektrik termometrda termojuft, manometrik termometrda tarmoballon ana shunday elementlardir. O‘lchov 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, konsentratometrlar, nam o‘lchagichlar va hokazo.

Ayrim o‘lchov vositalari va o‘lchov tizimlaridan tashqari murakkab axborot-o‘lchov tizimlari ham qo‘llanadi. Ular ko‘plab texnologik uskunalarda avtomatik o‘lchashni amalga oshirishnigina ta‘minlab qolmay (o‘lchov kanallari soni ming-minglab bo‘lishi mumkin), balki o‘lchash natijalarini berilgan algoritmlar bo‘yicha zarur qayta ishlashni ham bajaradi. Shu munosabat bilan o‘lchash o‘zgartkichlarining axborot-hisoblash mashinalari va qurilmalari kirishiga keladigan signallarini unifikasiyalashtirish (bir xillashtirish) zarurati tug‘iladi. Signallarni unifikasiyalashtirish o‘lchov asboblari turlarini minimumga keltirish imkonini beradi.

O‘lchov vositalari o‘lchash jarayonidagi bajarayotgan vazifasiga qarab ish, namuna va etalon o‘lchov asboblariga bo‘linadi.

Ish o‘lchov asboblari xalq xo‘jaligining barcha tarmoqlarida amaliy o‘lchashlar uchun mo‘ljallangan. Ular anikligi orttirilgan o‘lchov asboblariga va texnik o‘lchov asboblariga bo‘linadi.

Namuna o‘lchov asboblari ish o‘lchov asboblarini tekshirish va ularni o‘zlari bo‘yicha darajalashga xizmat qiladi.

Etalon asboblari fizik kattalik biriklarini qayta tiklash va saqlash, ularning o‘lchamlarini namuna o‘lchov asboblari orqali xalq xo‘jaligida qo‘llanadigan ish o‘lchov vositalariga o‘tkazishga xizmat qiladi. Fizik kattaliklarning birliklari

o'lchami shu usul bilan etalonlardan namuna o'lchov asboblari yordamida boshqa o'lchov asboblariga o'tkaziladi.

O'lchash vositalarining ko'rsatishlaridagi xatoliklarni aniqlash yoki ularning ko'rsatishlariga tuzatish kiritish maqsadida o'lchov vositalari ko'rsatishlarini namuna o'lchov asboblarining ko'rsatishlariga taqqoslash deb ataladi.

Shkala *asbobni tekshirish* bo'linmalariga qabul qilingan o'lchov birliklarida ifodalangan qiymatlar berish operatsiyasi *darajalash* deb ataladi.

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

Fizik kattalikni o'lchashda o'lchov qurilmasi (asbobi) fizik kattalikni ko'rsatkichning mutanosib siljitadi:

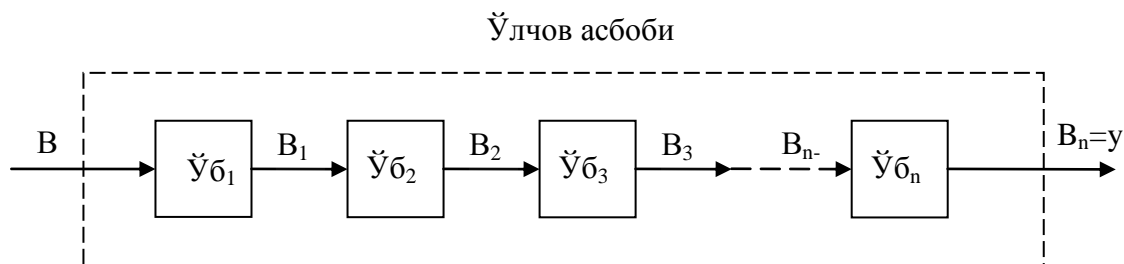
$$\varphi = f(B) \quad (1.4)$$

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

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

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

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



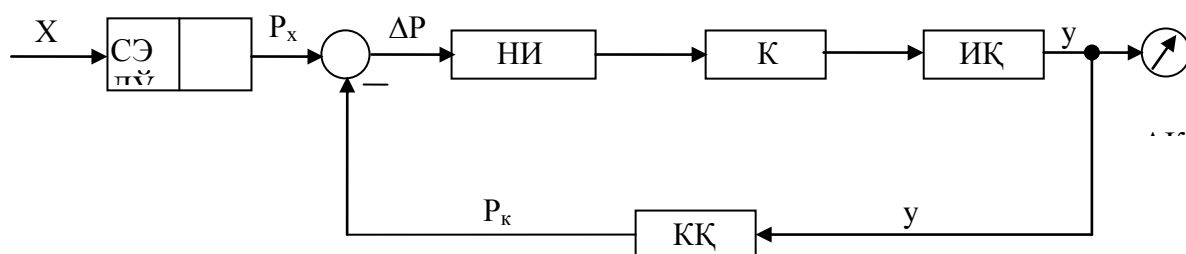
1.2– rasm. O'lchov asbobining umumlashgan strukturasi sxemasi

Istalgan o'lchov asbobining struktura sxemasi, uning ishlash, prinsipidan qat'i nazar, ketma-ket ulangan o'lchash bo'g'inlari $O'B_1, O'B_2, O'B_3, \dots, O'B_n$, (1.2-rasm)

qatoridan tuzilgan zanjir kabi tasvirlanishi mumkin. Birinchi bo‘g‘in $O'B_1$ uchun kirish qiymati bo‘lib V kattalik xizmat kiladi. Har bir bo‘g‘inning chikish qiymati keyingi bo‘g‘in uchun kirish qiymati bo‘lib xizmat qiladi. Oxirgi $O'B_n$ bo‘g‘inning chikish qiymati ko‘rsatkichning $V_n = \varphi$ siljishini anglatadi.

Umumiy holda o‘lchov vositalarining struktura sxemasini qurish prinsipiga qarab ikki guruhga bo‘lish mumkin: to‘g‘ri o‘zgartiradigan o‘lchash sxemasi va signali moslashtiriladigan o‘lchash sxemalari. **To‘g‘ri o‘zgartirish prinsipi** bo‘yicha qurilma o‘lchov vositalarida o‘lchanayotgan kattalik dastlabki o‘zgartkichga yoki uning o‘lchash zanjiri qismidan iborat bo‘lgan sezgir elementga keladi. O‘lchash zanjirida, odatda, o‘lchanayotgan kattalikni axborotning biror eltuvchisi (elektr toki kuchi yoki kuchlanishi, siqilgan havo bosimi va boshqalar) signaliga o‘zgartirish kiritish bo‘yicha amalga oshiriladi. So‘ngra mazkur signal 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 qimmatga tushmaydi. Ammo ulardan, amalda, kichik signallarini o‘lchashda foydalanib bo‘lmaydi. Defferensial o‘zgartkichlar va ular bilan o‘lchash sxemalari signali to‘g‘ri o‘zgartkich sxemalari turlaridan biridir.

Signalni muvozanatlashtiradigan o‘lchash sxemalari strukturasi 1.3-rasmda keltirilgan. O‘lchanayotgan kattalik X dastlabki o‘zgartkich DO ga yoki uning sezgir elementi SE ga keladi va R_x signalga aylantiriladi, bu signal kompensasiya qurilmasi KQ dan chiqqan R signal bilan moslashtiriladi. Kompensasiya qurilmasi KQ chiqish signali φ ni kompensasiya qiluvchi R_k signalga o‘zgartiradi.



1.3. – rasm. Signalni muvozanatlashtiruvchi o‘lchov asboblarning struktura sxemasi.

Nobalans signali ΔR nomuvofiqlashtirish indikatori NI orqali kuchaytirgich K kirishiga beriladi. Kuchaytirgichning chiqish signali integrallovchi qurilma IQ ga (masalan, reversiv dvigateliga) ta‘sir qiladi yoki chiqish signali φ kuchaytirgich

chiqishidan olinadigan signal yo‘q bo‘lganda o‘zgarmay qolaveradi. Signal asbob ko‘rsatkichi AK va kompensasiya qurilmasi KQ ga beriladi. Shunday qilib, chiqish signali φ o‘lchanayotgan X kattalik qiymatini aniqlaydi. Signalni muvozanatlashtiruvchi asboblarning yuqori aniqlikka ega bo‘lib, kichik signallarni o‘lchash imkonini beradi, ammo ularning tezkorligi kam, bahosi yuqori, ishonchliligi esa to‘g‘ri o‘zgartkich asboblarnikiga qaraganda past.

O‘LCHASH XATOLIKLARI VA ANIQLIK SINFI

O‘lchash natijasida, odatda, o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladigan qiymati topiladi. Qo‘pincha, fizik kattalikning haqiqiy qiymati noma’lum bo‘ladi va shu kattalikning qiymati o‘rnida uning tajriba yordamida topilgan qiymatlaridan foydalaniladi. Bu qiymat kattalikning haqiqiy qiymatiga shuncha yaqin bo‘ladiki ko‘zda tutilgan maqsad uchun undan foydalanish mumkin. Kattalikning o‘lchash usuli bilan topilgan qiymati **o‘lchash natijasi** deyiladi. O‘lchash natijasi bilan o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq **o‘lchash xatoligi** deyiladi. O‘lchanayotgan kattalik birliklarida ifodalangan o‘lchash xatoligi o‘lchashning **mutlaq xatoligi** deyiladi:

$$\Delta X = X - X_h \quad (1.5)$$

bu yerda, ΔX — mutlaq xatolik; X — o‘lchash natijasi; X_h — o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati.

O‘lchash mutlaq xatoligining o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati o‘lchashning *nisbiy xatoligi* deyiladi.

O‘lchash xatoliklari ularning kelib chiqishi sabablariga ko‘ra muntazam, tasodifiy va qo‘pol xatoliklarga bo‘linadi.

Muntazam xatolik deyilganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o‘lchaganda o‘zgarmas bo‘lib qoladigan yoki biror qonun bo‘yicha o‘zgaradigan o‘lchash xatoligi tushuniladi. Ular aniq qiymat va ishoraga ega bo‘ladi, ularni tuzatmalar kiritish bilan yo‘qotish mumkin.

Kattalikni o‘lchash natijasida olgan qiymatga muntazam xatolikni yo‘qotish maqsadida qo‘shiladigan qiymat *tuzatma* deb ataladi. Odatda, muntazam xatoliklar

instrumental (o'lchash asboblari), o'lchash usullari, sub'yektiv (noaniq o'qish), o'rnatish, uslubiy xatoliklarga bo'linadi.

Instrumental xatolik deyilganda qo'llanayotgan o'lchov asboblari xatoliklariga bog'liq bo'lgan o'lchash xatoliklari tushuniladi. Yuqori aniqlikda o'lchaydigan asboblarning qo'llanganda o'lchov asboblarning takomillashmagani orqasida kelib chiqadigan instrumental xatoliklar tuzatma kiritish usuli bilan yo'qotiladi. Texnik o'lchov asboblarning instrumental xatoliklarini yo'qotib bo'lmaydi, chunki bu asboblarni tekshirilganda tuzatmalar bilan ta'minlanmaydi.

O'lchash usuli xatoligi deyilganda usulning takomillashmaganligi orqasida kelib chiqadigan xatolik tushuniladi. Ular, ko'pincha, yangi usullar qo'llaganda, qiymatlar orasidagi haqiqiy bog'lanishni taxminiy apporoksimasiya qiluvchi tenglamalardan foydalanilganda paydo bo'ladi. O'lchash usuli xatoligi o'lchov vositasi, xususan, o'lchash qurilmasi, ba'zida esa, o'lchash natijasi xatoliklarini baholashda e'tiborga olinishi lozim.

Sub'yektiv xatoliklar kuzatuvchining shaxsiy xususiyatlaridan masalan, biror signal berilgan paytni kayd qilishda kechikish yoki shoshilishdan, shkala bir bo'limi chegarasida ko'rsatuvni noto'g'ri yozib olishdan, parallaksdan va hokazodan kelib chiqadi. Parallaksdan hosil bo'lgan xatolik deyilganda sanash xatoligiga kiradigan, shkala sirtidan biror masofada joylashgan strelka shu sirtga perpendikulyar bo'lmagan yo'nalishda vizirlash (belgilash) natijasida kelib chiqadigan xatolik tushuniladi.

O'rnatish xatoligi o'lchov asbobi strelkasining shkala boshlang'ich belgisiga noto'g'ri o'rnatilishi natijasida yoki o'lchash vositasini e'tiborsizlik bilan, masalan, vertikal yoki gorizontal bo'yicha o'rnatilmasligi natijasida kelib chiqadi.

O'lchash uslubi xatoliklari kattaliklarni (bosim harorat va b. ni) o'lchash uslubi bilan bog'liq bo'lgan va qo'llanayotgan o'lchash asboblari bog'liq bo'lmagan xatoliklaridan iborat.

O'lchashlarni, ayniqsa, aniq o'lchashlarni bajarishda o'lchash natijasini muntazam xatoliklar anchagina buzishi mumkin. Shuning uchun, o'lchashlarni bajarishga kirishishdan avval bu xatoliklarning barcha manbalarini aniqlash va ularni

yo‘qotish choralarini ko‘rish zarur. Ammo muntazam xatoliklarni topish va yo‘qotish uchun uzil-kesil qoidalar berish amalda mumkin emas, chunki turli kattaliklarni o‘lchash usullari g‘oyatda turli-tumandir.

Tasodifiy xatolik deyilganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o‘lchash mobaynida tasodifiy o‘zgaruvchi o‘lchash xatoligi tushuniladi. Tasodifiy xatolikning borligini faqat bitta kattalikni bir xil sinchkovlik bilan qayta-qayta o‘lchangandagina sezish mumkin. Agar xar bir o‘lchash natijasi boshqalardan farq qilsa, u holda tasodifiy xatolik mavjud bo‘ladi. Shu xatoliklarni baholash ehtimollar nazariyasi va matematik statistika nazariyasiga asoslangan bo‘lib, ular o‘lchash natijasi o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish darajasini baxolash usullarini, xatolikning ehtimoliy chegarasini baholash imkonini beradi, ya’ni natijani aniqlash, boshqacha aytganda, o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga anchagina yaqin qiymatini topish va kuzatish natijasini topish imkonini beradi.

O‘lchashning qo‘pol xatoligi deyilganda berilgan shartlar bajarilganda yuz beradigan, kutilgan natijadan tubdan farq qiladigan o‘lchash xatoligi tushuniladi.

O‘lchashdan ko‘zda tutilgan maqsad va o‘lchash aniqligiga qo‘yiladigan talablarga qarab o‘lchashlar aniq (laboratoriya) va texnik o‘lchashlarga bo‘linadi. O‘lchash natijasining o‘lcha-nayotgan kattalik haqiqiy qiymatiga yaqinligini ifodalovchi o‘lchash sifati **o‘lchash aniqligi** deb ataladi. Aniqlikni oshirishga intilib, biz o‘lchash xatoligini kamaytirishimiz lozim. Ammo aniqlikni oshirish usullari, ko‘pincha, murakkab bo‘ladi va qimmat turadi. Shuning uchun, avval o‘lchashning konkret shart-sharoitlari va maqsadlarga bog‘liq bo‘lgan maqbul aniqlikni baholab olish va zarur bo‘lsa, so‘ngra aniqlikni oshirish choralarini ko‘rish lozim. O‘lchashni bajaruvchi asboblarning ko‘rsatishi o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladi. Shuning uchun, o‘lchov asbobining ko‘rsatishi va haqiqiy ko‘rsatishi degan tushunchalar mavjud.

Kattalikning sanoqqa ko‘ra topilgan qiymati *o‘lchov asbobining ko‘rsatishi* deyiladi. Bu kattalikning namuna asboblari orqali aniqlangan ko‘rsatishi *haqiqiy ko‘rsatishi* deyiladi.

Asbobning ko'rsatishi va o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq **o'lchov asbobining xatosi** deyiladi. Kattalikning haqiqiy qiymatini aniqlash mumkin bo'lmagani sababli, o'lchov texnikasida namuna asbobning ko'rsatishi shu kattalikning haqiqiy qiymati deb qabul qilinadi.

Agar X_k bilan sanoq ko'rsatishidagi qiymatni, X_h bilan haqiqiy qiymatni belgilasak, quyidagi ifodadan ΔX mutlaq xatolikni topamiz:

$$\Delta X = X_k - X_x \quad (1.6)$$

O'lchov asbobining mutlaq xatoligi deb, shu asbobning ko'rsatishi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati oradagi farqqa aytiladi. Bu yerda, xatoliklar plus yoki minus ishorasi bilan kattalikning birliklarida ifodalanadi. Mutlaq xatolik kattaligining haqiqiy qiymatiga nisbati **nisbiy xatolik** deb ataladi. Nisbiy xatolik orqali o'lchashning aniqlik darajasini ifodalash juda qulay.

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_x} \cdot 100\% = \pm \frac{X_k - X_x}{X_x} \cdot 100\% \quad (1.7)$$

Odatda, haqiqiy qiymat — X_q va topilgan qiymatlar X_k ga nisbatan ΔX juda kichik bo'ladi, ya'ni

$$\Delta X \leq X_x \quad \text{va} \quad \Delta X \leq X_k$$

Shuning uchun, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_x} \cdot 100\% \approx \pm \frac{\Delta X}{X_k} \cdot 100\% \quad (1.8)$$

Shunday qilib, nisbiy xatolikni hisoblashda mutlaq xatolikning asbobning ko'rsatishiga nisbatini olish mumkin. Nisbiy xatolik % larda ifodalanadi.

Kattalikning haqiqiy qiymatini aniqlash uchun o'lchov asbobining ko'rsatishiga tuzatish kiritiladi. Uning son qiymati teskari ishora bilan olingan mutlaq qiymatga teng:

$$T = X_h - X_k \quad \text{yoki} \quad T = -\Delta X \quad (1.9)$$

bu yerda, T -tuzatma.

Asbobning xatoligi shkala diapazonining foizlarida ifodalanadi. Bunday xatoliklar keltirilgan xatolik deyiladi va mutlaq xatolikning asbob o'lchash chegarasiga nisbatiga teng, ya'ni

$$j = \frac{\Delta X}{N} \cdot 100\% \quad (1.10)$$

bu yerda, N — asbobning o'lchash chegarasi.

Misol. Yuqorigi o'lchash chegarasi 300° S bo'lgan potentsiometrning ko'rsatishi $X_k = 240^{\circ}$ S va o'lchanayotgan haroratning haqiqiy qiymati $X_h = 241,2^{\circ}$ S bo'lganidagi mutlaq, nisbiy, keltirilgan xatoliklari topilsin.

Mutlaq xatolik (1.6) ifoda bo'yicha $\Delta X = -1,2^{\circ}$ S, nisbiy xatolik (1.8) ifoda bo'yicha $b = -0,5\%$, keltirilgan xatolik (1.10) ifoda bo'yicha $j = 0,4\%$.

Xatolik qiymati o'lchash asbobi aniqligini, demak, o'lchash natijasini xam xarakterlaydi. O'lchash aniq bo'lishi uchun xatosi kichik bo'lgan asboblardan foydalanish lozim. Ammo xatosiz asboblardan tayyorlash mumkin emas. Xatosi kichik bo'lgan asboblardan ishlashda katta ehtiyotkorlik talab etiladi. Texnik o'lchashlar uchun belgilangan qiymatdan oshmaydigan yo'l qo'yiladigan xatosi bor asboblardan foydalaniladi.

Asbob ko'rsatishining standart yo'l qo'yadigan eng katta xatoligi **yo'l qo'yiladigan xatolik** deyiladi. Xatolik miqdori o'lchashlar olib borilayotgan tashqi muhitga (atrof muhit harorati, atmosfera bosimi, tebranish va boshqalarga) bog'liq bo'lgani sababli asosiy va qo'shimcha xatoliklar tushunchalari kiritiladi.

O'lchash asbobi uchun texnik sharoitlar imkon bergan, maxsus yaratilgan normal ish sharoitida yo'l qo'yilgan xato **asosiy xatolik** deyiladi. Atrof-muhitning normal holati deb 20° S harorat va 101325 N/m^2 (760 mm sim. ust) atmosfera bosimi qabul qilingan. Tashqi sharoit o'zgarishining asboblarga bo'lgan ta'siridan kelib chiqqan xato **qo'shimcha xatolikdir**. O'lchov asboblarining sifati ularning xatoliklaridan tashqari asboblar variyasiyasi, sezgirligi va sezgirlik chegarasi bilan xarakterlanadi.

Bir kattalikni ko'p marta takroriy o'lchashlar natijasida asbob ko'rsatishlari orasidagi eng katta farq *o'lchov asbobining variyasiyasi* deyiladi. Variyasiya o'lchanayotgan kattalikni ma'lum bir miqdorgacha asta-sekin oshirib va kamaytirib aniqlanadi. Variyasiya o'lchov asbobining mexanizmi, oraliqlari, gisterezisi va boshqa qismlardagi ishqalanishi sababli kelib chiqadi. Variyasiya (V) o'lchov asbobi shkalasi

maksimal qiymatining foizi hisobida ifodalanib, asosiy yo‘l qo‘yiladigan xatolik qiymatidan oshib ketmasligi lozim:

$$V = \frac{\Delta N}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\% \quad (1.11)$$

bu yerda, ΔN — asbob ko‘rsatishidagi eng katta farq; N_{\max} va N_{\min} — asbob shkalasining yuqori va quyi qiymatlarni.

Asbob ko‘rsatishining aniqligiga uning sezgirligi xam katta ta‘sir qiladi. Asbob strelkasi chiziqli yoki burchak siljishining u siljishni xosil qilgan fizik kattalik o‘zgarishiga nisbati asbobning sezgirligi deyiladi:

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta Q} \quad (1.12)$$

bu yerda, S — asbobning sezgirligi; Δn — strelka siljishining o‘zgarishi; ΔQ — o‘lchanayotgan kattalikning o‘zgarishi.

Sezgirligi yuqori bo‘lgan asboblar asosan aniq o‘lchashlar uchun ishlatiladi.

O‘lchanayotgan kattalik qiymatining asbob ko‘rsatishiga ta‘sir qila oladigan eng kichik o‘zgarishi *sezgirlik chegarasi* deyiladi.

Shkala va strelkaga ega bo‘lgan asboblar uchun asbobning sezgirligiga teskari bo‘lgan kattalik *shkala bo‘linmasi qiymati* deyiladi:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta n} \quad (1.13)$$

bu yerda, C — shkala bo‘linmasining qiymati.

Ikkita yonma-yon belgi (shtrix yoki nuktalar) orasidagi farq — *shkala bo‘linmasi* deyiladi. Shkala bo‘linmasining qiymati strelkani bir bo‘linmaga siljitgan kattalik qiymatining o‘zgarishini xarakterlaydi.

Ba‘zan kattalikning xaqiqiy qiymatini topish uchun asbob ko‘rsatishini *tuzatish koeffitsiyenti K* ga ko‘paytiriladi:

$$X_x = k \cdot X_k \quad (1.14)$$

O‘lchov asbobi ko‘rsatishining kechikishi uning inersiyasini, ya‘ni kattalik o‘zgargan vaqtdan asbob ko‘rsatishining siljishigacha o‘tgan vaqtni xarakterlaydi. Asbob ko‘rsatishining kechikishi qancha kam bo‘lsa, asbobning sifati shuncha yuqori bo‘ladi.

O'lchash vositalarining umumlashgan xarakteristikasi asosiy va qo'shimcha xatoliklarning chegaraviy qiymatlari bilan, shuningdek, o'lchash vositalari aniqligiga ta'sir etuvchi boshqa parametrlar bilan ifodalanadigan aniqlik sinfidan iborat; parametrlarning qiymati o'lchash vositalarining ayrim turlari uchun standartlarda belgilangan. O'lchash vositalarining aniqlik sinfi ularning aniqlik xossalari xarakterlaydi, ammo ular shu vositalar yordamida olib borilgan o'lchashlarning bevosita ko'rsatkichi bo'la olmaydi. Chunki aniqlik o'lchash usullariga hamda o'lchash o'tkazilayotgan sharoitga ham bog'liq. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklar chegaralari keltirilgan (nisbiy) xatoliklar ko'rinishida berilgan o'lchash asboblari uchun quyidagi sonlar qatoridan olingan aniqlik sinfi beriladi:

(1, 1,5; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6) · 10ⁿ, bu yerda, n = 1,0; — 1; -2 va hokazo.

O'lchash asbobining aniqlik sinfi foizlarda hisoblangan eng katta keltirilgan xatolikka teng:

$$A_A = j_{\max} = \frac{\Delta X_{\max}}{N} \cdot 100\% = \frac{\Delta X_{\max}}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\% \quad (1.15)$$

Turli o'lchov asboblari uchun Davlat standartida turli aniqlik sinflari qabul qilingan. Ular asbobning siferblatida ko'rsatilgan. Masalan, shkalasi 0—100°S dan iborat bo'lgan logometrni darajalash natijasida mutlaq xatolikning quyidagi qiymatlari olingan:

Shkalasi belgisi, °S . . .	0	20	40	60	80	100
Mutlaq xatolik, Δx, °S ...	0,4	1,6	1,0	0,4	0	- 0,6

Bu yerda, logometrning keltirilgan xatosi

$$j = \frac{\Delta X_{\max}}{N} \cdot 100\% = \frac{1,6}{100} \cdot 100\% = 1,6\%$$

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra aniqlik sinfini 2,0 ga teng deb olamiz (yaxlitlash kattalashtirish tomon olib boriladi).

Yo'l qo'yiladigan xatoliklari chegaralari foizlarda ifodalanadigan nisbiy xatoliklardan iborat asboblarning aniqlik sinflari qavs ichida yozilgan sonlar bilan belgilanadi (masalan, 5%), bu sonlar yo'l qo'yiladigan asosiy nisbiy xatoliklar qiymati bilan ustma-ust tushadi. Masalan, 2,5 aniqlik sinfidagi, shkalasi 0—100 mV

bo'lgan millivoltmetr uchun shkalaning ixtiyoriy belgisida asosiy nisbiy xatolik $\pm 2,5\%$ dan oshmaydi, ya'ni shkalaning ixtiyoriy belgisida mutloq xatolik (mV larda)

$$\Delta X \leq \pm \frac{2,5}{100} \cdot X_k$$

bu yerda, X_k — asbobning ko'rsatishi.

Yo'l qo'yiladigan xatoliklari shkala uzunligi bilan aniqlanadigan me'yorlovchi qiymatlarga bog'liq foizlarda ifodalanadigan asboblarning aniqlik sinflari burchakcha bilan ajratib qo'yilgan sonlar bilan belgilanadi (masalan, 05; 1,5), bu sonlar yo'l qo'yiladigan asosiy keltirilgan xatoliklar qiymati bilan ustma-ust tushadi.

Masalan, shkalasi 5—50 mV va aniqlik sinfi 2,5 bo'lgan millivoltmetr uchun yo'l qo'yiladigan asosiy mutloq xatolik quyidagi ifoda bo'yicha (mVlarda) hisoblanadi:

$$X_k = \pm \frac{2,5 \cdot N_H}{100} = \pm \frac{2,5 \cdot 45}{100} = \pm 1,1$$

bu yerda, $N_H = N_{max} - N_{min}$ va N_{min} asbob shkalasining oxirgi va boshlang'ich qiymatlari.

O'lchash uchun asbob tanlashda uning aniqlik sinfi asosiy chegaraviy mutloq xatolik bilan aniqlanishini e'tiborga olish lozim, bu xatolik shkalaning turli belgilarida nisbiy xatolikning turli qiymatlariga mos keladi.

Masalan, shkalasi 0...150 mV va aniqlik sinfi 1,5 bo'lgan millivoltmetr uchun asosiy chegaraviy mutloq xatolik 2,25 mV ga teng bo'lib, shkalaning 25 va 100 mV belgilarida nisbiy xatolik tegishlicha quyidagiga teng bo'ladi (% larda):

$$b_{25} = \frac{\Delta X}{X_k} \cdot 100 = \pm \frac{2,25}{25} \cdot 100 = \pm 9$$

$$b_{100} = \pm \frac{2,25}{100} \cdot 100 = \pm 2,25$$

Nisbiy xatolikni kamaytirish maqsadida o'lchash asbobi shkalasining yuqorigi chegarasini shunday tanlash lozimki, o'lchanayotgan kattalikning kutiladigan qiymati (ko'rsatishi) uning oxirgi uchinchi qismida (yoki oxirgi yarmida) joylashishi maqsadga muvofiq.

O'lchash vositalarining xatoliklari statistik va dinamik xatoliklarga bo'linadi. **Statistik hatolik** o'zgarmas kattaliklarni o'lchash uchun foydalaniladigan o'lchash vositasi xatoligidir. Agar o'lchanayotgan kattalik vaqtning funksiyasi bo'lsa,

vositalarni **dinamik xatoligi** deb ataladigan umumiy xatolikning tashkil etuvchisi xosil bo‘ladi. Dinamik rejimda umumiy xatolik statistik va dinamik xatoliklar yig‘indisiga teng.

Ikki yoki undan ortiq o‘lchov vositalariga ega bo‘lgan o‘lchash tizimidan foydalanganda tizimning mutlaq xatoligi

$$\Delta X_{muz} = \pm \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2 + \dots + \Delta X_n^2} \quad (1.16)$$

ifoda bilan aniqlanadi, bu yerda, $\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_n$ — tizimning 1-, 2-, ..., n- o‘lchov vositasi.

Tizimning nisbiy va keltirilgan xatoligi shunga o‘xshash aniqlanadi

$$b_{muz} = \pm \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2} \quad (1.17)$$

$$j_{muz} = \pm \sqrt{j_1^2 + j_2^2 + \dots + j_n^2} \quad (1.18)$$

1-BOBGA TEGISHLI TAYANCH SO‘Z VA IBORALAR TERMASI

1. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish
2. Ishlab chiqarishni avtomatlashtirish
3. Avtomatlashtirish tizimi
4. Birlamchi asbob
5. Ikkilamchi asbob
6. Markazlashtirilgan boshqarish tizimi
7. Metrologiya
8. O‘lchash turlari
9. O‘lchash vositalari
10. O‘lchash xatoliklari
11. Aniqlash sinfi
12. Shkala bo‘linmasi qiymati
13. Sezgirlik
14. O‘lchash chegarasi

NAZORAT SAVOLLARI

1. Mehnat unumdorligini oshirishda texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirishining roli qanday?

2. Birlamchi o'zgartkich, birlamchi va ikkilamchi asboblarning xaqida qanday tushunchaga egasiz?
3. Ishlab chiqarishni avtomatlashda mikroprosessor va elektron xisoblash mashinalarining qo'llanishi nimani beradi?
4. Metrologiya nima?
5. O'lchash deganda nimani tushunasiz?
6. Qanday o'lchash turlari mavjud?
7. O'lchash xatoligi nima?
8. O'lchash xatoliklarining kelib chiqish sabablari va qanday xatoliklarini bilasiz?
9. Aniqlik sinfi nima?

8– ma'ruza HARORAT VA UNI O'LCHASHDAGI ASOSIY TUSHUNCHALAR

Harorat — texnologik jarayonlarning muhim parametri bo'lib, amalda ham past, ham yuqori haroratlar bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi.

Jismlarning harorati molekulalarning issiqlik harakatidan hosil bo'ladigan ichki kinetik energiyasi bilan belgilanadigan qizdirilganlik darajasi orqali xarakterlanadi. Haroratni o'lchash amalda ikkalasidan birining qizdirilish darajasi ma'lum bo'lgan ikki jismning qizdirilishini taqqoslash yordamidagina mumkin bo'ladi. Jismlarning qizdirilganlik darajasini taqqoslashda ularning haroratga bog'liq bo'lgan va osongina o'lchanadigan fizik xossalardan birortasini o'zgartirishdan foydalaniladi.

Molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi va ideal gaz harorati orasidagi bog'lanish quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$E = \frac{3}{2} K \cdot T \quad (2.1)$$

bu yerda, K — $1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, — Bolsman doimiysi; T — jism mutlaq harorati, $^{\circ}\text{K}$.

Agar jismning harorati turlicha bo'lsa, ular bir-biriga tegib turganida energiyalarning tenglashuvi ro'y beradi: yuqoriroq haroratga va, demak, molekulalarining ko'proq o'rtacha kinetik energiyasiga ega bo'lgan jism o'z

issiqligini (energiyasini) kamroq haroratga va, demak, molekulalarining kamroq oʻrtacha kinetik energiyasiga ega boʻlgan jismga beradi. Shunday qilib, harorat issiqlik almashish, issiqlik oʻtkazish jarayonlarining ham sifat, ham miqdoriy tomonlarini xarakterlaydigan parametrdir. Ammo haroratni bevosita oʻlchash mumkin emas: uni jismning haroratga bir qiymatli bogʻliq boʻlgan qandaydir boshqa fizik parametrlari boʻyicha aniqlash mumkin. Haroratga bogʻliq parametrlarga masalan, hajm, uzunlik, elektr qarshilik, termoelektr yurituvchi kuch, nurlanishning energetik ravshanligi va hokazolar kiradi.

Harorat oʻlchaydigan asbobni 1598 yilda Galiley birinchi boʻlib tavsiya etgan. Soʻngra M. V. Lomonosov, Farengeytlar termometr ishlab chiqishgan.

Oʻlchanayotgan haroratning son qiymatini topish uchun haroratlar shkalasini oʻrnatish, yaʼni sanoq boshini va harorat oraligʻining oʻlchov birligini tanlash lozim.

Kimyoviy toza moddalarning oson tiklanadigan (asosiy reper va tayanch) qaynash va erish nuqtalari bilan chegaralangan harorat oraligidagi qator belgilar, harorat shkalasini hosil qiladi. Bu haroratlarga t' va t'' qiymatlar berilgan. U holda oʻlchov birligi:

$$1 \text{ zpadyc} = \frac{t'' - t'}{n} \quad (2.2)$$

bu yerda t' va t'' — oson tiklanadigan oʻzgarmas haroratlar: n — t'' , t' tayanch nuqtalar orasidagi harorat oraligʻi boʻlinadigan butun son.

Harorat shkalasining tenglamasi:

$$t = t' + \frac{v - v'}{v'' - v'} \cdot (t'' - t') \quad (2.3)$$

bu yerda, t' va t'' — moddanning tayanch nuqtalari (760 mm sim. ust. bosimida va ogʻirlik kuchining $980,665 \text{ sm/s}^2$ tezlanishida muzning erish va suvning kaynash haroratlari); v' va v'' — t' , t'' haroratlardagi moddaning (suyuqlikning) hajmi; v — t haroratdagi moddaning (suyuqlikning) hajmi.

Tabiatda hajmiy kengayishi va harorati chiziqli bogʻlangan suyuqliklar boʻlmaydi. Shuning uchun, haroratlarning koʻrsatishi termometrga solinadigan moddaning (simob, spirt va boshqalar) tabiatiga bogʻliq. Fan va texnikaning rivojlanishi bilan termometrga solinadigan moddaning bironta xususiyati bilan bogʻlanmagan yagona harorat shkalasini yaratish zarurati paydo boʻladi. 1848 yilda

ingliz fizigi Kelvin termodinamikaning ikkinchi qonuni asosida yangi harorat shkalasini tuzishni taklif qildi. Termodinamik haroratlar shkalasining tenglamasi:

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} * 100\% \quad (2.4)$$

bu yerda, Q_{100} va Q_0 — suvning qaynash va muzning erish haroratlariga mos issiqlik mikdorlari; Q — T haroratga mos issiqlik mikdori.

O'lchov va vaznlar bo'yicha 1960 yilda o'tkazilgan XI xalqaro konferensiya qarorlarida ikki harorat shkalasi: Kelvin gradusi ($^{\circ}\text{K}$) o'lchov birligi bilan o'lchanadigan termodinamik shkala va Syelsiy gradusi ($^{\circ}\text{S}$) o'lchov birligi bilan o'lchanadigan xalqaro amaliy shkalalarning qo'llanishi ko'zda tutilgan. Kelvin termodinamik shkalasidagi pastki nuqta — mutlaq nol nuqta (K) bo'lib, yagona eksperimental asosiy nuqta esa suvning uchlik nuqtasidir. Bu nuqtaning son qiymati $273,15^{\circ}\text{K}$. Suvning muz, suyuq, gaz fazalaridagi muvozanat nuqtasi bo'lgan suvning uchlik nuqtasi muz erish nuqtasidan $0,01\text{ K}$ yuqoriroq turadi. Termodinamik harorat T harfi bilan son qiymatlari esa $^{\circ}\text{K}$ bilan ifodalanadi.

Amaliy o'lchashlarda ishlatiladigan xalqaro amaliy harorat shkalasi termodinamik shkala ko'rinishida ishlangan. Bu shkala kimyoviy toza moddalarning bir qadar oson tiklanadigan o'zgarimas qaynash va erish nuqtalari asosida tuzilgan. Ularning sonli qiymati gazli termometrlar orqali aniqlangan bo'lib, xalqaro amaliy harorat shkalasi o'lchov va vaznlar bo'yicha o'tkazilgan XI umumiy konferensiyada qabul qilingan.

Xalqaro amaliy shkala bo'yicha o'lchanadigan harorat t harfi bilan, sonli qiymati esa $^{\circ}\text{S}$ belgisi bilan ifodalanadi. Mutlaq termodinamik shkala bo'yicha ifodalangan harorat bilan shu haroratning xalqaro shkala bo'yicha ifodasi orasidagi munosabat quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$T = t + 273,15 \quad (2,5)$$

bu yerda, T — mutlaq termodinamik shkaladagi $^{\circ}\text{K}$ harorat; t — xalqaro amaliy shkaladagi $^{\circ}\text{S}$ harorat.

Angliya va AQSH da 1715 yilda taklif qilingan Farengeyt shkalasi ($^{\circ}\text{G}'$) qo'llanadi. Bu shkalada ikki nuqta: muzning erish nuqtasi ($32^{\circ}\text{G}'$) va suvning qaynash niqtasi ($212^{\circ}\text{G}'$) asos qilib olingan. Xalqaro amaliy shkala, mutlaq

termodinamik shkala va Farengeyt shkalasi bo'yicha hisoblangan harorat munosabati quyidagicha:

$$t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15 = 0,556(n^{\circ}\text{F} - 32) \quad (2.6)$$

bu yerda, n — Farengeyt shkalasi bo'yicha graduslar soni.

Hozir 1968 yilda qabul qilingan va 1971 yil 1 yanvardan majburiy joriy etilgan Xalqaro amaliy harorat shkalasi (MPTSH-68) qo'llaniladi. MPTSH-68 haroratni 13,81 dan 6300°K gacha oraliqda o'lchashni ta'minlaydi.

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 davomiyligi sharti, haroratni qayd qilish va avtomatik boshqarish zarurati yordamida belgilanadi.

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

Haroratni o'lchash asbobi ishlash prinsipiga qarab quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1. **Kengayish termometrlari.** Bu termometrlar harorat o'zgarishi bilan suyuqlik yoki qattiq jismlar hajmining yoxud chiziqli o'lchamlarining o'zgarishiga asoslangan.

2. **Manometrik termometrlar.** Bu asboblarda moddalar hajmi o'zgarish bilan harorat o'zgarishi bilan bosimning o'zgarishiga asoslangan;

3. Harorat ta'sirida o'zgargan termoelektr yurituvchi kuchning o'zgarishiga asoslangan **termoelektr termometrlar.**

4. O'tkazgich va yarim o'tkazgichlarning harorati o'zgarishi sababli elektr qarshilikning o'zgarishiga asoslangan **qarshilik termometrlari.**

5. **Nurlanish termometrlari.** Ular orasida eng ko'p tarqalganlari; a) optik pirometrlar — issiq jismning ravshanligini o'lchash asbobi; b) rangli pirometrlar (spektral nisbat pirometrlari) - jismning issiqlikdan nurlanish spektridagi energiyani taqsimlanishini o'lchashga asoslangan; v) radiasion pirometrlar — issiq

jism nurlanishining quvvatini o'zgarishiga asoslangan. Nurlanish termometrlari harorat kontaktsiz o'lchash usuli hisoblanadi.

2.1 – jadval.

Sanoatda haroratni o'lchash vositalaridan foydalanish chegaralari

O'lchash vositasi turi	O'lchash vositalarining turli tumanligi	Davomli foydalanish chegarasi	
		3	4
1	2		
Kengayish termometrlari	Suyuqlikka oid termometrlar	-200	750
	Diometrik, bemetall termometrlar	-150	700
Manometrik termometrlar	Gazli	-150	1000
	Suyuqlikli	-150	600
	Bug' – suyuqlikli (Kondensasion)	-50	300
Teroelektrik termometrlar	Termoelektrik termometrlar	-200	2500
Qarshilik termometrlari	Metall qarshilik termometrlari	-260	1100
	Yarim o'tkazgichli qarshilik termometrlari	-272	600
Pirometrlar	Kvazimonoxramatik pirometrlar	700	6000
	Spektral nisbatli pirometrlar	300	2800
	To'liq nurlanish pirometrlari	50	3500

Eng qulay, aniq va ishonchli o'lchash usullari - haroratning birlamchi datchiklari sifatida qarshilik termoo'zgartkichi va termoelekt o'zgartkichlardan foydalanadigan kontaktli usullari hisoblanadi.

2.1-jadvalda sanoatda haroratni eng ko'p tarqalgan o'lchash vositalarining qo'llanish chegaralari ko'rsatilgan.

2.2-§. KENGAYISH TERMOMETRLARI

Suyuqlikli termometrlarning ishlash prinsipi asbob ichiga solingan termometr suyukligining hajmi harorat ko'tarilishi yoki pasayishida o'zgarishiga asoslangan. Suyuqlikli termometrlar—200⁰S dan + 750⁰S gacha oraliqdagi haroratni o'lchash uchun ishlatiladi. Shisha termometrlarning ishlatilish usuli sodda, aniqligi yetarli darajada yuqori va arzon bo'lgani sababli laboratoriya va sanoatda keng tarqalgan.

Shisha termometrlarning suyuqligi sifatida simob, toluol, etil spirt (etanol), kerosin, petroley efir, pentan va boshqalar ishlatiladi. Ularning ko‘llanish chegaralari 2.2-jadvalda keltirilgan.

2.2 – jadval.

Termometrlarga solinadigan suyuqliklarning qo‘llanish chegaralari

Suyuqlik	Qo‘llanish chegaralari, °S da	
	Pastki	Yuqori
Simob	-35	750
Toluol	-90	200
Etil spirti (etanol)	-80	70
Kerosin	-60	200
Petroley efir	-120	25
Pentan	-200	20

Suyuqlikli termometrlar orasida eng ko‘p tarqalgan simobli termometrlardir. Simob kengayish koeffitsiyentining kichikligi termometriya nuqtai nazaridan uning kamchiligi hisoblanadi. Suyuqlikning issiqlikdan kengayishi hajmiy kengayish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi. Bu koeffitsiyent quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\beta_{t_1, t_2} = \frac{v_{t_2} - v_{t_1}}{v_0(t_2 - t_1)}, \quad 1/\text{zpa}\partial \quad (2.7)$$

bu yerda, v_{t_1} va v_{t_2} — suyuqlikning t_1 va t_2 haroratlardagi hajmi; v_0 — shu suyuqlikning 0°S dagi xajmi

β koeffitsiyent qancha katta bo‘lsa, hajmiy kengayish haroratning 1°S ga o‘zgarishiga shuncha katta bo‘ladi. Termometrlarda hajmiy kengayish harorat koeffitsiyenti yuqori bo‘lgan suyuqliklardan foydalanish maqsadga muvofiq. O‘lchashning maqsadi va chegarasiga qarab termometrlar kengayish koeffitsiyenti kichik bo‘lgan turli markali shishalardan tayorlanadi. Texnikada qo‘llanadigan suyuqlikli shisha termometrlar quyidagi xillarga bo‘linadi:

1. Ko'rsatishlariga tuzatish kiritilmaydigan termometrlar (keng miqyosda qo'llaniladigan termometrlar): a) simobli termometrlar (-35 dan $+750^{\circ}\text{S}$ gacha); b) organik suyuqlikli termometrlar (-200 dan $+200^{\circ}\text{S}$ gacha).

2. Ko'rsatishlariga tuzatish kiritiladigan termometrlar: a) aniqlik darajasi yuqori simobli termometrlar (-35 dan $+600^{\circ}\text{S}$ gacha); b) aniq o'lchovlarga mo'ljallangan simobli termometrlar (0 dan $+500^{\circ}\text{S}$ gacha); v) organik suyuqlikli termometrlar (-80 dan $+100^{\circ}\text{S}$ gacha).

Tuzilishlarining xilma-xilligiga qaramay barcha suyuqlikli termometrlar ikki asosiy turning biriga: tayoqcha shaklidagi yoki shkalasi ichiga o'rnatilgan termometrlar turiga tegishli bo'ladi. Tayoqcha shaklidagi termometr qalin devorli, tashqi diametri $6\text{--}8$ mm gacha qilib tayyorlangan kapillyar naychadan iborat. Naychaning pastki qismi suyuqlik saqlanadigan rezervuar hosil qiladi. Ularning shkalasi bevosita kapillyarning sirtida darajalanadi.

Shkalasi ichiga o'rnatilgan termometrlarda kapillyar naychasi ingichka devorli bo'lib, rezervuari kengaytirilgan. Shkala darajalari yassi shisha plastinkada joylashgan va kapillyar bilan birgalikda rezervuarga yopishgan shisha qobiq ichiga olingan. Hozirgi vaqtda shkalasi ichiga o'rnatilgan yoki burchakli (termometrning pastki qismi 90° , 120° , 135° li burchak hosil qiladi) texnik termometrlar tayyorlanadi. Yuqori darajali termometrlarda kapillyarlardagi suyuqlik ustidagi bo'shliq inert gaz bilan to'ldiriladi. Haroratning ma'lum darajada saqlanishini avtomatik ravishda ta'minlash va uning ma'lum qiymatini signalizasiya qilish uchun kontaktli termometrlar qo'llaniladi. Bunday termometrlar ikki yoki undan ko'proq kontaktli bo'lib yuqoridagi kontakt o'rnini o'zgaruvchan bo'ladi. Haroratni suyuqlikli shisha termometr bilan o'lchash aniqligidagi xatoliklar bir qator faktorlarga bog'liq: tekshirilmagan shkala bo'linmalari uchun kiritiladigan tuzatish qiymatining noaniqligi; nol nuqtasining o'zgarishi; termometrning o'lchanayotgan muhitga kirish chuqurligining har xilligi; tashqi bosimning o'zgarishi; termometr inersiyasining va rezervuar bilan atrof-muhit issikligining muvozanati.

Xatoliklarga sabab boʻladigan keltirilgan omillardan eng ahamiyatlisi nol nuqtasining oʻzgarishi hamda termometrning oʻlchanayotgan muhitga kirish chuqurligining har xilligidir.

Agar termometrni ishlatilish sharoitlariga koʻra oʻlchanayotgan muxitga toʻliq kiritib boʻlmasa, unda uning rezervuari va suyuqlik ustuni turli haroratda boʻladi. Oʻlchanayotgan muhitdan chiqib turgan ustunga tuzatma quyidagi tenglama boʻyicha kiritiladi:

$$\Delta t = n \cdot \beta_{t_1, t_2} (t_2 - t_1) \quad (2.8)$$

bu yerda, n — chiqib turgan ustundagi darajalar (graduslar) soni; β_{t_1, t_2} — shishadagi suyuqlikning kengayish koeffitsiyenti (simob uchun 0,00016, spirt uchun 0,001), $1/^\circ\text{S}$; t_2 — termometr koʻrsatayotgan harorat, $^\circ\text{S}$; t_1 — muhitdan chiqib turgan ustunning oʻrtacha harorati.

Agar chiqib turgan ustun harorati oʻlchanayotgan muhit haroratidan kam boʻlsa, unda Δt tuzatma ishorasi musbat, ortiq boʻlsa, manfiy boʻladi. Chiqib turgan ustun hisobiga paydo boʻladigan xatolik ancha katta boʻlishi mumkin va shuning uchun, uni eʼtiborga olmaslikning iloji yoʻq.

Vazifasi va qoʻllanish sohasiga koʻra suyuqlikli termometrlar odatda laboratoriya termometrlari, umumsanoat va maxsus vazifalarni bajaruvchi texnik termometrlar, qishloq xoʻjalik uchun moʻljallangan termometrlar, metrologik, maishiy termometrlarga boʻlinadi.

Suyuqlikli shisha termometrlarning kamchiligiga shkala boʻyicha hisoblash noqulayligi, koʻrsatishlarni kayd qilib, ularni masofaga uzatib boʻlmasligi, issiklik inersiyasining kattaligi (koʻrsatishlarning kechikishi) va asboblarning mexanik nuqtai nazardan mustahkam emasligi kiradi.

Dilatometr va bimetalli termometrlarning ishlash prinsipi harorat oʻzgarishida qattiq jism chizikli oʻlchamining oʻzgarishiga asoslangan. Harorat oʻzgarishiga bogʻliq boʻlgan kattiq jism chizikli oʻlchamining oʻzgarishi tenglama orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$l_t = l_0(1 + \beta_r \cdot t) \quad (2.9)$$

bu yerda, l_t - t haroratda qattiq jismniig uzunligi; l_0 — shu jismning 0°S dagi uzunligi; β_r — oʻrtacha chizikli kengayish koeffitsiyengi (0°S dan t $^\circ\text{S}$ gacha boʻlgan haroratlar oraligʻida).

Dilatometrik termometr, odatda, issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti katta boʻlgan metall naycha (aktiv element) va issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti juda kichik boʻlgan naycha ichida joylashgan sterjendan iborat.

Dilatometrik termometrlarning aktiv elementi (naychasi) ning asosi materiallari jez L62 ($\beta_r = 18,3 \div 23,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0^{\circ}\text{S}^{-1}$) yoki nikellangan poʻlat XN60V, 10X17N13M2T ($\beta_r = 20 \cdot$

$\cdot 10^{-6} \cdot 0^{\circ}\text{S}^{-1}$) boʻladi. Passiv element sifatida, odatda, invar kotishmasi ($\beta_r = 0,9 \cdot 10^{-6} \cdot 0^{\circ}\text{S}^{-1}$) qoʻllanadi. Harorat ortganda aktiv element (naycha) sterjenga nisbatan ancha koʻprok uzayadi. Sterjenning siljishi (choʻzilishi) haroratning oʻzgarishiga toʻgʻri mutanosiblikda boʻladi va naychaning boshlangʻich uzunligi bilan aniqlanadi.

Dilatometrik termometrlar suyuqliklar haroratini oʻlchashda xamda haroratni maʼlum darajada avtomatik ravishda saqlash uchun va signalizasiyada qoʻllaniladi. Dilatometrik termometrlar 1,5 va 2,5 aniqlik sinflarida chiqariladi, ularning yuqorigi oʻlchash chegarasi 500°S gacha.

Afzalliklari: ishonchli, oddiy va arzon.

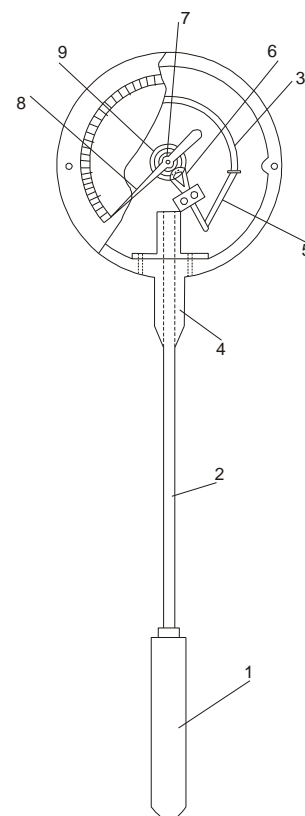
Kamchiliklari: asbob oʻlchamlari katta, harorat bir nuqtada emas, balki hajmda oʻlchanadi, issiqlik inersiyasi katta.

Bimetall termometrlarning sezgir elementi kavsharlangan ikkita plastinkadan tayyorlangan prujinadan iborat. Bu plastinka issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti turlicha boʻlgan metallardan tayyorlanadi. Harorat oʻzgarganda plastinkalar ogʻadi. Kavsharlangan plastinkalar bir-biriga nisbatan siljiy olmaganligi sababli prujina issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti kam boʻlgan plastinka tomonga ogʻadi. Plastinkalar uzayishining harorat koeffitsiyenti farqi qancha katta boʻlsa, prujinaning harorat oʻzgarishidagi ogʻishi shuncha koʻp boʻladi. Bimetall termometrlar bilan haroratni oʻlchash chegarasi -150°S dan $+700^{\circ}\text{S}$ gacha, xatosi 1...1,5%. Bu turdagi termometrlar haroratni maʼlum darajada avtomatik ravishda rostlash va signalizasiya uchun qoʻllaniladi.

MANOMETRIK TERMOMETRLAR

Manometrik termometrlar texnik asbob bo'lib, termotizimning ish moddasi jixatidan gazli, suyuqli va kondensasion (bug'-suyuqli) termometrlarga bo'linadi. Bu asboblarda suyuq va gazsimon muhitlarning -150 dan $+ 1000^{\circ}\text{S}$ gacha bo'lgan haroratini o'lchash uchun qo'llaniladi. Manometrik termometrlar ko'rsatuvchi va o'ziyozar qilib ishlanadi. Uziyozar termometrlar doiraviy yoki lentasimon diagramma qog'ozini bilan ta'minlanadi. Diagramma qog'ozini sinxron dvigatel, ba'zi turlarida esa soat mexanizmi siljitadi.

Manometrik termometrlar kimyo sanoatida keng qo'llaniladi, Ular portlash xavfi bor joylarda ishlatilishi mumkin. Bu holda diagramma qog'ozini soat mexanizmi bilan yuritiladi. Manometrik termometrlarning sxemasi 2.1-rasmda ko'rsatilgan. Asbob termoballon 1, kapillyar naycha 2 va manometrik qism 3—9 dan iborat. Manometrik prujina 3 ning bir uchi tutqich 4 ga kavsharlangan. U kanal orkali prujinaning ichki bo'shlig'ini termoballon bilan ulaydi. Prujinaning ikkinchi bo'sh uchi germetiklangan va tortqich 5 yordamida sektor 6 bilan bog'langan. Bu sektor o'z navbatida tribka 7 bilan tishli ilashish vositasida ulangan. Tribka 7 ning o'qiga strelka 8 o'rnatilgan. Uzatish mexanizmdagi oraliqni to'ldirish uchun spiral tola 9 o'rnatilgan, uning ichki o'ramining uchi tribka o'qiga ulangan.



2.1 – rasmda
Манометрик

Asbobning termoballon, kapillyar va manometrik prujinasi ish moddasi, asosan, gaz (gazli termometrlarda) va suyuqlik (suyuqlikli termometrlarda) bilan boshlang'ich bosimda to'ldiriladi.

Termoballon isishi bilan ish moddasi germetiklangan termotizimdagi bosimi oshadi, buning natijasida prujina yoyila boshlaydi va uning bo'sh uchi siljiydi. Prujina bo'sh uchining siljishi uzatish mexanizmi orqali (tortqich, sektor va tribka) ko'rsatkichning holati bo'yicha hisobga olinadi. Termoballon, odatda, zanglamas po'latdan ishlanadi, kapillyar esa jezdan yoki po'latdan ishlanib, uning tashqi diametri 2,5 mm, ichki diametri esa 0,35 mm ga teng bo'ladi. Asbob vazifasiga ko'ra

kapillyar naychanning uzunligi turlicha (0,6 m dan 60 m gacha) bo'ladi. Manometrik termometrlarda bir chulg'amli, ko'p chulg'amli (chulg'amlar soni 6 dan 9 gacha) va spiralli manometrik prujinalar ishlatiladi.

Gazli manometrik termometrlarning ishlash prinsipi germetik berkitilgan termotizimdagi inert gaz bosimining haroratga bog'liqligiga asoslangan. Gazli termometrlardagi boshlang'ich bosim haroratni o'lchash chegaralariga bog'liq bo'lib, odatda $0,98 \dots 4,9 \text{ MN/m}^2$ ($10 \dots 50 \text{ kgk/sm}^2$) ni tashkil qiladi. Bu termometrlar — 150°S dan $+1000^\circ\text{S}$ gacha haroratlarni o'lchash imkonini beradi. Gazli termometrlarning ish moddasi sifatida azot ishlatiladi.

Suyuqlikli manometrik termometrlar tizimi boshlang'ich bosim ostida suyuqlik bilan to'ldiriladi. Buning uchun simob, ksilol, propil alkogol, metaksilol va hokazolar ishlatiladi. Suyuklikli termometrlar uchun bog'lovchi kapillyarlar uzunligi 0,6 m dan 10 metrgacha bo'ladi. Bu termometrlar — 150°S dan 600°S gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashga imkon beradi.

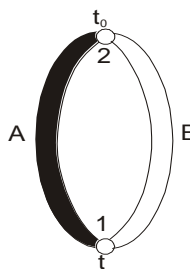
Termoballon harorati t_0 dan t gacha orttirilganda undagi suyuqlik k

Manometrik kondensasion (bug'- suyuqlikli) termometrlar — 50°S dan $+300^\circ\text{S}$ gacha haroratlarni o'lchaydi. Kondensat sifatida freon ($\text{SNG}'_2\text{Sl}$ — $25^\circ\text{S} \dots +80^\circ\text{S}$ gacha); propilen (S_3N_6 — $50^\circ\text{S} \dots +60^\circ\text{S}$ gacha); metil xlorid (SN_3Sl , $0 \dots 125^\circ\text{S}$ gacha); aseton ($\text{S}_3\text{N}_6\text{O}$ $100^\circ\text{S} \dots 200^\circ\text{S}$ gacha); etil benzol (S_8N_{10} — $160^\circ\text{S} \dots 300^\circ\text{S}$ gacha) va hakazolar ishlatiladi.

Bu termometrlarning termoballonlari hajmining $2/3$ qismi past haroratda qaynaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Termometrlarning berk tizimida doim bug'lanish va kondensasnyalanishning dinamik muvozanati mavjud. Harorat ko'tarilishi bilan birga bug'lanish kuchayib, bug'ning elastikligi o'sadi, shuning uchun, kondensasiyalanish jarayoni kuchayadi. Buning natijasida to'yingan bug' ma'lum haroratda mos muayyan bosimga erishadi. Bug' bosimi harorat o'zgarishi bilan o'zgarib, kapillyarni to'ldirgan muxit orqali manometrik prujinaga o'tadi.

2.4-§. TERMOELEKTR TERMOMETRLAR

Haroratni o'lchashning termoelektr termometr (termojuft) usuli termo EYuK ning haroratga bog'liqligiga asoslangan. Bu asbob — 200°S dan $+ 2500^{\circ}\text{S}$ gacha



2.2–расм.
Икки
ўтказгичли

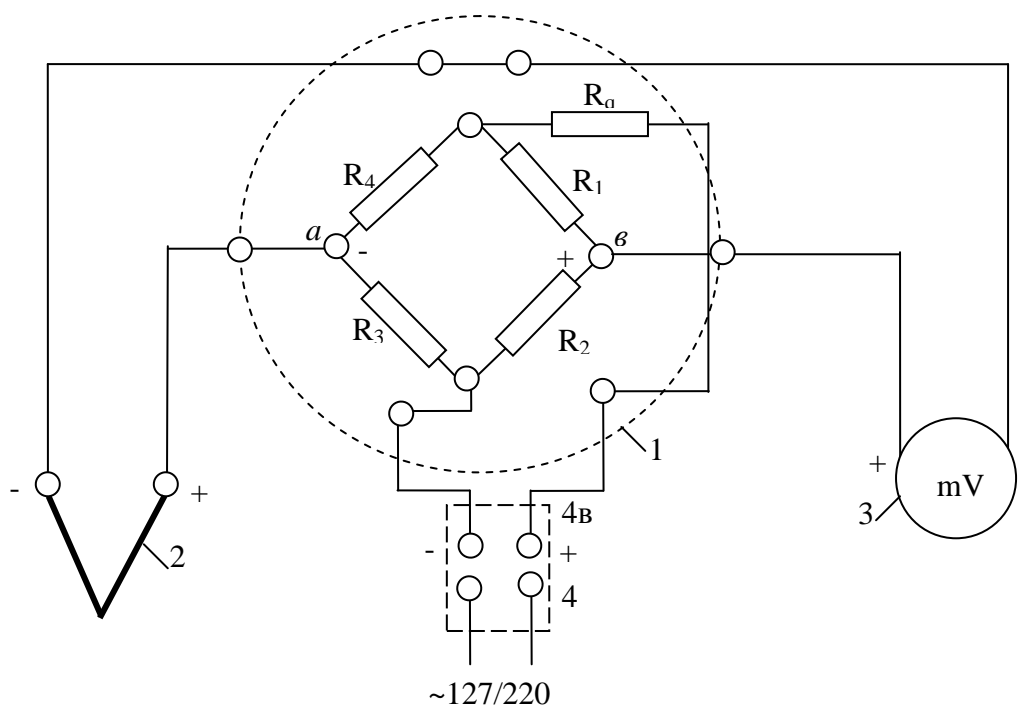
bo'lgan haroratlarni o'lchashda texnikaning turli sohalari va ilmiy-tekshirish ishlarida keng qo'llanadi. Termoelektr termometrlar yordamida haroratni o'lchash 1821 yilda Zeyebek kashf etgan termoelektr hodisasiga asoslangan. Bu hodisaning haroratlarni o'lchashda qo'llanish ikki xil metall simdan iborat zanjirda ularning kavsharlangan joyida haroratlar farqi hisobiga hosil bo'ladigan EYuK effektiga asoslangan. xil Har xil A va V o'tkazgichlardan iborat zanjirni ko'rib chiqamiz (2.2-rasm). Termojuftning 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 termojuft 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 potenciallar 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

Termoelektr termometr erkin uchlari haroratining o'zgarishini kompensasiyalash usullari termojuft sovuq ulanmalari harorati o'zgarmas bo'lgandagina to'g'ri o'lchash mumkin. Ammo bu haroratlar o'zgarmas bo'lib qola olmaydi. Shuning uchun, termometrning sovuq ulanmasini o'lchash ob'yektidan naribroqqa haroratning o'zgarmas zonasiga olish lozim. Shu maksadda maxsus kompensasion (uzaytiruvchi) simlardan foydalaniladi.

Yuqorida aytilganidek, termojuft bilan haroratni o‘lchashda termojuftning erkin uchlaridagi haroratning o‘zgarishiga qarab tuzatish kiritiladi. Sanoatda avtomatik ravishda tuzatish kiritish uchun ko‘prik sxemalar ko‘llaniladi(2.7-rasm).

Ko‘prik termojuftga ketma-ket ulanadi. Uning R_1 , R_2 , R_3 qarshiliklari manganindan, R_4 esa misdan ishlanadi. R_g qo‘shimcha qarshilik ko‘prikka berilgan kuchlanishni yetarli darajada ta‘minlab berish uchun xizmat qiladi. Energiya o‘zgarmas tok manbaidan olinganda uning o‘zgarishiga qarab, ko‘prikni turlicha darajalangan termojuftlar bilan ishlashga rostdash mumkin.



2.7 – rasm. Termojuft erkin uchlarining haroratini avtomatik kompensasiyalash sxemasi

Termojuft kompensasion ko‘prikka termoelektrod simlar bilan ulanadi, ko‘prikdan o‘lchash asbobigacha esa mis simlar ulanadi.

Termojuft 2 erkin uchlarining darajalanish haroratida ko‘prik 1 muvozanat xolatda bo‘lib, ko‘prikning ab uchlaridagi potentsiallar ayirmasi nolga teng bo‘ladi. Erkin uchlarining harorati o‘zgarishi bilan birga R_4 qarshilikning qiymati ham o‘zgaradi, natijada ko‘prik muvozanati buziladi va uning ab uchlaridagi potentsiallar

ayirmasi oʻzga-radi. Bu ayirmaning qiymati erkin uchlaridagi haroratning oʻzgarishi sababli paydo boʻlgan TEYuK ning teskari ishorali qiymatiga teng boʻladi.

Millivoltmetrlar

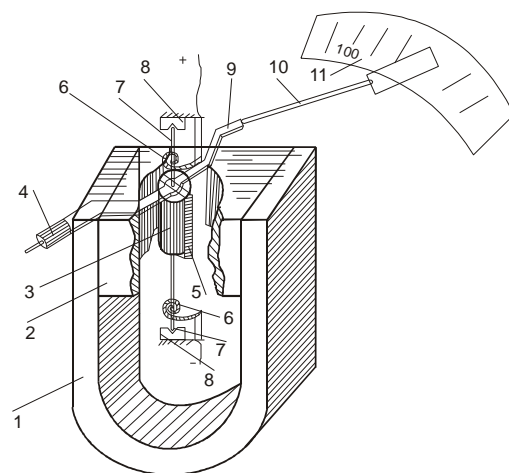
Termoelektr termometrlar (termojuftlarni)dagi TEYuKni oʻlchash uchun magnitoelektr millivoltmetrlar, potensiometrlar va meʼyorlovchi oʻzgartkichlar keng qoʻllanilmoqda.

Millivoltmetr — magnitoelektr oʻlchash asbobi boʻlib, uning ishlash prinsipi qoʻzgʻaluvchan ramkadan oʻtayotgan tokning oʻzgarish magnit maydoni bilan oʻzaro taʼsiriga asoslangan.

Millivoltmetrning tuzilishi 2.8 - rasmda koʻrsatilgan.

Doimiy magnitning qutb uchlari 2 va tayanch tovonostlari 8 da aylanadigan oʻqlarda joylashgan oʻzak 3 orasidagi (havo oraligʻida) ramka 5 bor. Ramkaning uchlari oʻqlar 7 ga ulangan Ramkaga kronshteyn 9, strelka 10 ulangan.

Strelkaning uchi shkala 11 boʻylab



2.8 – расм. Милливольтметрнинг тузилиши

Potensiometrlar

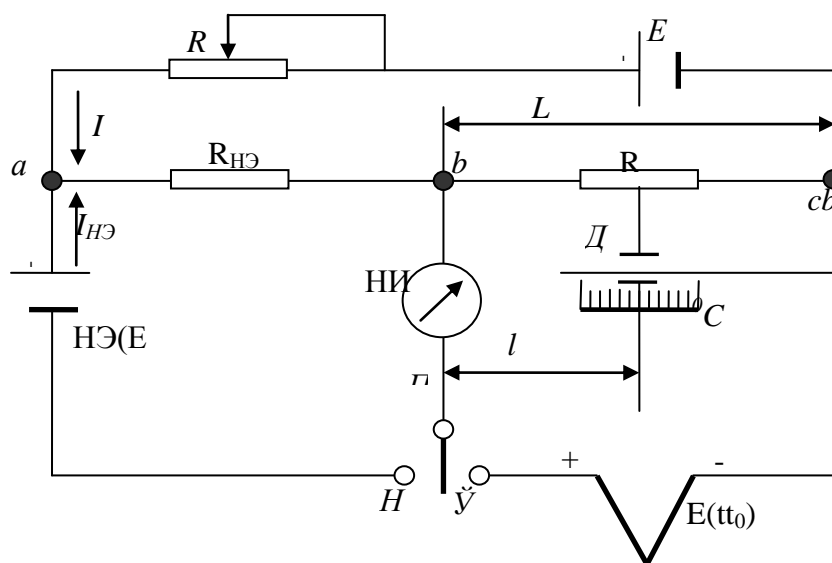
Asboblarga oʻlchash aniqligi nuqtai nazaridan qoʻyiladigan talablar oshganligi sababli hozir haroratni termojuft bilan oʻlchashda millivoltmetrlardan foydalanishdagi kamchiliklardan holi boʻlgan kompensasion yoki potensiometrik usul tobora keng qoʻllanilmoqda.

Potensiometrik oʻlchash usuli millivoltmetr yordamida olib boriladigan oʻlchashdan ancha afzaldir: potensiometrning koʻrsatishi tashqi zanjir qarshiliklarining oʻzgarishiga, asbob haroratiga bogʻliq emas. Potensiometrda termojuft erkin uchlari haroratining oʻzgarishiga avtomatik ravishda tuzatish kiritiladi, shuning uchun, oʻlchash aniqligi yuqori boʻladi. **Potensiometrik oʻlchash usuli** oʻlchanayotgan termojuft TEYuK ini potesiallar ayirmasi. bilan muvozanatlashtirishga asoslangan. Bu potesiallar ayirmasi kalibrlangan qarshilikda

yordamchi tok manбайдan hosil bo‘ladi. Potensiallar ayirmasi termojuft TEYuK ning teskari ishorali qiymatiga teng.

Harorat yoki TEYuK ni o‘lchash uchun ko‘llaniladigan, qo‘l bilan muvozanatlashtiriladigan potensiometrning prinsipial sxemasi 2.9-rasmda ko‘rsatilgan.

Tok yordamchi Ye manбайдan zanjirga o‘tadi. Bu zanjirning b va S nuqtalari o‘rtasida R_r o‘zgaruvchan qarshilik — reoxord ulangan. Reoxord L uzunlikdagi kalibrlangan simdan iborat. b nuqta va oralikdagi reoxordning sirpanuvchi kontaktli sirpang‘ichi joylashgan har qanday D nuqta o‘rtasidagi potensiallar ayirmasi R_{bd} qarshilikka to‘g‘ri mutanosiblikda bo‘ladi. Kyetma-ket ulangan termojuft bilan almashlab ulagich P orkali sezgir nol indikator NI ulanadi, termojuft zanjirida tok borligi shu indikator orkali aniqlanadi. Termojuftning toki R_{bd} tarmoqda yordamchi manba toki bilan bir yo‘nalishda yuradigan qilib ulanadi. TEYuK ni o‘lchash uchun reoxord sirpang‘ichi nol indikator strelkasini nolni ko‘rsatguncha suradi.



2.9 – rasm. Qo‘l bilan muvozanatlashtiriladigan potensiometr sxemasi

Ayni paytda R_{bd} qarshilikdagi kuchlanishning kamayishi o‘lchachayotgan TEYuK ga teng bo‘ladi. Quyidagi tenglama bu holatni xarakterlaydi:

$$E_{(t,t_0)} - I \cdot R_{bD} = 0 \quad (2.35)$$

yoki

$$E_{(t,t_0)} = I \cdot R_{bD} \quad (2.36)$$

bu yerda, $I R_{bD}$ — Ye manba kuchlanishining tarmoqdagi tushuvi.

Zanjir tarmog'idagi tok kuchi butun zanjirdagi tok kuchiga teng,

demak:

$$\frac{U_{bD}}{R_{bD}} = \frac{E}{R_{BC}} \quad (2.37)$$

bundan,

$$U_{bD} = E \frac{R_{bD}}{R_{BC}} \quad (2.38)$$

Kompensasiya paytida $U_{b,D} = E_{(t,t_0)}$ nazarda tutilsa;

$$E_{(t,t_0)} = E \frac{R_{bD}}{R_{BC}} = U_{bD} \quad (2,39)$$

2.5-§. QARSHILIK TERMOMETRLAR

Haroratni qarshilik termometrlari bilan o'lchash harorat o'zgarishi bilan o'tkazgich hamda yarim o'tkazgichlar elektr qarshiligining o'zgarish xususiyatiga asoslangan. Demak, o'tkazgich yoki yarim o'tkazgichning elektr qarshiligi uning harorati funksiyasidan iborat, ya'ni $R = f(t)$. Bu funksiyaning ko'rinishi termometr qarshiligi materialining xossalariga bog'liq. Ko'pchilik toza metallarning elektr qarshiligi harorat ko'tarilishi bilan ortadi, metall oksidlari (yarim o'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 haroratga 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;

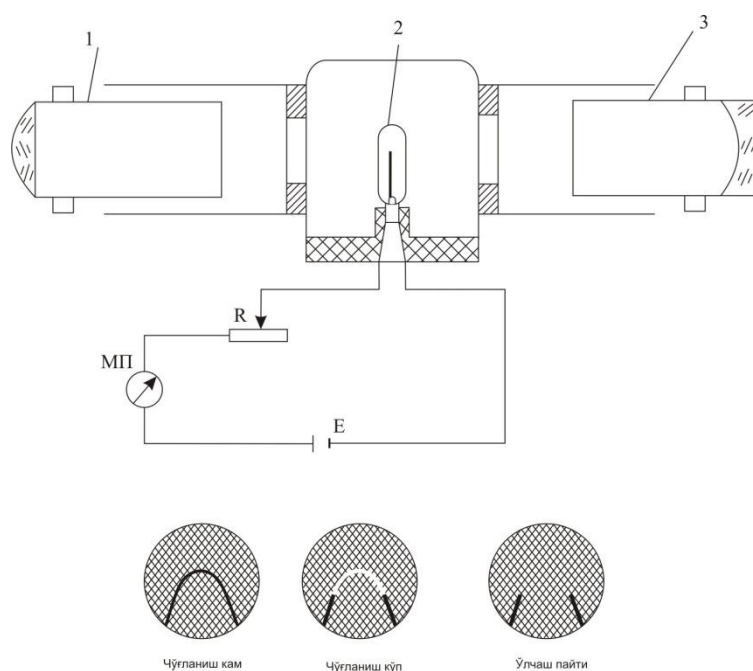
4) solishtirma elektr qarshilik yetarlicha katta bo'lishi kerak. Ma'lum haroratlar oralig'ida yuqoridagi talablarga platina, mis, nikel, temir, volfram kabi metallar javob beradi.

Harorat o'zgarishi bilan elektr qarshilygining o'zgarishini

Kvazimonoxromatik (optik) pirometrlar

Optik pirometrlarning ishlash prinsipi harorati o'lchanayotgan jismning nurlanish ravshanligini etalon jismlarning monoxromatik nurlanish ravshanligi bilan solishtirishga asoslagan. Etalon jism sifatida, odatda, nurlanish ravshanligi rostlanadigan cho'g'lanish lampasining tolasidan foydalaniladi. Bu guruhdagi keng tarqalgan asboblardan biri — cho'g'lanish tolasi yo'qolib ketadigan monoxromatik optik pirometrdir. Bu asbobning prinsipial sxemasi 2.24- rasmda keltirilgan. Qizdirilgan jismning nurlanish oqimi ob'yektiv 1 orqali yig'iladi va pirometrik lampa 2 ning toza yuzasiga proyeksiyalanadi. Okulyar 3 yordamida ob'yektning tasviri bilan kesishgan lampa tolasining tasviri kuzatiladi. Lampa tolasi ta'minlash manbai Y_e ning o'zgarish tokidan cho'g'lanadi. Manbaning kuchlanishi reostat R yordamida sekin-asta rostlash yo'li bilan ob'yekt va tola ravshanliklari tenglashguncha oshirib boriladi. Shu payt ob'yekt tasviri bilan kesishgan tolaning qismi, rasmda ko'rsatilganidek, yo'qolib ketadi. Ravshanliklari tenglashgandan so'ng tok kuchini yoki lampa kuchlanishini o'lchaydigan asbob bilan pirometr ko'rsatishlari hisoblanadi.

Optik pirometrlarning haroratni o'lchash oralig'i 800°S dan 10000°S gacha. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklar chegarasi $\pm 1,5\%$ dan oshmaydi.



2.24 – rasm. **Optik pirometrning prinsipial sxemasi**

Optik pirometr ko‘chma asbobdir. U bilan uzluksiz o‘lchash va haroratni qayd qilish mumkin emas.

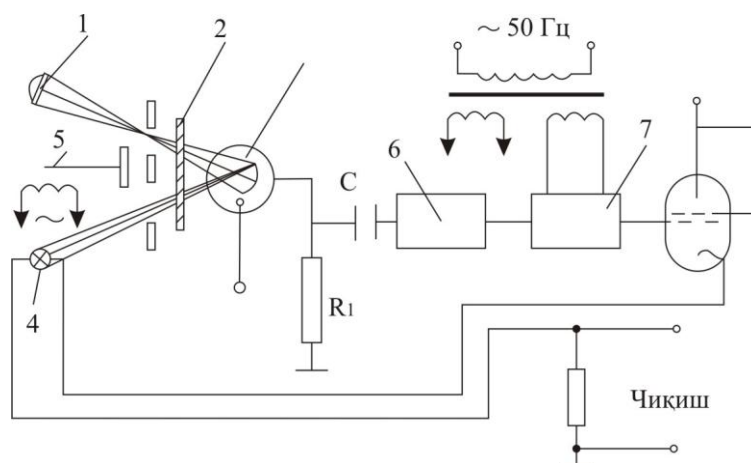
Bunday pirometrdan farqli o‘laroq, fotoelementli pirometrlar (fotoelektr pirometrlar) ko‘rsatishlarni yozib olish va ularni masofaga uzatish imkoniga ega. Bu asboblardan tez o‘tadigan jarayonlardagi haroratni o‘lchashda foydalaniladi.

Fotoelektr pirometrlarning ishlash prinsipi fotoelementning fototokni o‘zgartirish xususiyatiga asoslangan. Fototok tushayotgan yorug‘lik oqimi intensivligiga bog‘liq bo‘lib, uning kuchi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$I = a \cdot T^n \quad (2.84)$$

bu yerda, a — asbobning sezgirligiga bog‘liq bo‘lgan asbob doimiysi; n —asbobning spektr xarakteristikasiga bog‘liq bo‘lgan asbob doimiysi; T —fizik jismning harorati.

Olingan haroratning nurlanishini xarakterlovchi fototok juda kichik bo‘lib, uni kuchaytirish uchun elektron kuchaytirgichlar qo‘llanadi.



2.25 – расм. Фотоэлектр пиromетрнинг принципиал

FEP (2.25-rasm) turidagi fotoelektr pirometrlarda nur oqimi bo'yicha manfiy teskari bog'lanishdan foydalaniladi. Mazkur bog'lanish yorug'ligi elektron kuchaytirgich chiqishida kuchlanish funksiyasidan iborat bo'lgan qizdirish lampasining fotoelementni yoritishi bilan amalga oshiriladi. Nurlanayotgan jismdan chiqayotgan nur oqimi linza bilan bir joyga yig'iladi va qizil yorug'lik filtri 2 kassetasining yuqori teshigi orqali fotoelement. 3 ga tushadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Harorat nima va haroratni qanday o'lchov birliklarini bilasizmi?
2. Haroratni o'lchash usullarini izohlab bering
3. Kengayish termometrlarining turlarini va ishlash usullarini tushuntirib byering.
4. Manometrik termometrlarning turlari va ishlash prinsplarini tushuntiring.
5. Atrof muhit harorati $+20^{\circ}\text{S}$ dan chetga chiqqanda manometrik termometrlarda qanday xatolik paydo bo'ladi?
6. Haroratni kengayish va manometrik termometrlar bilan o'lchashda qanday farq bor?
7. Termoeffekt nima?
8. Qanday standart termoelektr termometrlarini bilasiz?
9. Millivoltmetrni ishlash prinsipini tushuntiring?

10. Potensiometrlarni turlari va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Termojuft bilan ishlaydigan me'yorlovchi o'zgartgichni boshqarish tizimida roli va ishlash prinsipini tushuntiring.
12. Haroratni millivoltmetr va potensiometr bilan o'lchash o'rtasida qanday farq bor?
13. Haroratni termojuft bilan o'lchashda alohida tok manbai kerakmi?
14. Qarshilik termometrlarini ishlash prinsipini tushuntiring.
15. Qanday standart sanoat qarshilik termometrlarini bilasiz?

9– MA'RUZA BOSIMNI O`LCHASH USULLARI VA ASBOBLARI

Bosim texnologik jarayonlarning asosiy parametrlaridan biridir. Ishlab chiqarish jarayonlarining to'g'ri olib borilishi, ko'pincha, bosim kattaligiga bog'liq bo'ladi.

Tekis sirtga normal ta'sir ko'rsatuvchi tekis taqsimlangan kuch **bosim** deb ataladi:

$$P = \frac{F}{S}, \quad (3.1)$$

bu yerda, S — tekislik yuzi; G' — shu tekislik yuziga tekis va tik ta'sir qiladigan bosim kuchi.

Bosim xalqaro birliklar tizimida paskal (Pa) bilan o'lchanadi. 1 Pa qiymati jihatidan kuchga perpendikulyar bo'lgan 1 m² yuzaga tekis taqsimlangan 1 N kuch hosil qilgan bosimga teng (N/m²). Karrali kPa va MPa birliklar keng qo'llaniladi, kgk/sm², bar, kgk/m² (mm suv ust.), mm sim. ust. kabi birliklardan ham foydalanish mumkin. 3.1-jadvalda ko'p uchraydigan bosim birliklarining nisbati keltirilgan.

Bosimning turli o'lchov birliklari orasidagi nisbati.

Birliklar	Pa	Bar	kgk/sm ²	kgm/m ² (mm suv. ust)	mm sim. ust.
1 Pa	1	10 ⁻⁵	1,0197·10 ⁻⁵	0,10197	7,6006·10 ⁻⁵
1 Bar	10 ⁵	1	1,0197	1,0197·10 ⁴	750,06
1 kgk/sm ²	9,8066·10 ⁴	0,98066	1	10 ⁴	735,56
1 kgk/m ² (mm.suv. ust)	9,8066	0,98066·10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	1	7,3566·10 ⁻⁴
1 mm sim. ust	133,32	1,3332·10 ⁻³	1,33595·10 ⁻³	13,595	1

O'lchashda mutlaq, ortikcha, atmosfera va vakuum bosimlar mavjud. R_{mut} — **mutlaq bosim** — modda xolatining (suyuklik, gaz, bugʻ) parametri boʻlib, R_{atm} — atmosfera va R_{ort} — ortikcha bosimlar yigʻindisidan iborat:

$$R_{mut}=R_{atm}+R_{ort} \quad (3.2)$$

Ortikcha bosim mutlaq va atmosfera bosimlari oralaridagi farqdan iborat:

$$R_{ort}=R_{mut}-R_{atm} \quad (3.3)$$

Atmosfera bosimi — yer atmosferasidagi havo ustunining bosimi; uning qiymati barometrlar bilan o'lchanadi, shuning uchun, bu bosim ko'pincha **barometrik** bosim deb ataladi. Agar mutlaq bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lsa, **vakuum (siyraklanish)** sodir bo'ladi.

$$R_v=R_{atm}-R_{mut} \quad (3.4)$$

Bosim asboblari ishlash prinsipiga va o'lchanayotgan kattalikning turiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi.

Bosim o'lchaydigan asboblarning ishlash prinsiplariga ko'ra suyuqlikli, deformatsion (prujinali), yuk-porshenli, elektr, ionli va issiqlik turlariga bo'linadi.

O'lchanayotgan bosim kattaligining turiga ko'ra o'lchash asboblari quyidagi turlarga bo'linadi:

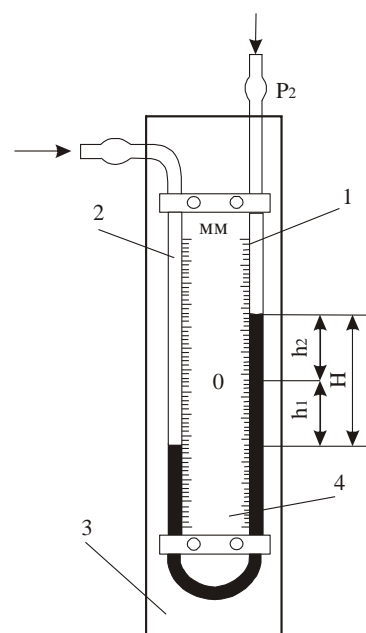
- 1) manometr — mutlaq va ortiqcha bosimni o‘lchaydi;
 - 2) barometr — atmosfera bosimini o‘lchaydi;
 - 3) vakuummetr — berk idish ichidagi suyuqlik va gaz bosimining siyraklanishini o‘lchaydi;
 - 4) manovakuummetr — ortiqcha bosim va siyraklanishlarni o‘lchaydi;
 - 5) naporomer — kichik qiymatli ortiqcha bosimni o‘lchaydi;
 - 6) tyagomer — kichik qiymatli siyraklanishni o‘lchaydi;
 - 7) tyagonaporomer — kichik qiymatli bosim va siyraklanishlarni o‘lchaydi;
 - 8) differensial manometr — ikki bosim ayirmasini (bosimlar farqini) o‘lchaydi.
- Quyida sanoatda eng ko‘p tarqalgan usullar va asboblari ko‘rib chiqilgan.

3.2-§. SUYUQLIKLI BOSIM O‘LCHASH ASBOBLARI

Suyuqlik bosim o‘lchash asboblarning ishlash prinsipi o‘lchanayotgan bosimning suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi bilan muvozanatlashishiga asoslangan. Asboblari turli ish suyuqliklari, ko‘pincha simob, transformator moyi, suv va spirt bilan to‘ldiriladi.

Asboblarda tutash idishlari prinsipi qo‘llanadi. Ularda ish suyuqligi sathlari ular ustidagi bosim teng bo‘lganda mos tushadi, bosim teng bo‘lmaganda esa, suyuqlik sathi shunday xolatni egallaydiki, bir idishdagi ortiqcha bosim boshqa idishdagi suyuqlikning ortiqcha ustunining gidrostatik bosim bilan muvozanatlashtiriladi. Ko‘pgina suyuqlik manometrlari

ish suyuqligining ko‘rinadigan sathiga ega. O‘sha sath bo‘yicha ko‘rsatishlarni bevosita yozib olish mumkin. Shunday suyuqlik asboblari guruhi borki, ularda ish suyuqligining sathi bevosita ko‘rinib turmaydi. Sathning o‘zgarishi qalqovichning siljishiga yoki boshqa qurilma tasniflarining o‘zgarishiga olib keladi. Bu tasniflar yo raqamli qurilmalar yordamida o‘lchanayotgan kattalikning bevosita ko‘rsatishini, yoki uning qiymatini o‘zgartirish va masofaga uzatishni ta‘minlaydi.



3.1 – расм. Икки найчали манометр

Suyuqlikli asboblarning ba'zi turlarini ko'rib chiqamiz.

Ikki naychali manometr. Bosim, siyraklanish va bosimlar ayirmasini (farqini) o'lchash uchun sathi ko'rinadigan ikki naychali U-simon manometrlardan, vakuummetrlardan va difmanometrlardan foydalaniladi. Bunday manometrning prinsipial sxemasi 3.1-rasmda tasvirlangan. Ikki tik tutash naycha 1 va 2 metall yoki yog'och asos 3 ga mahkamlangan bo'lib, unga shkala 4 o'rnatilgan.

Agar naychanning ochiq qismidagi suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi ikkinchi qismidagi bosim bilan mos kelsa, asbobda suyuqlik ustuni balandliklari bir hil holatda bo'ladi. Shunga asoslanib, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$R_{mut} \cdot S = P_{atm} \cdot S + H \cdot S \cdot g(\rho - \rho_1) \quad (3.5)$$

bu yerda, R_{mut} – o'lchanayotgan bosim, Pa;

R_{atm} – atmosfera bosimi, Pa;

S - naycha kesimining yuzi, m^2

N – suyuqlik sathining (ustun uzunligining) farqi, m;

ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ;

ρ_1 – monometrdagi suyuqlik ustidagi muhitning zichligi, kg/m^3 ;

g – tezlanish kuchi, m/s^2 .

Demak,

$$R_{mut} = P_{atm} + H \cdot g(\rho - \rho_1), \quad (3.6)$$

$$R_{ort} = R_{mut} - P_{atm} = H \cdot g(\rho - \rho_1). \quad (3.7)$$

Agar anometrdagi suyuqlik ustida gaz bo'lsa, u holda:

$$R_{ort} = R_{mut} - P_{atm} = H \cdot g \cdot \rho. \quad (3.8)$$

Suyuqlik ustuni balandligini topish uchun ikki marta ustun balandliklarini hisoblab chiqish (bir tirsakdagi kamayishini, ikkinchisida esa, ko'payishini) va ularning qiymatini qo'shish lozim, ya'ni

$$H = h_1 + h_2 \quad (3.9)$$

Bosimlar farqini (o'zgarishini) o'lchashda suyuqlikli differensial ikki naychali manometrning bir tirsagiga (musbat) katta bosim, ikkinchi tirsagiga esa (manfiy) kichik bosim beriladi. Musbat va manfiy tirsaklardagi suyuqlik sathining farqi o'lchanayotgan bosimlar farqiga mutanosib (ΔR):

$$\Delta P = P_1 - P_2 = H \cdot g(\rho - \rho_1). \quad \dots \quad (3.10)$$

Manometrlarda ish suyuqligi kapillyar kuchlarning ta'siridan xalos bo'lish uchun ichki diametri 8... 10 mm bo'lgan shisha naychalardan foydalaniladi. Agar ish suyuqligi sifatida spirt olinsa, naychalarning diametrini kamaytirish mumkin.

Ikki naychali manometrlardagi xatoliklar manbai mahalliy erkin tushish tezlanishi g ning hisobiy qiymatidan chetga chiqishi, ish suyuqligi va o'lchanayotgan muhitning zichligi ρ xam ρ_1 , h_1 va h_2 balandliklarni o'lchashdagi xatolardan iborat. Ularning ko'rsatish xatosi 20°S haroratda 2 mm dan oshmaydi. Ular noagressiv suyuqlik va gazlarning ortiqcha bosimi va siyraklanishini 0...10 kPa chegaralarda o'lchash uchun mo'ljallangan. Mazkur asboblardan bosimlar farqini o'lchashda difmanometr sifatida foydalanish mumkin.

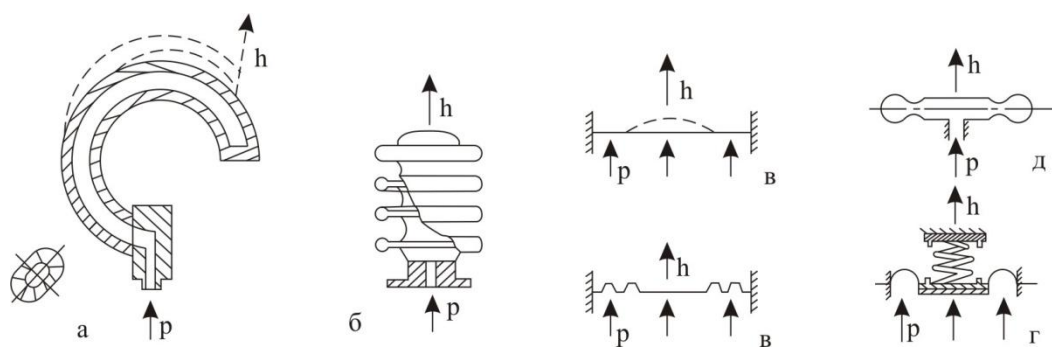
Tuzilishiga qarab naychali suyuqlikli asboblarning bir naychali (kosali), og'ma naychali va boshqa turlari mavjud. Bu asboblardan ikki naychali asbobning bir turi bo'lib, ikkinchi naycha o'rniga keng idish (kosa) ishlatiladi.

Suyuqlikli asboblardan laboratoriya va ishlab chiqarish tajribasida keng

3.Z-§. DEFORMASION (PRUJINALI) ASBOBLAR

Prujinali asboblarning ishlash prinsipi bosim ta'sirida turli elastik elementlarning deformatsiyalanishi yoki ularning kuchini o'lchashga asoslangan. Elastik elementda bosim kuchi ta'sirida vujudga keladigan deformatsiyalanish natijasida o'lchov asbobining strelkasi to'g'ri chiziqli yoki burchakli shkala bo'yicha siljib, bosim qiymati R ni ko'rsatadi.

Prujinali asboblarning o'lchash aniqligi yuqori bo'lishi uchun ulardagi elastik elementlar elastiklik moduli va issiqlik kengayish koeffitsiyentlari kam bo'lgan materiallardan tayyorlangan bo'lishi va gisterezis hamda qoldiq elastiklik hodisalari bo'lmasligi talab qilinadi.



3.3 - rasm. Elastik sezgir elementlar

Prujinali asboblarda ortiqcha bosim, siyraklanish, bosimlar farqi va shu kabilarni o'lchash uchun qo'llanadi. Keng tarqalgan elastik sezgir elementlar 3.3-rasmda tasvirlangan, ularga naychali prujina (a), silfonli (b), yassi va gofrlangan membranalar (v, g), membranali quticha (d), biki markazli yumshoq membranalar (e) kiradi.

Statik xarakteristikaning shakli va tikligi sezgir elementning tuzilishiga, materialga va haroratga bog'liq. Sezgir elementlarning elastiklik holati kuch bo'yicha qattqlik koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi:

$$K_F = \frac{F}{h} = \frac{P \cdot S_e}{h} \quad (3.20)$$

bu yerda, G' , S_E — mos ravishda elastik sezgir elementga ta'sir etadigan kuch va elementning foydali yuzi; h — sezgir element erkin uchining siljishi.

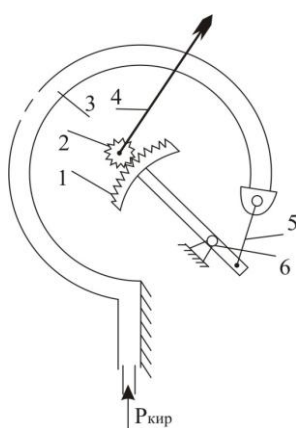
Prujinali asboblarning afzalligi ularning soddaligi, ishonchliligi, universalligi, ixchamligi va o'lchanayotgan kattaliklarning katta diapazonidan iborat.

Naychasimon prujinali asboblarda. Sezgir element sifatida naychasimon manometrik prujina ishlatilgan deformatsioi asboblarda laboratoriya va ishlab chiqarish amaliyotida keng tarqalgan. Ayniqsa, bir o'ramli naychasimon prujinali asbob — manometr, vakuummetr, manovakuummetr va difmanometrlar juda ko'p qo'llanadi.

Naychasimon prujinali asboblarning ishlash prinsipi o'lchanayotgan bosimning elastik deformatsiya kuchi bilan muvozanatlashuviga asoslangan.

Aylana yoyi bo'yicha bukilgan elliptik yoki yassi oval kesimli naychasimon prujina ichidagi ortiqcha bosim yoki siyraklanishning o'zgarishi natijasida o'zining bukilishini o'zgartiradi (3.3-rasm, a).

O'lganayotgan ichki va tashqi atmosfera bosimlari farqi ta'sirida naychali prujina deformatsiyalanadi: naycha kesimining kichik o'qi kattalashadi, katta o'qi kichiklashadi, bunda prujina deformatsiyalanadi va uning erkin uchi 1...3 mm ga siljiydi. 5 MPa gacha bo'lgan bosim uchun naychali prujinalarni jezdan, bronzadan, undan ham yuqori bosimlar uchun — legirlangan po'lat va nikel qotishmalaridan tayyorlanadi.



3.4 – расм. Пружинали манометринг кинематик схемаси

3.4-rasmda bir o'ramli prujinali manometrlarning kinematik sxemasi keltirilgan. Bosim o'zgarishi natijasida prujina 3 uchning siljishi tortqi 5 orqali 6 sektorga uzatiladi. Sektorning burchakli siljishi tishli ilashma yordamida tribka 2 ning aylanishiga olib keladi. Tribkaning o'qiga ko'rsatuvchi strelka 4 biriktirilgan.

Naychaning bo'sh uchida siljish uncha katta bo'lmagani sababli, ko'pincha, ko'p o'ramli naychasimon prujinalar ishlatiladi. Ko'p o'ramli (gelikoidal) naychasimon prujinali manometrlarning ish organi olti, to'qqiz o'ramli yassi naychadan xosil qilingan silindrik spiral shaklga ega. Gelikoidal naychasimon prujinali manomyetrlar o'ziyozar va ko'rsatishlarni masofaga uzatuvchi bo'ladi.

Naychasimon prujinali manomyetrlar ko'rsatish, yozish, signal berish va ko'rsatishlarni masofaga uzatish uchun mo'ljallangan.

Hozir pnevmatik va elektr datchiklarning unifikatsiyalangan tizimga kiritilgan prujinali asboblarning ko'p turlari chiqmoqda.

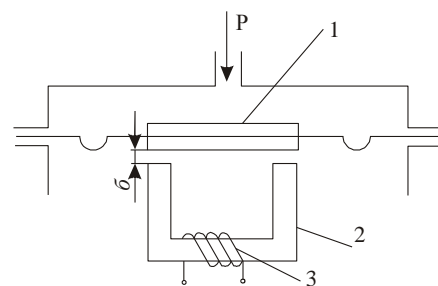
Bu asboblarda standart pnevmatik, elektr signallarda ishlaydigan ikkilamchi asboblarda va maxsus qurilmalar majmuasida qo'llanadi. Asbobsozlik sanoati 0,1 dan 1000 MPa ($1 \dots 10000 \text{ kgk/sm}^2$) gacha bo'lgan bosimlarni ulchaydigan asboblarda ishlab chiqaradi. Texnik manomyetr, vakuummetr va manovakuummetrlar 1; 1,6; 2,5 va 4 aniqlik sinfiga ega. Namuna asboblarning aniqlik sinfi 0,16; 0,25 va 0,4.

3.4- §. ELEKTR ASBOBLAR

Elektr asboblarning ishlash prinsipi bosimni u bilan funksional bog‘liq bo‘lgan biror elektr kattalikka bevosita yoki bilvosita o‘zgartirishga asoslangan. Bularga induktiv, sig‘imli, qarshilikli, pyezoelektr va boshqa manometrlar kiradi.

Bosim o‘lchashning eng ko‘p tarqalgan vositalari kuch kompensatsiyasi asosida qurilgan asboblardan hisoblanadi. Biroq ular harorat xatoligi, tez ta’sirchanligi, gabarit o‘lchamlari va massasi bo‘yicha ancha mukammal induktiv, sig‘imli, tenzorezistorli, pyezoelektrik o‘zgartkichlardan orqada qoladi. Bundan tashqari, kuch kompensatsiyali o‘zgartkichlarning va pishangli tizimlarning tuzilishida harakatlanuvchi qismlarning bo‘lishi o‘lchash vositalarining zarbga chidamliligiga qo‘yiladigan zamonaviy talablarning qondirilishini qiyilashtiradi.

Hozir mikroelementli texnikani keng joriy qilish xamda konstruktiv yechimlarni takomillashtirish asosida yuqorida qarab chiqilgan bosimni o‘lchashning an’anaviy vositalari yanada zamonaviy kompleks qurilmalar bilan siqib chiqarilmoqda. Bu albatta, turli tarmoqlarda TJABT ni yaratishda shart va talablarning



3.7 – расм. Индуктив манометр схемаси

turli tumanligi sababli avval ishlab chiqarilgan bosimni o‘lchash o‘zgartkichlaridan (BO‘O‘) foydalanishdan to‘la voz kechish kerakligini anglatmaydi.

Induktiv asboblarning ishlash prinsipi g‘altak induktivligining tashqi bosim ta’siridan o‘zgarishiga asoslangan.

3.7-rasmda induktiv o‘zgartiruvchi element bilan jihozlangan bosimni o‘lchash o‘zgartkichining sxemasi ko‘rsatilgan. Bosimni qabul qiluvchi membrana 1 o‘ramli elektromagnit 2 ning harakatlanuvchi yakori hisoblanadi. Ulchanayotgan bosim ta’sirida membrana siljiydi, bu induktiv o‘zgartkichli elementning elektr qarashiligini o‘zgartiradi. Agar g‘altakning aktiv qarshiligi, magnit oqimlari hisobga olinmasa va

o‘zakda yo‘qotilsa, o‘zgartkich elementning L induktivligini quyidagi tenglama bo‘yicha aniqlash mumkin.

$$L=W^2\mu_0\cdot S/\delta \quad (3.21)$$

bu yerda, W — g‘altak o‘ramlari soni, μ_0 — .havoning magnit singdiruvchanligi, S — magnit o‘tkazgich ko‘ndalang kesimining yuzi, δ —havo oraligining uzunligi.

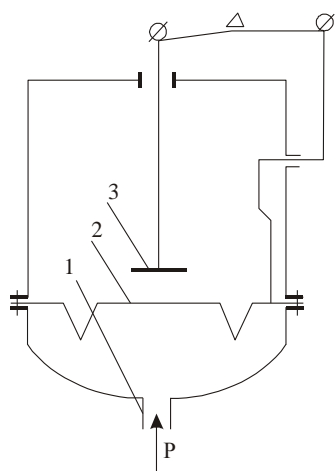
Membrananing deformatsiya kattaligi o‘lchanayotgan bosimga mutanosibligini e‘tiborga olib,

$$\delta=K\cdot P \quad (3.22)$$

3.21) tenglamani quyidagi ko‘rinishga keltiramiz:

$$L=W^2\cdot\mu_0\cdot S/K\cdot P \quad (3.23)$$

(3.23) tenglama bosimni o‘lchash induktiv o‘zgartkichning statik xarakteristikasini ifodalaydi.



3.8 — расм.
СИГНИМЛИ

L ni o‘lchash, odatda, o‘zgaruvchan tok ko‘priklari yoki rezonansli LC-konturlar tomonidan amalga oshiriladi. 0,5... 1,0 MPa bosimda membrananing qalinligi 0,1 ...0,3 mm, bosim 20...30 mPa bo‘lganda esa 1,3 mm. Membrananing siljishi millimetrning yuzdan bir ulushini tashkil etadi. Induktiv bosim o‘zgartkichlarning asosiy xatosi $\pm (0,2—5)\%$.

Sig‘imli manometrlarning ishlash prinsipi bosim o‘zgarishi bilan yassi kondensator qoplamalari orasidagi masofani o‘zgartirishi natijasida uning sig‘imining o‘zgarishiga asoslangan. Sig‘imli manometrning prinsipial sxemasi 3.8-rasmda keltirilgan. O‘lchanayotgan bosim asbobga naycha 1 orqali beriladi va membrana 2 orqali qabul qilinadi. Membrana 2 va elektrod 3 kondensator qoplamalarini hosil qiladi. Kondensator esa o‘lchash sxemasiga ulagich 4 lar orqali bajariladi. Kondensator sig‘imining qoplamalar o‘rtasidagi masofaga bog‘liqligi quyidagi tenglama bo‘yicha aniqlanadi

$$C = \frac{S \cdot \varepsilon}{l} \quad (3.24)$$

bu yerda, S — qoplamalar yuzi; ε — qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi; l — qoplamalar orasidagi masofa.

Bosim ta'sirida membrana egilib, elektrod 3 ga yaqinlashadi. Membrananing egilishi natijasida l masofa o'lchanayotgan bosimga nisbatan mutanosib o'zgaradi. Qoplamalar yuzi va dielektrik singdiruvchanlik o'lchash jarayenida o'zgarmaydi.

Shuning uchun, (3.24) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$C = K/l \quad (3.25)$$

bu yerda,

$$K = S \cdot \varepsilon$$

Shunday qilib, kondensator sig'imi o'lchanayotgan bosimga mutanosibdir. S ni o'lchov axboroti signaliga aylantirish uchun, odatda, o'zgaruvchan tok ko'priklaridan yoki rezonansli LC- konturlardan foydalaniladi. Sig'imli asboblarda 120 mPa gacha bo'lgan bosimni o'lchashda qo'llanadn. Membrananing qalinligi 0,05...1 mm. Ulardan tez o'zgaruvchi bosimlarni o'lchashda foydalaniladi. Sig'imli manometrlarning ko'rsatishiga atrof muhitning harorati ta'sir qiladi. Chunki harorat o'zgarishi natijasida qoplamalar orasidagi masofa o'zgaradi. Sig'imli manometrlarning yana bir kamchiligi parazit sig'imlar ta'siridir. O'lchash xatoligi asbob shkalasining $\pm 0,2...5\%$ idan oshmaydi.

Qarshilik manometrlarining ishlash prinsipi sezgir element qarshiligining tashqi bosim ta'sirida o'zgarishiga asoslangan. Sezgir elementlar qatoriga manganin, platina, konstantan, volfram, yarimo'tkazgich va hokazolar kiradi. Qarshilik manometrlarida qo'llash uchun eng qulayi manganindir.

Manganin ΔR elektr qarshilik orttirmasining R bosimga nisbatan chiziqli bog'lanishiga ega:

$$\Delta R = K_p \cdot R \cdot P \quad (3.26)$$

bu yerda, K_p — manganin qarshiligining o'zgarish koeffitsnenti, 1/Pa; R — qarshilik, Om.

Manganin qarshiligining chiziqli bog'lanishi tajriba ma'lumotlaridan 3000 mPa bosimgacha tasdiqlanadi. Bundan tashqari, manganin zlekr qarshiligining harorat koeffisiyenti juda kichik. O'zgartgich sezgirligining kichikligi bu manometrlarni juda

yuqori (100 mPa dan ortiq) bosimlarni o'lchash uchun qo'llashga yo'l qo'ymaydi. Manganin uchun $K_r = 22,95 \cdot 10^{-2}$ dan $24,61 \cdot 10^{-2}$ 1/Pa gacha.

O'zgartgichdagi manganin qarshiligini o'lchash uchun, odatda, ko'priklar, aniq o'lchovlar uchun esa potensiometrar qo'llanadi. Manganin qarshilikli manometrlarning yo'l qo'yadigan asosiy xatosi $\pm 1\%$ dan oshmaydi. Asbobsozlik sanoatida chiqarilayotgan MM-2500 manganinli manometrlar 2500 mPa gacha bosimni o'lchaydi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Bosim nima va bosimni qanday o'lchov birliklarini bilasiz?
2. Bosimni o'lchash usullarini izoxlab bering?
3. Suyuqlikli manometrlarning turlari va ishlash prinsipini tushuntiring?
4. Deformasion manometrlarni turlarini va ishlash prinsipini tushuntiring?
5. Yuk-porshenli manometr qayerda imshlatiladi?
6. Elektrik monometrning turlarini va ishlash prinsipini tushuntiring?
7. Qanday bosim turlarini bilasiz?

10– MA'RUZA MIQDOR VA SARFNI O'LCHASH USULLARI VA ASBOBLARI

Ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini va TJABT samaradorligini oshirish zarurligi turli moddalar sarfi va miqdorini aniq o'lchash masalalarini muvaffaqiyatli hal etishni taqozo etadi. Sanoatda sarf o'lchash tizimlarining qo'llanishi sarflanayotgan energiya eltuvchilarini (suv, gaz, bug', yonilg'i) hisobga olish va nazorat qilish bo'yicha ko'pgina texnik masalalarning hal qilinishini soddalashtiradi, jarayonning eng maqbul rejimini ishlab chiqarishning aniq shart-sharoitlariga bog'liq holda tez aniqlashga imkon beradi.

Mahsulotni hisobga olish jarayonlarida moddalarning sarfi va miqdorini o'lchash vositalariga juda yuqori aniqlik jihatidan katta talablar qo'yiladi.

Sarf o'lchash uchun ishlatiladigan asboblar *sarf o'lchagichlar* deb ataladi. Moddaning berilgan kanal kesimi orqali vaqt birligi ichida o'tgan miqdori *modda*

sarfi deyiladi. Sarf oʻlchaydigan asboblarda oniy sarfni oʻlchaydi va texnologik rejimlar (ayniqsa uzluksiz jarayonlarda) ishining barqarorligini nazorat qilishga, texnologik jarayonning oʻtishini har bir onda avtomatik ravishda rostlashga va rejimni byerilgan yoʻnalishda sozlashga imkon beradi.

Moddaning hajmiy sarfi l/s, m³/s, m³/soat, massa sarfi esa kg/s, kg/soat, t/soat va hokazolarda oʻlchanadi. Asboblarda hisoblagichlar (integratorlar) bilan taʼminlanishi mumkin, unda bu asboblarda *hisoblagichli sarf oʻlchagichlar* deyiladi

Modda miqdorini oʻlchaydigan asboblarda *hisoblagichlar* deb ataladi. Hisoblagichlar oʻzlaridan oʻtgan modda miqdorini istalgan vaqt (sutka, oy va hokazo) mobaynida oʻlchaydi. Uning miqdori hisoblagich koʻrsatkichlari farqi bilan aniqlanadi. Modda miqdori hajmiy (litr, m³) yoki massa (kg, t) birliklarida ifodalanadi. Hisoblagichlar bevosita oʻlchash asboblari boʻlib, ularning shkalasi boʻyicha olingan koʻrsatkichlar qoʻshimcha hisoblashni talab qilmaydi.

Sanoatda keng tarqalgan sarf va miqdor oʻlchagichlar ishlash prinsipi va tuzilishlariga koʻra bir qancha guruhlariga boʻlinadi. Ishlab chiqarishda suyuqlik, bugʻ va gazlarning sarfini oʻlchaydigan asboblarning quyidagi turlaridan foydalaniladi:

1) bosim farqi oʻzgaruvchan sarf oʻlchagichlar; 2) bosim farqi oʻzgarmas sarf oʻlchagichlar; 3) tezlik bosimi sarf oʻlchagichlari; 4) oʻzgaruvchan sathli sarf oʻlchagichlar; 5) induksion sarf oʻlchagichlar; 6) ultratovush sarf oʻlchagichlar; 7) kalorimetrik (issiqlik) sarf oʻlchagichlar; 8) ionli sarf oʻlchagichlar.

Oʻlchanayotgan moddaning turiga koʻra sarf oʻlchagichlar suv, mazut, bugʻ, gaz va hokazolarni oʻlchagichlariga boʻlinadi.

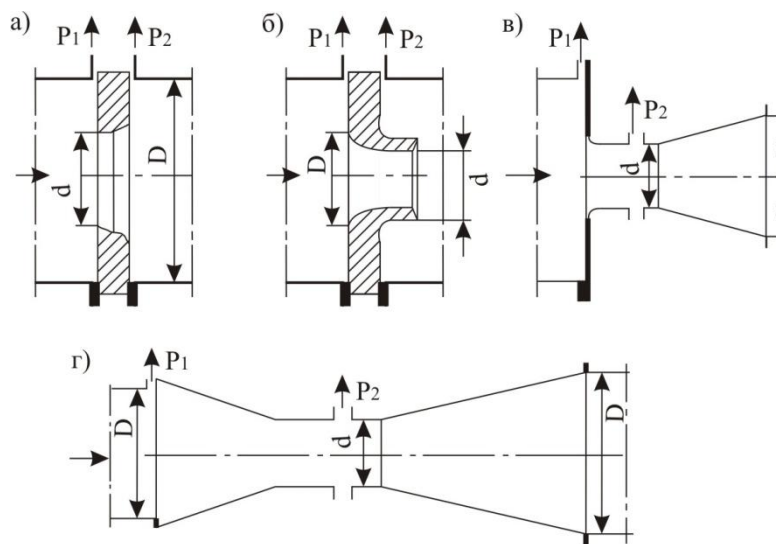
Suyuqlik va gazlarning miqdorini oʻlchaydigan hisoblagichlar quyidagi asosiy guruhlariga boʻlinadi:

1) hajm hisoblagichlari; 2) tezlik hisoblagichlari; 3) vazn hisoblagichlari.

Quyida texnologik jarayonlarni nazorat qilishda keng tarqalgan usullar va asboblarda koʻrib chiqilgan.

4.2- §. BOSIM FARQLARI OʻZGARUVCHAN SARF OʻLCHAGICHLAR

Quvurlardagi suyuqlik, gaz va bug‘ sarfini bosim farqlari o‘zgaruvchan sarf o‘lchagichlar bilan o‘lchash keng tarqalgan va yaxshi o‘rganilgan. Sarfni bunday usul bilan o‘lchash suyuqlik yoki gaz o‘tayotgan quvurda kichik diametrli to‘siq-diafragma. 4.1 – rasm,a, soplo 4.1 – rasm,b, Venturi soplosi 4.1 – rasm, v va Venturi quvuri 4.1 – rasm, g o‘rnatish natijasida hosil bo‘ladigan modda potensial energiyasi (statik bosimi) ning o‘zgarishini o‘lchashga asoslangan. Kichik diametrli to‘siq vazifasini bajaruvchi toraytirish qurilmasi quvurga o‘rnatilib, mahalliy torayishni hosil qiladi. Suyuqlik, gaz yoki bug‘ quvurning kesimi toraygan joyidan o‘tayotganida uning tezligi oshadi. Tezlikning va, binobarin, kinetik energiyaning ortishi oqimning kesimi toraygan joyida potensial energiyaning kamayishiga olib keladi. Bunda to‘siqdan keyingi statik bosim undan oldingi statik bosimdan kam bo‘ladi. Shunday qilib, modda toraytirish qurilmasidan o‘tishda bosimlar farqi $\Delta R = R_1 - R_2$ xosil bo‘ladi. Bu bosimlar farqi oqim tezligi va modda sarfiga mutanosib bo‘ladi. Demak, toraytirish qurilmasi hosil qilgan bosim farqlari quvurdan o‘tayotgan modda capfining o‘lchovi bo‘lishi mumkin. Sarfning son qiymati esa difmanometr o‘lchagan ΔR bosimlar farqi bo‘yicha aniqlanadi.



4.1 rasm. Standart toraytiruvchi qurilmalar sxemasi: a – diafragma, b – soplo, v – Venturi soplosi, g – Venturi quvuri.

Suyuqlik, gaz va bug'larning sarfini o'lchash, uchun toraytirish qurilmasi sifatida standart diafragmalar, soplolar, Venturi soplosi va Venturi quvurlari ishlatiladi.

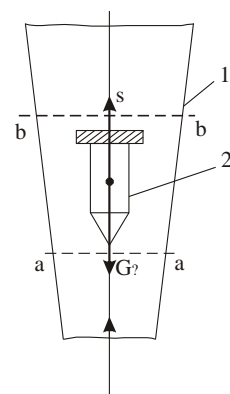
4.1.-rasm, a da ko'rsatilgan diafragma dumaloq teshikli yupqa diskdan iborat. Teshikning markazi quvur o'qida yotishi kerak. Oqimning torayishi diafragma oldida boshlanadi va undan o'tgach, ma'lum masofadan so'ng, o'zining eng kichik kesimiga erishadi. Undan keyin oqim tobora kengayib, quvurning to'liq kesimiga erishadi. Modda diafragmadan o'tganda, diafragma orqasidagi burchaklarda «o'lik» zona hosil bo'ladi. Bu yerda, bosim farqlari natijasida suyuqlikning teskari yo'nalishdagi harakati yoki ikkilamchi oqim paydo bo'ladi. Suyuqlikning qovushoqligidan 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'nalishiining o'zgarishi va ularning diafragma orqasidagi siqilishi potensial energiyaning o'zgarishiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi.

4.3-§. BOSIM FARQLARI O'ZGARMAS SARF

O'LCHAGICHLAR

Bosim farqlari o'zgarmas sarf o'lchagichlar — rotametrlar laboratoriyalarda va sanoatda keng ishlatilib, toza hamda biroz ifloslangan bir jinsli suyuqlik va gazlarning sarfini o'lchashga mo'ljallangan.

Asbobning ishlash prinsipi o'lchanayotgan muhit oqimining pastdan yuqoriga o'tishida konussimon naycha ichiga joylashgan qalqovichning vertikal (tik) siljish holatiga asoslangan. Qalqovichning holati o'zgarishi bilan qalqovich va konussimon naycha devorlari orasidagi o'tish kesimi o'zgaradi, natijada o'tish kesimidagi o'lchanayotgan modda oqimining tezligi ham o'zgaradi. Berilgan muhitning har bir sarf kattaligiga qalqovichning muayyan holati moc keladi. Rotametrlar bosim farqlari o'zgaruvchan sarf o'lchagichlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: rotametrlarning shkalalari teng bo'linmali bo'lib, uncha katta bo'lmagan sarflarni



4.2 – расм.
Қалқович
ли

o'lchashga imkon beradi; bosimning yo'qolishi kichik va u sarf kattaligiga bog'liq emas; rotametrlarning o'lchash chegarasi katta:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{10}{1}$$

Asbobning o'lchash qismi (4.2-rasm) vertikal tik joylashgan konussimon naycha 1 va qalqovich 2 dan iborat.

Konussimon naychadagi halqaning kesim yuzi balandlikka mutanosib o'zgaradi. Pastdan yuqoriga o'tadigan suyuqlik yoki gaz oqimi tomonidan qalqovichga ko'rsatiladigan kuchlar muvozanatlashguncha uni yuqoriga ko'taradi. Kuchlar muvozanatlashganda qalqovich ma'lum balandlikda to'xtaydi, bu esa sarf miqdorini ko'rsatadi. Qalqovichning ish holatidagi, ya'ni o'lchanayotgan muhitga batamom cho'kkan paytidagi og'irligi

$$G_k = V_k(j_k - j) \quad (4.6)$$

bu yerda, G_q — qalqovichning og'irligi, kg; V_q — qalqovich hajmi, m^3 ; j_q — qalqovich tayyorlangan materialning solishtirma og'irligi, kg/m^3 ; j — o'lchanayotgan muhitning solishtirma og'irligi, kg/m^3 .

Bu holda qalqovichning og'irlik kuchi pastga qaratilgan. Qalqovichning og'irligi yuqoriga yo'nalgan oqim kuchi bilan muvozanatlashadi:

$$S = (P_1 - P_2) \cdot f_0 \quad (4.7)$$

bu yerda, R_1 va R_2 — muhitning qalqovichdan oldingi va keyingi bosimi, Pa; f_0 — qalqovich kesimining diamstri eng katta joydagi yuzi, m^2 .

Qalqovichning muhit o'zgaras oqimiga mos bo'lgan muvozanat xolatidagi og'irlik kuchi va itaruvchi kuch o'rtasidagi tenglik quyidagicha:

$$V_q(j_q - j) = (P_1 - P_2) \cdot f_0 \quad (4.8)$$

Bu holda ishqalanish kuchi e'tiborga olinmaydi; (4.8) tenglama asosida qalqovichdagi bosimlar farqi

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{V_k(j_k - j)}{j_0} \quad (4.9)$$

ΔR — bosimlar farqi, Pa.

(4.9) tenglama bosimlar farqining qalqovich hajmiga, kesim yuziga, qalqovich va muhitning solishtirma og'irliklariga, ya'ni o'lchash jarayonida o'zgarmaydigan

kattaliklarga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Demak, sarf o‘lchanayotgandagi bosimlar farqi o‘zgarmas. O‘lchanayotgan muhitning konussimon naycha devorlari va qalqovich orasidagi o‘tish tezligi:

$$v = \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{j}} \quad (4.10)$$

bu yerda, v — o‘tish tezligi, m/s.

(4.10) tenglamadan

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{v^2 \cdot j}{2g} \quad (4.11)$$

(4.9) va (4.11) tenglamalarni tenglashtirsak, oraliq oqim tezligiga ega bo‘lamiz:

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot V_{\kappa} (j_{\kappa} - j)}{j \cdot f_0}} \quad (4.12)$$

Oqimning halqa oraliq‘idagi tezligi va uning yuzasi ma’lum bo‘lgach, o‘lchanayotgan muhitning hajmiy sarfini aniqlash mumkin:

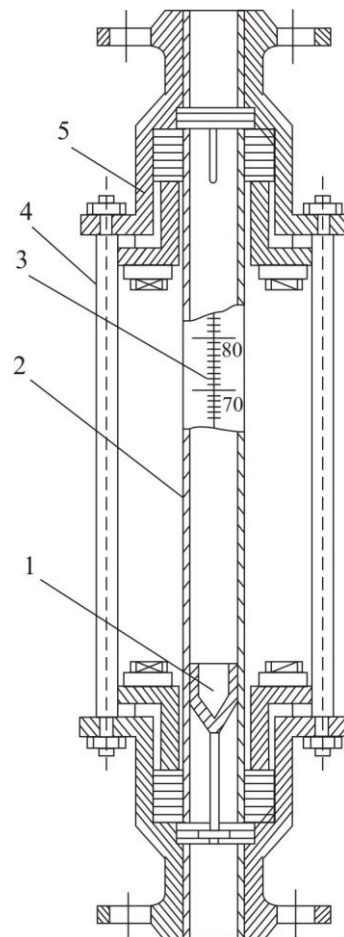
$$Q_x = a \cdot f \sqrt{\frac{2g \cdot V_{\kappa} (j_{\kappa} - j)}{j \cdot f_0}} \quad (4.13)$$

bu yerda, Q_x — o‘lchanayotgan muhitning hajmiy sarfi, m^3 /soat; a — sarf koeffitsiyenti, bu tajribada olingan katalik bo‘lib, suyuqlikning kalqovichga ishqalanish ta’sirini, muhit uyurmasi hosil bulgandagi bosim yo‘qolishini nazarda tutadi. Ildiz ostidagi kattaliklar o‘zgarmas bo‘lgani uchun ularni K koeffitsiyent bilan almashtirish mumkin:

Unda

$$Q_h = a \cdot F \cdot K \quad (4.14)$$

Bu bog‘lanish chiziqli bo‘lgani sababli rotametning shkalasi teng bo‘linmali bo‘ladi. Rotametrlarning sarf koeffitsiyenta a ni aniqlash analitik usulda topish qiyin bo‘lgan bir qator kattaliklarga bog‘liq. Shuning uchun, har bir rotometr tajriba yo‘li bilan darajalanadi. Sarf tenglamasiga kirgan barcha kattaliklar darajalanish shartlariga



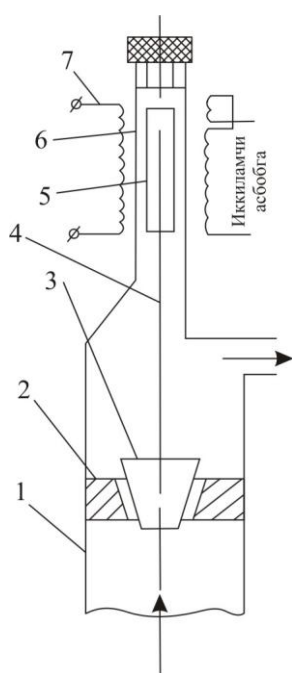
4.3 – расм. Шиха найчали ротаметр

muvofig bo'lgandagina shkalaning bu tarzda darajalanishi aniq bo'ladi.

Laboratoriya va sanoatda shisha (sarfni joyida o'lchaydigan) va metallardan yasalgan (ko'rsatishlarni masofaga uzatadigan) rotametrlar chiqariladi.

4.3-rasmda shisha naychali rotametrlarning tuzilish sxemasi ko'satilgan. Bu asbob korpus 5 ga ustunlar 4 yordamida o'rnatilgan konussimon shisha naycha 2 dan iborat. Naycha ichida pastdan yuqoriga oqadigan suyuqlik yoki gaz oqimi ta'sirida tik harakat qiluvchi qalqovich 1 bor. Asbobning shkalasi 3 bevosita naycha ustiga (chizish yo'li bilan) darajalanadi. Hisoblashlar qalqovichning ustki gorizontall tekisligi bo'yicha olib boriladi.

Konussimon naychali shisha rotametrlar suv bo'yicha 3000 l/soat va havo bo'yicha 40 m³/soat o'lchov chegarasiga; 0,6 mPa (6 kgk/sm²) gacha ish bosimiga mo'ljallangan. Asosiy xatolik ±2,5%.



4.4 – расм.
Кўрсатишларни
масофага электр
дифференциал –
трансформатор

4.4-rasmda ko'rsatishlarni masofaga elektr differensial-transformator orqali uzatadigan rotometr sxemasi keltirilgan. Rotametrlarning o'lchash qismi diafragma 2 va silindrik metall korpus 1 dan iborat.

Diafragma 2 teshigida shtok 4 ga bikiq qilib o'rnatilgan konussimon qalqovich 3 harakat qiladi. Shtokning ustki qismida differensial transformatorli o'zgartgichning o'zagi 5 o'rnatilgan. O'zak naycha 6 ichida joylashgan, naycha tashqarisida esa o'zgartgichning g'altagi 7 bor.

Shkalasiz rotametrlar ko'rsatuvchi yoki qayd qiluvchi ikkilamchi differensial-transformatorli asbob tarkibida ishlatiladi. Rotametrlar ortiqcha ish bosimi ta'siridagi muhit sarfini o'lchash uchun (6,27 mPa) chiqariladi. Bu asboblarning kattaroq ortiqcha bosimlarga

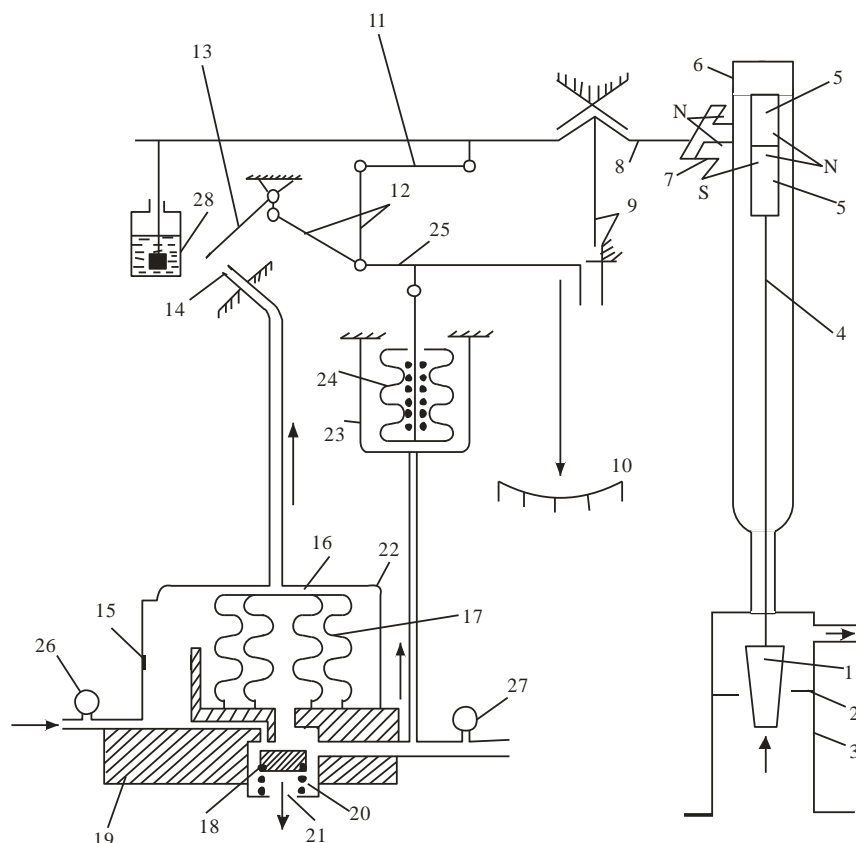
ham mo'ljallab chiqariladi. Bundan tashqari, o'zgarimas 0...5 mA tokli chiqish signali bilan ishlaydigan rotametrlar ham mavjud. Ularning suv bo'yicha o'lchash chegarasi 16000 l/soat. Asosiy xatolik ±1,5%.

Portlash va yongʻin xavfi bor joylarda koʻrsatishlarni masofaga pnevmatik uzatadigan rotametrlar ishlatiladi. Bunday rotametrlarning prinsipial sxemasi 4.5-rasmda koʻrsatilgan. Bu rotametrlarning oʻlchash qismi konussimon qalqovich 1, diafragma 2 va poʻlatdan ishlangan silindrik quvur 3 dan iborat. Qalqovich konussimon quvur ichida harakat qiluvchi rotometr turlari ham mavjud. Shtok 4 ga ikkita silindrik magnit 5 biriktirilgan. Bu magnitlar bir-biriga bir xil ishorali qutblari bilan qaratilgan.

Magnitlar qalqovich bilan birga naycha 6 ichida siljiydi.

Naycha esa magnitmas materialdan tayyorlanadi. Tashqaridan naycha pishang 8 ga oʻrnatilgan magnit 7 bilan oʻralgan.

Silindrik magnitlar 5 bilan tashqi magnit 7 magnitli mufta hosil qiladi. Qalqovichning magnit mufta va pishang 8 yordamida harakatlanishi oʻlchanayotgan sarf miqdorini shkala 10 da joylashgan koʻrsatuvchi strelka 9 ga uzatadi. Masofaga pnevmatik uzatish mexanizmi kompensasiya sxemasi asosida ishlaydigan oʻzgartgichdal iborat («Pnevmatik oʻzgartkichlar»ga qarang, VIII bob.) Oʻlchash tizimidagi tebranishlarni kamaytirish uchun dempferlovchi qurilma 28 ishlatiladi. Pnevmo uzatishli rotametrlarning seriyali ishlanadigan rusumlari 6,27 mPa ish bosimiga moʻljallangan.



4.5 – rasm. Ko‘rsatishlarni masofaga pnevmatik uzatadigan rotametr sxemasi.

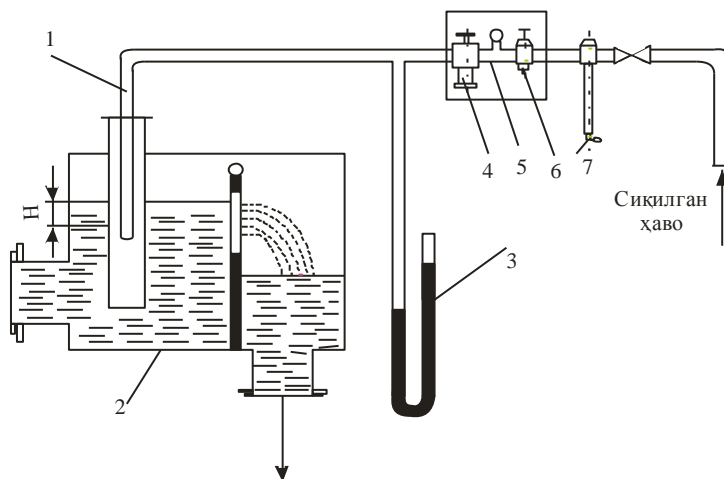
Bu asboblardan bilan (suv bo‘yicha $16 \text{ m}^3/\text{soat}$) gacha sarflar o‘lchanadi. Asosiy xatolik $\pm 1,5\%$ dan oshmaydi.

4.4- §. O‘ZGARUVCHAN SATHLI SARF O‘LCHAGICHLAR

O‘zgaruvchan sathli sarf o‘lchagichlarning ishlash prinsipi suyuqlikning idish tubidagi yoki uning yon devorlaridagi teshikdan erkin oqib chiqishidagi sath balandligini o‘lchashga asoslangan. Bu asboblardan kimyo va boshqa sanoatlarda juda agressiv suyuqliklarni sarfini o‘lchashda, shuningdek, gaz bilan aralashgan pulslanuvchi oqim va suyuqliklarni sarfini o‘lchashda ishlatiladi. O‘zgaruvchan sathli sarf o‘lchagichlari barcha hollarda suyuqlik sarfini atmosfera bosimida o‘lchaydi, shuning uchun, bu asboblarning ishlatilishi cheklangan.

O‘zgaruvchan sathli sarf o‘lchagichlari tarkibiga qabul qiluvchi sig‘im (idish) va suyuqlik sath balandligini o‘lchaydigan asbob kiradi. Sath balandligi o‘lchagichi sifatida istalgan sath balandligini o‘lchash asbobi ishlatilishi mumkin. Qabul qiluvchi sig‘im sifatida esa dumaloq (diafragma) yoki tirqish teshikli silindrik yoxud to‘rtburchak idish xizmat qiladi. Bunday idishlardagi suyuqlik sarfi uning sath balandligi bo‘yicha aniqlanadi. Diafragma idish tagida yoki uning yon devorlarida

joylashishi mumkin, lekin suyuqlik sathi u oqib chiqadigan teshikdan yuqorida bo'lishi lozim. Tirqishning teshiklari idishning faqat yon devorlarida joylashgan bo'lishi kerak, bu holda idishdagi suyuqlik sathi teshikning ustki chetidan baland bo'lmasligi lozim.



4.6 – rasm. Suyuqlik oqib chiqadigan tirqish teshikli sarf o'lchagich.

4.6-rasmda ko'rsatilgan sarf o'lchagich ikki shtuserli to'rt-burchak idish 2 dan iborat. Shtuserlardan biri idishning yonida joylashgan bo'lib, suyuqlikni kiritish uchun, ikkinchisi esa pastda joylashgan bo'lib, suyuqlikning oqib chiqishi uchun xizmat qiladi. Idish ichki tomonidan to'siq bilan bo'lingan, bu to'siqqa profillangan teshikli shchit germetik ravishda mahkamlangan. Idishdagi suyuqlik oqib chiqadigan tirqish oldiga muhofazalovchi g'ilofli pyezometrik naycha 1 cho'ktiriladi. Haydalgan havo miqdori nazorat stakanchasi 4 yordamida tekshiriladi. Havo bosimi reduktor 6 orqali o'zgaras qilib saqlanib turiladi va manometr 5 bilan o'lchanadi. Filtr 7 havoni tozalaydi. Pyezometrik naychadagi bosim tirqish oldidagi suyuqlik ustunining zichligi va balandligi bilan, demak, suyuqlikning massaviy sarfiga bog'liq. Pyezometrik naychadagi gidrodinamik bosimning qiymati difmanometr 3 bilan o'lchanadi. 4.6-rasmda keltirilgan sarf o'lchagichning xususiyatlaridan biri ikkilamchi asbob shkalasining bo'linmalari tengligidir.

Tirqishli sarf o'lchagichda suyuqlikning hajmiy sarfi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q_x = 4,43 \cdot a \cdot S_0 \sqrt{L} \quad (4.15)$$

bu yerda, a – sarf koeffitsiyenti; S_0 – tirqishning yuzasi; L – tirqishdagi suyuqlikning balandligi.

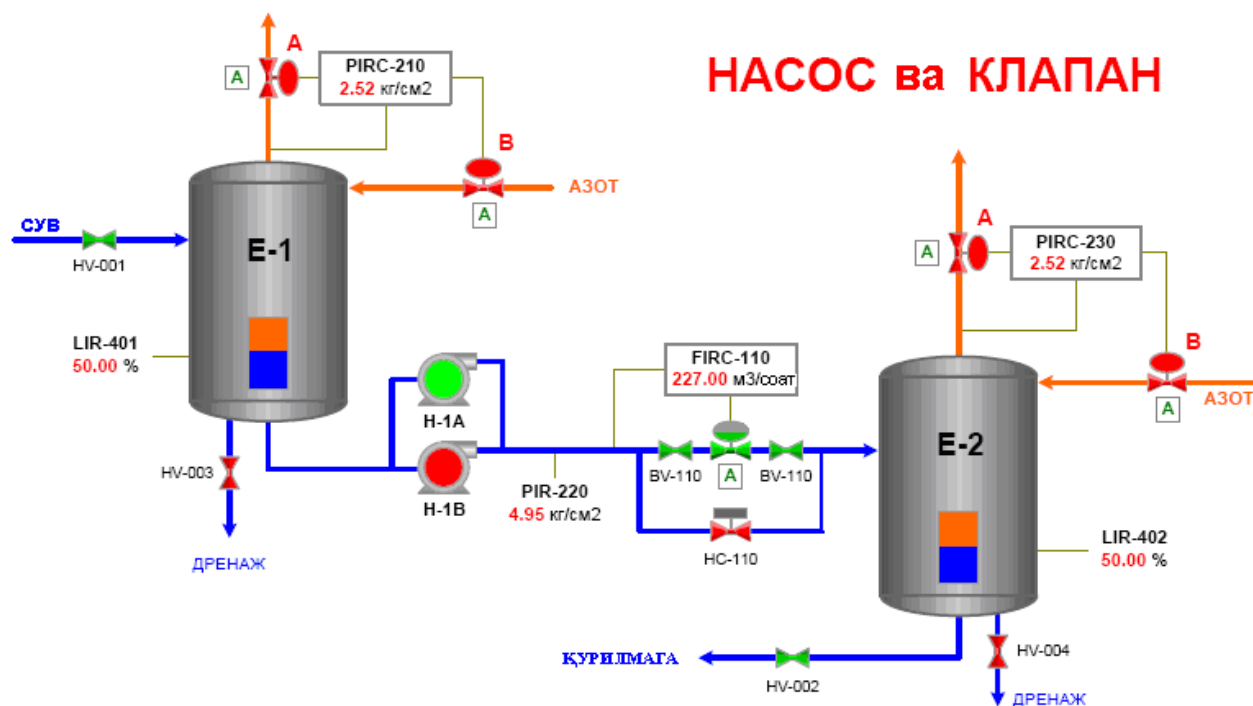
Tirqishli sarf o‘lchagichning sarf koeffitsiyenti tirqishning geometrik shakliga, ayniqsa kirish qismidagi qirraning o‘tkirlikiga bog‘liq. Taqribiy hisobda sarf koeffitsiyenti a ning qiymatini 0,6 ga teng deb qabul qilinadi. Sarf koeffitsiyentining aniq qiymati asbobning o‘zini darajalashda aniqlanadi.

Tirqishli sarf o‘lchagichlarda bosim difmanometr orqali o‘lchanadi. Sarf o‘lchagich bilan difmanometr o‘rtasidagi pnevmatik nayning uzunligi 35 m dan, difmanometr va ikkilamchi asboblarni ulovchi nayning uzunligi esa 300 metrdan oshmasligi kerak. O‘lchash chegarasi 10...50 m³/soat bo‘lgan qurilmaning asosiy xatosi $\pm 3,5\%$.

2.2-§. NASOS VA KLAPAN

22.2.1. Texnologik uzelnig tavsifi

Ikki germetik idishlardan tizim modellashtiriladi: so‘ruvchi (Ye-1) va ishchi (Ye-2)-ular orasidagi ishchi suyuqlik nasos yordamida oqiziladi (22.2-rasmga qarang). Suyuqlik sarfi rostlagich yordamida qo‘llab-quvvatlab turiladi, uning klapani oqayotgan joyga o‘rnatilgan. Ishchi suyuqlik sifatida suv ishlatiladi, idishlar azotning himoya qatlami bilan germetiklanadi.



22.2-rasm. “ Nasos va klapan ” texnologik uzelnig sxemasi

22.2.2. Boshqarish prinsiplari

Suv nasoslarining soʻrishi idishi Ye-1 ga uzatiladi. LIR*401 datchigi Ye-1 dagi suyuqlik sathini nazorat qiladi.

Ye-1 idishdan bosimni ikki kanalli PIRC-210 rostlagich tutib turadi.

Rostlagichning “A” klapani bosim rostlagich ustavka(belgi) sidan ortib ketganda azotni atmosferaga chiqaradi, “V” klapan orqali esa, agar bosim ustavkadan past boʻlsa, u holda idishga azot kiritiladi.

Suv Ye-1 dan asosiy N-1A (yoki zaxiradagi N-1V nasos). Nasos bilan ishchi Ye-2 idishga haydaladi; uning sarfini FIRC-110 rostlagich nasoslardan Ye-2 idishga ketadigan quvurda (truboprovodda) joylashgan FV-110 klapan yordamida taʼminlab turadi. PIR-220 datchigi N-1/A,V nasoslarning damlash chizigʻidagi bosimni koʻrsatadi. Ye-2 idishdagi bosim ham azot yordamida qoʻllab-quvvatlanadi va PIRC-210 ga oʻxshash ikki kanalli PIRC-230 rostlagich bilan tartibga solib turiladi. LIR-401 datchigi Ye-2 dagi suyuqlik sathini nazorat qiladi.

22.2.3. texnologik uzelnig oʻlchanadigan va boshqaradigan oʻzgaruvchilari va meʼyoridagi ishlash rejimida ularning qiymatlari.

22.2.3.1. Oʻlchanadigan oʻzgaruvchilar (datchiklar)

Pozisiya № (teg)	O'lchanadigan O'zgaruvchi	O'lchov birligi	Me'yoriy, rejimdagi qiymati
FIRC-110	Ye-1 dan Ye-2ga qarab suv oqimi	m ³ /soat	227.00
LIR-401	Ye-1 idishdagi sath	%	50.00
LIR402	Ye-2 idishdagi sath	%	50.00
PIR-220	N-1/A,V nasoslarning damlash bosimi	kg/sm ²	4.95
PIRC-210	Ye-1 idishdagi bosim	kg/sm ²	2.52
PIRC-230	Ye-2 idishdagi bosim	kg/sm ²	2.52

22.2.3.2. Analogli boshqaruvchi parametrlar (rostlagichlar)

Pozisiya № (teg)	Rostlanuvchi o'zgaruvchi	Klapanga chiqish (%)	Boshqarish ryejimi	Rostlash turi
FIRC-110	Ye-1 dan Ye-2 tomon suv oqimi	38.3	Avto	Lok
HC-110	FIRC-110 asbobi rostlash klapani baypasidagi qulf	0.0	Dast	—
PIRC-210	Ye-1 idishdagi bosim	“A” 0.0 “V” 0.0	Dast	Lok
PIRC-230	Ye-2 idishdagi bosim	“A” 0.0 “V” 0.0	Avto	Lok

22.2.3.3. Diskret boshqaruvchi parametrlar (kalitlar)

Kalit nomi	Qurilmalar vazifasi	Kalitning
-------------------	----------------------------	------------------

(teg)		holati
BV-110	FV-110 rostlovchi klapan oldidagi ajratkichlar	Ochiq
HV-001	Suyuqlikni Ye-1 idishga uzatish chizig'idagi ajratkich	Ochiq
HV-002	Suyuqlik Ye-2 idishidagi chiqarish chizig'idagi ajratkich	Ochiq
HV-003	Ye-1 idish drenaj chizig'idagi ajratkich	Berk
HV-004	Ye-2 idish drenaj chizig'idagi ajratkich	Berk
H-1A	Asosiy suv nasosi	Ulash (Vkl)
H-1B	Zaxira suv nasosi	Uzish(Vык)

19– ma'ruza Zamonaviy boshqaruv tizimlari

Avtomatlashtirish tizimlarining ishonchliligi tizimining berilgan vazifalarni ekspluatasion ko'rsatkichlarining belgilangan qiymatlarining vaqt o'tishi bilan saqlanishi bilan bajarish qobiliyati tizimining beto'xtovligi, ta'sirlanuvchanligi va uzoq muddat ishlashi orqali belgilanadi.

Beto'xtovligi – tizimining ishlatish jarayonida berilgan vaqt davomida (ishlab chiqarish sikli, smena, oy, choraklik, yil davomida) majburiy (rejadan tashqari) to'xtashlARTiz ish qobiliyatini saqlash qobiliyatidir. U ayrim vazifalar, qism tizimlar va umuman tizimlarni inkor qilishga ishlab qo'yish bilan xarakterlanadi.

Ta'mirlashga yaroqlilik tizimining inkor qilishlarning oldini olish, aniqlash va inkorlarni bartaraf etishga moyilligi bilan xarakterlanadi. Bu ko'rsatkich mumkin bo'ladigan inkorlardan (to'xtashlardan) so'ng ish qobiliyatini ko'p marta tiklab uzoq vaqt foydalanishga mo'ljallangan tizimlar uchun muhimdir va u o'rtaliklanish vaqti bilan xarakterlanadi.

Uzoq muddatlilik – bu tizimining ish qobiliyatini oxirgi holatgacha saqlay olish xossasidir (texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash uchun zarur uzulishlar bilan). U

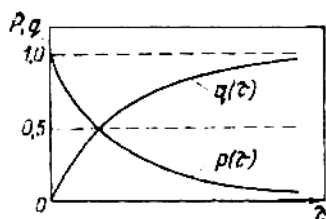
tabiiy va ma'naviy eskirish omillari. bilan belgilanadi va tizimining xizmat qilish muddati bilan aniqlanadi.

Avtomatlashtirish tizimini ishlab chiqish, loyihalash, joriy qilish va sanoat ekspluatatsiyasi jarayonida uning ishonchliligining optimal darajasi belgilanishi va o'rganilishi kerak. Past darajaning oqibatlarini texnologik rejimning buzilishi, brak, maqsadga qaratilgan mahsulotni to'la ishlab chiqarmaslik, avariya, portlashlar, shuningdek tizimni ta'mirlashga harajatlarning ortishi. Ayrim hollarda tizim ishonchliligi darajasining past bo'lishi uning samaradorligini nolga keltirishi yoki hatto manfiy qilib qo'yish mumkin (ya'ni xarajatlar iqtisodiy samaradan ham yuqori bo'ladi). Ishonchlik ko'rsatkichlarining ortishi ham xarajatlarning ortishiga olib keladi.

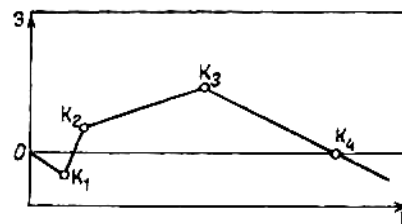
Tizim ishonchliligining optimal darajasini o'rnatish va ta'minlash – murakkab va mas'uliyatli vazifa, chunki kimyo va oziq – ovqat texnologiyasi ob'yektlarini boshqarish (TOB) ni avtomatlashtirish ko'p funksiyali (vazifali) tizimga kiradi, uning tarkibida juda ko'p texnik qurilmalar va operativ xodim bo'ladi. Bunda, bir tomondan, ayrim vazifani (ishni) bajarishda bir nechta texnik qurilmalar foydalanilishi mumkin, ikkinchi tomondan – ayni bir qurilmani bir nechta vazifani bajaruvchi o'rnida foydalanish mumkin. Tizimlarning ko'pligi (ortiqchaligi) ham katta ahamiyatga ega (apparatli, informasion, vaqtiiy, funksional tizimlar), bu umuman tizimining ishonchliligini ayrim qism tizimlar va qurilmalar ishonchliligidan yuqoriroq tutishga imkon beradi. Operativ xodimlarning bo'lishi berilgan vazifalarni bajarish umumiy ishonchliligini oshirishi ham mumkin (agar xodimlar boshqaruvning zaxira bo'g'ini bo'lsa), xodimlar texnik qurilmalar bilan izchil ishlagan holda ishonchlikni kamaytirishi ham mumkin.

To'xtovsiz (uzluksiz) ishlash ko'rsatkichlarini hisoblash. To'xtash – bunday holdan so'ng tizim to'liq yoki qisman o'z vaifalarini bajara olmaydigan holatdir. To'xtashning sabablari yeyilish va eskirishning tabiiy jarayonlari bo'lishi, shuningdek, tizimni tayyorlashda, montaj qilishda, ta'mirlashda ishlatish qoidalari va normalarni buzishda yuzaga keladigan kamchiliklar bo'lishi mumkin.

Real qurilmaning uzluksiz ishlash vaqti berilgan qiymatdan yuqori bo'lishi kerak, ya'ni $\tau > \tau_0$ shart bajarilishi kerak. Shuni aytib o'tish kerakki, τ vaqt bu yerda tasodifiy xarakterga ega. Bu ehtimollik xarakteristikalaridan foydalanish zaruriyatini belgilaydi: $r(\tau)$ – berilgan vaqt davomidagi uzluksiz ishlash ehtimolligi (odatda 10^6 soat), $q(\tau) = 1 - r(\tau)$ vaqt ichida to'xtash ehtimoli.



21.18-*расм.*
Берилган вақт давомида узлуksиз ишлаш $p(\tau)$ ва тўхташ эҳтимоли $q(\tau)$



21.19-*расм.* Иқтисодий самарадорликнинг АТ ни жорий қилишга сарфланадиган капитал харажатларга боғлиқлиги.

Tabiiyki,

$$q(\tau) = 1 - p(\tau)$$

Bu funksiyalarning umumiy ko'rinishi 21.18-rasmda keltirilgan. Egri chiziqlarning ko'rinishidan qurilmaning ishonchliligi ko'rsatkichi vaqt o'tishi bilan 1 dan 0 gacha o'zgaradi.

Berilgan τ_0 vaqt oralig'ida $r(\tau)$ ehtimollik

$$p(\tau) = e^{-\tau_0 / \tau_{\text{ypm}}} \quad (21.14)$$

formula bo'yicha hisoblanadi, bu yerda τ_{ort} – to'xtashgacha ishlab berishning o'rtacha vaqti (o'rtacha to'xtovsiz ishlash vahti).

$$\tau_{\text{ypm}} = 1 / (\lambda K_0) \quad (21.15)$$

tarzida aniqlanadi, bu yerda λ_{orta} – qurilmaning to'xtab qolish jadalliklari, K_0 – qurilmaning yuklanish koeffitsiyenti. Qurilmaning to'xtashlar jadalligi λ uning pasportida keltiriladi. U tayyorlovchi zavodda to'xtagan qurilmalar sonining

berilgan vaqt oralig'ida soz ishlayotgan qurilmalar soniga nisbati sifatida belgilanadi.

Boshqarishning hatto elementar vazifalarini bajarish uchun ishonchli xarakteristikali bir nechta ketma – ket o'rnatilgan qurilmalar talab qilinadi. Masalan, sarflashni analogli qayd qilish uchun Sapfir – 22YeX datchigi, ta'minot bloki BPS – 24 va qayd etuvchi asbob A – 543 kerak bo'ladi.

Funksiyani bajaruvchi, ketma – ket o'rnatilgan qurilmalar zanjiri

$$(\lambda K_{\sigma})_{\phi} = \sum_1^n (\lambda K_{\sigma})_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (21.16)$$

formula bo'yicha hisoblanadi, bu yerda $(\lambda K_{\sigma})_f - i$ – qurilmaning yuklanganlik koeffitsiyentini hisobga olgan holdagi to'xtashlar jadalligi, p – zanjirdagi qurilmalar soni.

Parallel qurilmalar guruhi uchun, ya'ni bir ishchi holatda, boshqasi zahira holatida bo'lgan qurilmalar uchun to'xtashlar jadalligini ushbu

$$(\lambda K_{\sigma})_{\phi} = 0,5(\lambda K_{\sigma})_i^2 \quad (21.17)$$

formula bo'yicha hisoblash mumkin.

Avtomatlashtirish tizimlarining ishonchliligini oshirish uslublari. Ishonchlilikni oshirishning asosiy uslublari ishlab chiqish bosqichida ko'zda tutilgan zaxiralash (ortiqchalik) va ishlatish davrida sifatli texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash hisoblanadi.

Funksional va struktur (tuzilma) zaxiralash farq qilinadi. Funksional zaxiralash; tizimga o'xshash o'zaro bir – birini to'ldiruvchi vazifalarni kiritish bilan ta'minlanadi, masalan, analogli va raqamli qayd etish, qo'lda va masofadan turib boshqarish, asboblarda yordamida va displeyda nazorat qilish va hokazo.

Struktur zaxiralash boshqarishning eng muhim vazifalarini bajarishda qurilmalarni parallel o'rnatishni nazarda tutadi. Struktur zaxirasining quyidagi turlari farq qilinadi: ishchi qurilmalar to'xtaganda zaxira qurilmalarni avtomatik ulash («issiq» zaxiralash) oldindan montaj qilingan zaxira qurilmani

kommutasion aloqalarning o'zgarishi hisobiga ulash («sovuq» zaxiralash); nosoz qurilmani yechib olish va uni zaxiradagi bilan almashtirish.

Texnik xizmat ko'rsatishni va ta'mirlashni tashkil etish, bir tomondan, qurilmalarning ishonchliligi to'rg'isidagi ma'lumotlarni, yuz berishi mumkin bo'lgan to'xtashlarni oldindan aytish maqsadida to'plash va tahlil qilish, ikkinchi tomondan esa – optimal davriylikni va avtomatik va nazorat o'lchov asboblari (NO'A) ta'mirlash ishlari hajmini ishlab chiqish va ta'minlashni ko'zda tutadi.

Ishonchlilik to'g'risidagi ma'lumotlarni to'plash (NO'A) syexlaridagi asbobsozlar va ta'mirlash xizmati xodimlarni zimmasiga yuklanishi mumkin. Bu maqsadda to'xtashlarni hisobga olish jurnaliga nosozlik vaqti, joyi va sababi, uni bartaraf qilish usuli hamda bunga ketadigan mehnat xarajatlari usuli yozib qo'yiladi. Har bir qurilma uchun daftar tutiladi; unga to'xtashlar haqidagi ma'lumotlardan tashqari qurilmaning pasport xarakteristikasi (chiqarilgan yili, tayyorlovchi zavod, ishga tushirilgan sana) va profilaktik ko'riklar natijalari va ta'mirlashlar natijalari yoziladi.

Avtomatlashtirishni boshqarish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish ta'mirlashlar orasidagi davrda ishonchlilik ko'rsatkichlarini kerakli darajada tutib turishning asosiy usuli hisoblanadi. U ayrim qurilmalar va bog'lanish kanallarining metrologik xarakteristikalarini hamda ish qobiliyatini test signallari bo'yicha tekshirishni; qurilmalarni tozalashni; qurilmalarning ayrim elementlarini sozlash va almashtirishni; elektr va trubali o'tkazgich ajraluvchi birikmalari, kontaktlari va mustahkamlagichlarining ishlash qobiliyati va ishonchliligini tekshirishni nazarda tutadi.

Texnik xizmat ko'rsatish davrida o'tkaziladigan ta'mirlash ishlari joriy ta'mirlash deyiladi, ular avtomatlashtirish vositalarining ish qobiliyatini ta'minlash yoki tiklash uchun bajariladi hamda tizimining ayrim qismlarini almashtirishdan va (yoki) tiklashdan iborat. Ishonchlilik ko'rsatkichlarini to'la tiklash uchun tizimining barcha qismlarini kontrol ta'mirlab, so'ng tekshirish zarur.

