

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYXON BERUNIY NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**“ELEKTRONIKA VA AVTOMATIKA” FAKULTETI**

**“ELEKTRONIKA VA MIKROELEKTRONIKA” KAFEDRASI**

Qo'lyozma xuquqida

**Normatov Sodik Mansurovich**

MAVZU: “Bosimni urganish qurilmasini yaratish”

5521700 – Elektronika va mikroelektronika  
yo'nalishi bo'yicha bakalavr darajasining olish uchun

***BITIRUV MALAKAVIY ISHI***

Kafedra mudiri:

prof. Iliyev X.M.

Rahbar:

dos. K.S.Ayupov

**Toshkent 2014**

<b>Mundarija</b>	
Kirish	4
<b>I BOB. BIRLAMCHI O'ZGARTIRGICHLARNING TENZOSEZUVCHANLIGI</b>	4
<b>1.1 MEXANIK KATTALIKLAR O'ZGARTIRGICHINING TENZOSEZGIRLIGI</b>	7
<b>1.2 YaRIMO'TKAZGICHLARDAGI TENZOQARSHILIK EFFEKTI</b>	9
<b>1.3. YaRIMO'TKAZGICH STRUKTURASIDA TENZOEFFEKT</b>	16
<b>2 BOB O'LCHOV QURILMALARI</b>	20
<b>2.1. Richagli-mexanik asboblari</b>	20
<b>2.2. Dinamometrlar</b>	22
<b>2.3 Plyonkali metall tenzometr</b>	25
<b>2.4 Yarimo'tkazgichli tenzodatchiklar</b>	29
<b>III BOB Asosiy qism</b>	34
<b>3.1 Bosimning rezistiv sensorlari uchun qayishqoq jismlar</b>	34
<b>3.2 Bosimni urganish krulmasi</b>	38
<b>XULOSA</b>	42
<b>I V Bob. Hayot faoliyati xavfsizligi</b>	44
<b>V Bob. IQTISODIY QISM I. Loyxani texnik-iqtisodiy asoslash.</b>	57
<b>II. Investisiya xajmini aniqlash.</b>	
<b>Adabiyotlar ro'yxati</b>	63

# KIRISH

## KIRISH

O'lchashlar - inson tomonidan tabiatni idrok etishning eng muhim vositalaridan biri. Hozirgi zamonda jamiyat hayotini o'lchashlarsiz tasavvur etib bo'lmaydi.

Fan va sanoatni ham o'lchashlarsiz tasavvur etib bo'lmaydi. Har bir soniya mobaynida dunyo bo'yicha ko'p milliardlab o'lchashlar amalga oshiriladi. Ular asosida ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning kerakli sifat va texnik darajada bo'lishi, transportning xavfsiz va halokatlarsiz ishlashi taominlanadi, shuningdek, tibbiy tashxislar qo'yiladi, ekologik vaziyat holati baholanadi va boshqa muhim masalalar hal etiladi. Inson faoliyatining birorta sohasi yo'qki, u yerda o'lchash, sinash va nazorat natijalaridan samarali foydalanilmasin. Shuning uchun o'lchashlarni bajarish uchun ko'p millionlab kishilar va katta moliyaviy mablag'lar safarbar etilmoqda. Hozirgi paytda ijtimoiy mahnatning qariyb 15 foizi o'lchashlar uchun sarflanmoqda. Rivojlangan mamlakatlarda yalpi milliy mahsulotning 3 foizidan 6 foizigacha o'lchashlar va ular bilan bog'liq maqsadlarga sarflanmoqda.

O'lchanayotgan kattaliklar diapazoni va ularning miqdori doimo o'sib bormoqda. Hozirgi davrda, masalan, uzunlik  $10^{-10}$  m dan  $10^{17}$  m gacha, harorat 0,5 k dan  $10^6$  k gacha, elektr qarshiligi  $10^{-6}$  Om dan  $10^{17}$  Om gacha, quvvat  $10^{-15}$  Vt dan  $10^9$  Vtgacha o'lchanmoqda. O'lchanayotgan kattaliklar diapazoni o'sib borishi bilan o'lchashlar murakkabligi ham ortib bormoqda. O'lchash shunchaki birlamchi texnik harakat bo'lib qolmay, o'lchash eksperimentini tayyorlash va o'tkazish, olingan ma'lumotlarni ishlash, tahlil etish, aks ettirish bilan bog'liq murakkab jarayonga aylanib bormoqda.

O'lchashlarning bu qadar muhimligini belgilovchi sabablardan biri ularning ahamiyatidir. Har qanday boshqarish, tahlil qilish, istiqbolni belgilash, rejalashtirish, nazorat qilish va muvofiqlashtirish masalalarining asosini ishonchli boshlang'ich ma'lumotlar tashkil etadi, ma'lumotlar esa zarur fizik kattaliklar, parametrlar va ko'rsatkichlarni o'lchash yo'li bilan hosil qilinadi. Tabiiyki,

boshqarish va nazorat qilish bo'yicha qabul qilinadigan qarorlarning qay darajada to'g'riligi o'lchash natijalarining yuqori aniqligiga va ishonchligiga bog'liqdir.

Mustaqil respublikamizning istiqbolida mamlakatni dunyoning eng taraqqiy etgan davlatlari darajasida texnik va texnologik rivojlantirish vazifasi turibdi. Bu vazifani hal etish "Kadrlar tayyorlash milliy dasturi" ni amalga oshirish bilan bevosita bog'liq. Bu o'z navbatida mamlakatimiz o'quv yurtlarida jahon standartlari darajasida, raqobatbardosh milliy kadrlar tayyorlashga ijodiy yondashuvni talab etadi. Bundan kelib chiqib, taolim standartlarini takomillashtirib, mutaxassislar tayyorlash o'quv rejalariga zamonaviy talablar asosida yangi fanlarni kiritilmoqda, ilgaridan o'qitib kelanayotgan fanlar tarkibi va mazmuni boyitilmoqda.

**I-BOB**

# I BOB

## BIRLAMCHI O'ZGARTIRGICHLARNING TENZOSEZUVCHANLIGI

O'lchash texnikasining imkoniyatlari har doim birlamchi o'zgartirgichlar va sezgir elementlar bilan chegaralangan. Shuning uchun shiddat bilan rivojlanayotgan o'lchash texnikasida elementlarning sezgirliги muammo bo'lgan va bo'lib qolmoqda. Ularning yechimi yangi materialni tadqiq etishdan iboratdir. Shu sababga ko'ri kuchli legirlangan kremniyni istiqbolli materiallar qatoriga kiritishimiz mumkin.

Kuchli legirlangan kremniyda aniqlangan anomal yuqori fotosezgirlik, fotoo'tkazuvchanlikniг chuqur infraqizil va haroratli so'nishi, anomal yuqori qoldiq o'tkazuvchanlik, s-shakldagi volt-amper tavsif, har turdagi avtotebranishlar va boshqa yangi fizikaviy effektlar mexanik kattaliklar o'zgartirgichining yangi avlodini yaratishda asos bo'lishi mumkin. Ularning tenzosezgirliklari kompensasiya qilinmagan kremniy asosida tayyorlangan sanoat tenzodatchiklarning tenzosezgirliklaridan bir necha tartibga yuqori bo'lishi mumkin.

### 1.3 Mexanik kattaliklar o'zgartirgichining tenzosezgirliги

Mexanik kattaliklarning o'zgartirgichlari yoki tenzodatchiklar o'tkazgichlardan (simli, folgali) va yarimo'tkazgichlardan tayyorlanadi. Ularning ishlash tamoyili, deformatsiya ta'sirida materialning elektr qarshiligining o'zgarishiga asoslanadi.

Bo'ylama mexanik kuchlanish ta'sirida materialning elektr qarshiligi materialning geometrik o'lchamlari va solishtirma qarshiligi hisobiga o'zgaradi hamda quyidagi nisbatga bo'ysunadi:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{\Delta l}{l_0} - \frac{\Delta f}{f_0} + \frac{\Delta \rho}{\rho_0} \quad (1.1)$$

$$\frac{\Delta l}{l} = E, \quad \frac{\Delta f}{f_0} - 2\nu \frac{\Delta l}{l_0} \quad (\nu - \text{Puasson koefitsiyenti}) \quad \text{va} \quad \frac{\Delta \rho}{\rho_0 E} = m_1 \quad \text{ni etiborga}$$

oladigan bo'lsak, (1.1) ifodani quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = E(1 + 2\nu + m_1) \quad (1.2)$$

U holda tenzosezgirlik koefitsiyenti S quyidanicha ifodalanishi mumkin:

$$S = \frac{\Delta R}{R_0 E} = 1 + 2\nu + m_1 \quad (1.3)$$

Metallar uchun Puasson koefitsiyenti (0,25 – 0,4) bo'lganligi uchun solishtirma elektr qarshiligining  $\frac{\Delta \rho}{\rho_0 E} = m_1$  o'zgarishini umumiy tenzodatchik qarshiligining o'zgarishiga qo'shgan hissasi 20% ni tashkil qiladi, u holda o'tkazuvchi tenzodatchiklar uchun S koefitsiyenti taxminan 2 ga teng ( $S=1+2\cdot 0,4=1,8$ ).

Yarimo'tkazgichli tenzodatchiklarda umumiy qarshilikning o'zgarishining  $\frac{\Delta R}{R_0}$  98% solishtirma qarshilikning o'zgarishi tufayli bo'lib, faqat 2% tenzodatchik materialning geometrik o'lchamining o'zgarishi hisobidan bo'ladi. Shuning uchun oddiy amaliy maqsadlarda quyidagini qabul qilish mumkin:

$$S \approx \frac{\Delta \rho}{\rho_0 E} \quad (1.4)$$

Natijada yarimo'tkazgichli tenzodatchikning S sezgirliги 50÷170 ga erishadi.

Bo'ylama deformasiyada qarshilik taxminan o'zgaradi. Yarimo'tkazgichli tenzodatchiklarning qarshiligi katta o'zgarmasligiga qaramasdan (30% gacha), yarimo'tkazgichli tenzodatchikli zanjirdagi signallarni kichkina ko'chishlarni, bosimlarni, tezlanishlarni va boshqalarni o'lchashda kuchaytirish talab qiladi.

## 1.4 Yarimo'tkazgichlardagi tenzoqarshilik effekti

Smitning germaniy va kremniyda tenzoeffekt tadqiqoti tenzoeffektning kristallografik yo'nalishga bog'liqligini oddiy zonalar to'g'risidagi tasavvurlar bilan tasvirlab bo'lmasligi qo'rsatdi. Elektron energiyasini  $\hbar k$  to'lqin vektoriga (hik impulsida) bog'liqligi murakkab ko'rinishda bo'lishi aniqlandi.. O'tkazuvchanlik zonasida bir necha minimum energiya mavjud bo'ladi. Minimumga mos keluvchi k-fazoda izoenegiyalik sirt simmetriya o'qi bo'ylab cho'zilgan aylanish ellipsoididir. Kremniyda bu yo'nalish  $\langle 100 \rangle$ , ya'ni 6 ta ekvivalent ellipsoid bor, germaniyda  $\langle 111 \rangle$  yo'nalish – 4 ellipsoid bor. Bu izoenergetik sirt quyidagi tenglama bo'yicha ifodalanadi:

$$Y_{e_k} = \frac{\hbar^2}{2} \left( \frac{k_x^2}{m_{\parallel}^*} + \frac{k_z^2}{m_{\perp}^*} \right) \quad (1.5)$$

Bu yerda har hil effektiv massa kiritilgan. Ellipsoid o'qiga bog'liq holda elektronning effektiv massasini ( $m_{\parallel}^*$ ) bo'ylama va ( $m_{\perp}^*$ ) ko'ndalang deb atashadi.

n-turli kremniy misolida yarimo'tkazgichli kristalda elektr o'tkazuvchanligiga deformatsiyaning ta'sirini ko'rib chiqamiz.

$\langle 100 \rangle$  o'qi bo'ylab harakatlanayotgan elektronlarda  $m^*$  katta bo'lsa, ularga perpendikulyar bo'lgan yo'nalishda xarakatlanayotgan elektronlarda  $m^*$  kichik bo'ladi. Harakatchanlikning nisbati teskari bo'ladi:

$$\left( \mu_{\perp} = \frac{e\bar{\tau}}{m_{\perp}^*} \right) > \left( \mu_{\parallel} = \frac{e\bar{\tau}}{m_{\parallel}^*} \right) \quad (1.6)$$

Deformatsiyalanmagan kristalda vodiylar (ellipsoidlar) simmetrik bo'ladi va ularda elektronlarning konsentrasiyasi bir xil bo'ladi.  $\langle 100 \rangle$  o'q yo'nalishda tok oqib o'tayotganda oltita vodiylarning umumiy o'tkazuvchanligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_0 = en_0 \left( \frac{1}{3} \mu_{\parallel} + \frac{2}{3} \mu_{\perp} \right) = en_0 \mu_{cp} \quad (1.7)$$

(1.7) nisbat tokning ixtiyoriy yo'nalishi uchun o'rinlidir, ya'ni deformasiyalanmagan kristalni elektro'tkazuvchanligi izotropdir.

Agar kristall  $\langle 100 \rangle$  bo'ylab bir o'qli qisilsa va undagi tok shu yo'nalishda oqayotgan bo'lsa,  $\langle 100 \rangle$  yo'nalishda joylashish minimum pastga siljiydi.  $\langle 010 \rangle$  va  $\langle 001 \rangle$  yo'nalishlarda joylashish minimum yuqoriga qarab ko'tariladi. Bunda elektronlar ko'tarilayotgan minimumdan pastga tushayotgan minimumga oqib tushadi. Agarda mazkur siljish issiqlik energiyasi  $kT$  bilan taqqoslaganda yetarli darajada katta bo'lsa, kristalning o'tkazuvchanligida o'tkazuvchanlik zonasining barcha minimumlari qatnashmaydi. Faqatgina mazkur holatda pastki bo'lib qolgan qatnashadi, ya'ni mazkur holatda  $\langle 100 \rangle$ . Elektr maydon tomon xarakatlangan kichik xarakatchanlikka ega bo'lgan elektronlar miqdori oshadi. Bunga mos holad elektr o'tkazuvchanlik kamayadi. U holda:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{deph.}} &= e \left[ \frac{n_0 + 2\Delta n}{3} \mu_{\parallel} + \frac{2}{3} (n_0 - \Delta n) \mu_{\perp} \right] = e \left[ \frac{n_0}{3} \mu_{\parallel} + \frac{2n_0}{3} \mu_{\perp} + \frac{2\Delta n}{3} \mu_{\parallel} - \frac{2\Delta n}{3} \mu_{\perp} \right] \\ &= \sigma_0 + \frac{2}{3} e \Delta n (\mu_{\parallel} - \mu_{\perp}) \end{aligned}$$

Shunday qilib,

$$\frac{\sigma_{\text{deph.}} - \sigma_0}{\sigma_0} = \frac{\Delta \sigma}{\sigma_0} = \frac{2\Delta n (\mu_{\parallel} - \mu_{\perp})}{n_0 (\mu_{\parallel} + 2\mu_{\perp})} \quad (1.9)$$

deformasiya ta'sirida elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarish effekti ellipsoiddan ellipsoidga o'tgan elektronlar soni va effektiv massaning anizotropiyasi bilan aniqlanadi.

Agarda bir o'qli qisish  $\langle 111 \rangle$  yo'nalishda amalga oshirilayotgan bo'lsa, mazkur holatda  $\langle 100 \rangle$ ,  $\langle 010 \rangle$  va  $\langle 001 \rangle$  o'qlar bo'ylab deformasiyasi bir hil bo'ladi va minimum o'sha yo'nalishda hamda bir xil kattalikka siljiydi. Shu vaqtda elektronlar oqimi bo'lmaydi. Demak elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarishi bo'lmaydi.

Agar anizotropik effektiv massa bo'lmasa, ya'ni  $m_{\parallel}^* = m_{\perp}^*$  (sferik izoenergiyalik sirt vaqtida), elektronlarning «oqish» effekti elektro'tkazuvchanlikning o'zgarishiga olib kelmaydi. N-turdagi kremniyda

effektiv massalar anizotropiyasi  $\frac{m_{||}^*}{m_{\perp}^*} = 5$  ga teng bo'lsa, n-turli germaniy uchun mazkur nisbat  $\frac{m_{||}^*}{m_{\perp}^*} = 20$  ga teng bo'ladi.

Deformasiya ta'sirida valent zonani o'zgarishi murakkab xarakterga ega. Ko'pgina yarimo'tkazgichlar uchun deformasiyalanmagan holatda valent zonaning cho'qqisi  $k=0$  nuqtada aynigan bo'ladi. Deformasiya zonani to'liq siljishiga va uning bo'linishiga olib keladi. Bunda izotropik deformasiya (masalan har tomonlama siqish) zonani to'liq siljishiga olib kelsa, anizotropik deformasiya zonani bo'linishini beradi.  $kT$  dan katta kattaliklarga zona bo'linganda kristalning o'tkazuvchanligida valent zonaning yuqori sathi qatnashadi. Deformasiya bo'lmaganda kovaklarning xarakatchanligi:

$$\mu_{p0} = \frac{e\tau}{m_v^{3/2}} (m_n^{1/2} + m_T^{1/2}) \quad (1.10)$$

bu yerda  $m_o$  va  $m_{ye}$  deformasiyalanmagan yarimo'tkazgichlarda og'ir va yengil kovaklarning effektiv massasi

$$\mu_p = \frac{P_1\mu_1 + P_2\mu_2}{P_1 + P_2} \quad (1.11)$$

Deformasiya ta'sirida kovaklarning xarakatchanligi quyidagiga teng:

bu yerda  $p_1$  va  $p_2$  bo'lingan yuqori va pastki zonadagi kovaklarning konsentratsiyasi,  $\mu_1$  va  $\mu_2$  mos xarakatchanliklar.

Yuqorida keltirilganlardan, yarimo'tkazgichlardagi tenzoeffekt kristallografik yo'nalishga va o'tkazuvchanlik turiga bog'liqligi kelib chiqadi. Kattaroq tenzoeffekt n- va p-germaniyda va  $\langle 111 \rangle$  yo'nalishda mavjud bo'lsa, n-turli kremniyda  $\langle 100 \rangle$  yo'nalishda va p-kremniyda esa  $\langle 111 \rangle$  yo'nalishda kuzatilgan.

Tenzodatchiklarda yarimo'tkazgichli struktura ko'pincha qo'llaniladi. Bunga sabab, mexanik kuchlanishlarga p-n o'tish tavsiflari, birjinsli yarimo'tkazgich

parametrlariga qaraganda sezgir bo'ladi. (bu konsentrasiyasi deformatsiyaga sezgir bo'lgan noasosiy tok tashuvchilar bilan aniqlanishi bilan bog'langandir.).

Deformatsiyalanmagan  $p^+$ - $n$ - o'tishning to'yinish tok zichligini ko'yidagicha yozish mumkin:

Sayoz kirishma sathlarga ega bo'lgan yarimo'tkazgichlarda noasosiy tashuvchilarning yashash vaqtini deformatsiyada o'zgarish deb hisoblash bo'ladi. Demak, deformatsiyaga faqat  $\mu_p$  i  $R_n$  bog'liq bo'ladi. Noasosiy zaryad tashuvchilarning konsentrasiyasini deformatsiya vaqtida o'zgarishini quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin:

Bunga mos ravishda deformatsiyalangan  $r^+$ - $p$ - o'tishdagi to'yinish tokining zichligi:

Deformatsiyada to'yinish tokining nisbatan o'zgarishi:

$r^+$ - $p$ - o'tish uchun:

Ma'lumki, yarimo'tkazgichlardagi tenzoeffektlarda kirishma sathlar muhim o'ringa ega bo'ladi. Odatda kirishma sathlarni sayoz va chuqurga ajratishadi. Yarimo'tkazgichlarning deformatsiyasida elektron va kovaklarning spektrini o'zgarishi asosan xususiy va kirishmali sathlarning siljishi bilan bog'langandir.

Kirishmali sathlar geliy temperaturagacha odatda bo'shagan bo'ladi, sayoz satxlarning siljishi tenzoeffektga xissa qo'shmaydi. Bir jinsli yarimo'tkazgichlarda tenzoeffekt xarakatchanliklarni anizotropiyasi tufayli bo'lsa, yarimo'tkazgich strukturada noasosiy tok tashuvchilarning konsentrasiyasining o'zgarishi tufayli yu beradi.

Chukur satxlarga ega yarimo'tkazgichlar bosim ostida o'zini boshqacha tutadi. Mazkur satxlar odatiy haroratlarda to'laligicha bo'shagan bo'lmaydi. Deformatsiya vaktida chukur sathlarning joylashishining o'zgarishi yarimo'tkazgichlarning elektrofizikaviy xossasiga kuchli ta'sir kiladi.

$n$ -Ge da oltin atomlarining chukur satxlari holatiga bir o'qli qisishning ta'siri [41, 42] ishda o'rganilgan. Mazkur ishda Xoll effekti yordamida bir o'qli mexanik kuchlanishning  $X=(0\div 15)\cdot 10^3$  kGs/sm<sup>2</sup> keng oralig'ida tok tashuvchilar -

elektronlar konsentrasiyasining haroratga ( $T=77\div 300$  K) bog'liqligini tadqiq qilingan.

$n_t = f(x)$  bog'liklik  $\{X \parallel \vec{j} \parallel <100.\}$ ,  $\{X \parallel \vec{j} \parallel <110>\}$  va  $\{X \parallel \vec{j} \parallel <111>\}$  qisish shartlarida olingan bo'lib, bu yerda  $j$  – tok zichligining vektori beradi. O'tkazilgan tadqiqot natijasi asosida deformatsiyada energetik tirqishning o'zgarish kattaligi quyidagi formulada bilan aniqlanadi:

Oltinning taqiqlangan zona o'rtasiga nisbatan chukur energetik sath va zona orasida energetik tirqishi  $Ye_c=0,2$  eV hisoblashlarga ko'ra barikalik koeffisiyent va oltin sathining siljish yo'nalishi aniqlandi. Keltirilgan natijalar shuni ko'rsatadiki, n-Ge da oltinning chuqur sathi  $Ye_s - 0,2eV$  ni barcha kristollografik yo'nalishlar siljishi o'tkazuvchanlik zona vodiylardan eng pastkilarini siljish yo'nalishida amalga oshiriladi. Sathlarni siljishning barik koeffisiyentlari orasidagi farqlarni nafaqat kattaliklar, balki ishoralari bo'yicha farq Ge da Au kirishmalariga tegishli bo'lgan chuqur satxlarning anizotropiya haqida guvoxlik.

Yashash vaqtlarni bir o'qli yuklama kattaligi bog'liqligini tadqiq etish rekombinasiya jarayonlari va rekombinasion markazlarning parametrlari to'g'risida qo'shimcha ma'lumot olishga imkon beradi va ayrim xollarda tajriba natijalarini tushuntirishga yordam beradi.

Bir qator parametrlarning funksiyasi bo'lgan, xususan Fermi sathi, noasosiy zaryad tashuvchilarning yashash vaqti  $\tau$  umumiy xolda tashqi bir o'qli yuklama  $X$  kattaligiga va uning yo'nalishiga murakkab ko'rinishda bog'liq bo'ladi.

Rekombinasiya holati  $p = 1$  va yopishish holatida  $p = -1$ , rekombinasiya sathlarning to'liq ionlashmagan sohasida  $\tau(x)$  ning o'zgarish xarakteri birinchi navbatda bosim kattaliklariga sathlarning  $Ye_{r,t}(x)$  ionlashish energiyasini va zonadagi saramli holatlar zichligini  $N_{c,v}(x)$  o'zgarishi tufayli satxlarni to'lish darajasini bog'liqligi bilan aniqlanadi. Turli kristallografik yo'nalishlari bo'lab siqishda kristall xossalarining noekivalentligi tufayli yuz beradigan  $N_{c,v}(x)$  bog'liqliklarning xar xil ko'rinishi ushlab qolinayotgan tashuvchilarning turini va taqiqlangan zonada sathni joylashishini aniqlashga imkon bersa,  $N_{c,v}(x)$  hisobga

olish,  $\Delta E_{r,t}^l$  energetik sathni va zona sathiga yaqin bo'lgan  $\Delta E_{c,v}^l(x)$  larni siljishi bilan aniqlanadigan  $\Delta Y_{e,r,t}(x)$  bosimli satxning ionlashish energiyasini o'zgarini aniqlashga imkon beradi.

Choxralskiy usuli bilan o'stirilgan va  $^{60}\text{So}$  ning  $\gamma$  - kvantlari bilan nurlantirilgan  $p$ - va  $p\text{-Si}$  ( $n_0, p_0 = 1 \cdot 10^{14} - 5 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-3}$ ) kristallda bir o'qli yuklamaga yashash vaqtini bog'liqligi [37] ishda o'rganilgan. Olingan  $\tau(x)$  bog'liqliklar ham haroratning turli sohalarida  $\tau$  o'zgarishi bo'yicha, xam siqish yo'nalishi bo'yicha farq qiladi.

Haroratning  $T=150 \div 200 \text{K}$  oralig'ida  $r\text{-Si}$  uchun  $\tau_n$  bosim oshishi bilan kamayadi. Ayniqsa  $X \parallel \langle 100 \rangle$  da kuchliroq bo'ladi. Bu holat asosan  $Y_{e_s} - 0,18 \text{ eV}$  sathning ionlashish energiyasini kamayishi bilan bog'langandir. Haroratning  $T=120 \div 150 \text{ K}$  oralig'ida  $\tau_n(x)$  o'zgarishi haroratning  $T=150 \div 200 \text{ K}$  oralig'ida  $\tau_n(x)$  o'zgarishiga qarama qarshidir. Ularni yuklanish oshishi bilan pastki  $Y_{e_s} - 0,18 \text{ eV}$  sath va valent zona orasidagi energetik tirqishni kamayishi bilan tushuntirilishi mumkin. Bunda o'tkazuvchanlik zonasi yonidagi yopishish markazlarining  $N_t$  konsentrasiyasini oshishiga olib keladi.

$T=80 \text{K}$  da olingan  $Y_{e_s} - 0,1 \text{ eV}$  sathli nuqsonlar uchun  $\tau_n(x)$  bog'liqlikni o'zgarishi xam sathni o'tkazuvchanlik zonasi bilan murakkab xarakterdagi bog'lanishga ega ekanligini ko'rsatadi. Buni bosim oshishi bilan ularni bo'linishi bilan tushuntirish mumkin.  $T=300 \text{K}$  da  $n\text{-Si}$  uchun  $\tau_p(x)$  bog'liqlik bosim oshishi bilan kuchsiz kamayadi,  $X \parallel \langle 100 \rangle$  yo'nalishda  $X \parallel \langle 111 \rangle$  qaraganda kuchsizroq kamayadi.  $T=150-200 \text{K}$  xarorat soxasida  $\tau_p(x)$  kattalik bosim oshishi bilan o'sadi,  $X \parallel \langle 100 \rangle$  yo'nalishda  $X \parallel \langle 111 \rangle$  qaraganda tezroq o'sadi. Bunday bo'lishni yopishuvchi kovaklarning yashash vaqtini  $\tau_{r,p}$  ( $\tau_{r,p}$  - yopishuvchi kovaklarning yashash vaqti) bosim oshganda A-markaz sathlarini elektronlar bilan to'lishini kamayishi tufayli rekombinasiya vaqtiga nisbatan oshishi bilan tushuntiriladi.

Oddiy va neytroni legirlangan kremniyda pezoqarshilik  $\{x \parallel \vec{j} \parallel \langle 100 \rangle\}$  shartida harorat 78–300K oralig'ida mexanik qisishning  $x=(0-12)10^3 \text{kg/sm}^2$  oralig'ida [44] ishda tadqiq etildi. Neytronli legirlangan va oddiy (kuchli kompensasiya qilingan) kristallar uchun  $\rho_x / \rho_0 = f(x)$  sifatli o'xshashliklar ko'rsatilgan. Biroq ( $x > 5 \cdot 10^3 \text{ kg/sm}^2$  sohalarda)  $\rho_x / \rho_0 = f(x)$  bog'liqlik Smitta-Xering pezoqarshiligidan farq qiladi. Shunga bog'liq holda neytronli legirlangan va kuchli kompensasiya qilingan kremniy kristallida fosforning sayoz donor sathi bilan taqqoslaganda chuqurroq sathlar mavjud degan fikrni bildirish mumkin.

### 1.3. YaRIMO'TKAZGICH STRUKTURASIDA TENZOEFFEKT

Shu vaqtgacha, yarimo'tkazgichli asbob parametrlariga deformatsiyani ta'siri bo'yicha olingan tajriba natijalarining tahlili, sayoz kirishmalarga ega bo'lgan p-n-o'tish tavsiflarini bosim ostida o'zgarishiga olib keluvchi asosiy omillar yarimo'tkazgich taqiqlangan soha kengligini, shuningdek zaryad tashuvchilar xaraktchanligining effektiv massa o'zgarishidir degan xulosani chiqarish mumkin. Noasosiy zaryad tashuvchilarning yashash vaqtini deformatsiyaga bog'liq emas deb hisoblasa bo'ladi. Bunga sabab sayoz kirishma sathlar suyuq geliy haroratigacha to'liq ionlashgan bo'ladi va ularning zaryad holati deformatsiyada o'zgarmaydi.

Bosim ostida energetik sathlar va yarimo'tkazgichning taqiqlangan zona kengligini o'zgarishi tokning noasosiy tashuvchilarning  $p_n$  va  $n_p$  konsentrasiyasini o'zgarishiga olib keladi. Demak bosim ostida to'yinish tokini o'zgarishi olib keladi. Yetarli darajada yuqori haroratlarda asosiy tashuvchilarning konsentrasiyasi ionlashgan kirishma atomlarning miqdori bilan aniqlanadi vash u sababli bosimga kuchsiz chezgirdir.

Deformatsiyalanmagan  $r^+$ -n-o'tishdagi to'yinish tokining zichligini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

(1.19)

Deformatsiyada noasosiy zaryad tashuvchilarning konsentrasiyasini o'zgarishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

(1.20)

bu yerda  $\Delta E_g$  – taqiqlangan zona kengligini haqiqiy o'zgarishi. Mos ravishda deformatsiyalangan p<sup>+</sup>-n –o'tishda to'yinish tokining qiymati quyidagicha bo'ladi: p<sup>+</sup>-n –o'tishning deformatsiyasida to'yinish tokining nisbatan o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

Katta tenzosezgirlikka tenzodiodlar ega bo'lib, ularda p-n-o'tish sohasining deformatsiyasi o'tkar igna yordamida amalga oshiriladi. P-n o'tishning yotish chuqurligi katta bo'lmasligi kerak ( $\approx 1$  mkm ). Bunda bevosita igna ostida bo'lgan p-n- o'tishning kichkina qisami deformatsiyalanadi. Bu bir o'qli deformatsiyaga

qaraganda  $E_{gef}$  ni kuchli o'zgarishiga olib keladi. Bunday deformatsiyada germaniy hamda kremniyda  $E_{gef}$  kamayadi. Tokning kuchli o'zgarishiga qaramasdan, deformatsiyaning bu usuli, ignani bitta nuqtaga aniq tushushini ta'minlovchi mexanik qurilma konstruksiyasining murakkabligi tufayli hozirgi kunda keng tarqalmagan.

p-n-o'tish parametrlarini bosimga sezgirligi, yarimo'tkazgich bazasini chuqur sath beruvchi kirishmalar bilan legirlanganda oshadi. Mazkur sezgirlikni oshish mexanizmi hozirgi kunda oxirigacha aniqlanmagan. Aftidan, mazkur holatda chuqur sathda tok tashuvchilarning rekombinasiyasi va generasiyasi yoki ular orqali tunnellanish toka sezilarli ta'sir qilsa, bosim ta'sirida chuqur sathlarning siljishi sezilarli hissa qo'shishi mumkin.

Chuqur sath hosil qiluvchi Au, Zn, Ni i Pt kirishmalar bilan kompensasiya qilingan kremniydan tayyorlangan qotishmali diodlarning tavsiflariga ta'siri [55] ishda o'rganilgan. Bosim  $\langle 111 \rangle$  yo'nalishda hosil qilingan. Platina kirishmasiga ega bo'lgan kremniydan tayyorlangan oddiy diod VATi teskari tarmog'i, to'g'ri tarmog'iga qaraganda tenzosezgirlikka ega bo'lishi aniqlangan. Ruh kirishmasiga ega bo'lgan kremniydan tayyorlangan S-shakldagi sohaga ega bo'lgan diodlarda yaxshi tenzosezgirlik to'g'ri siljishda namoyon bo'ladi. Nikel kirishmasiga ega bo'lgan S-shakldagi sohali diodlardagi VATning to'g'ri tarmog'i  $8 \cdot 10^7$  Pa gacha bo'lgan bosim ta'sirida deyarli o'zgarmaydi. Shunday qilib, S-diodning to'g'ri tarmog'iga bosimning ta'siri kiritilayotgan Au, Pt, Zn va Ni kirishmalarga bog'liq ravishda turlicha bo'ladi.

Oltin kirishmasi bo'lgan diod fototoki va VATiga  $\langle 111 \rangle$  yo'nalishdagi bir o'qti bosimning ta'siri 77 va 300 K haroratlarda tadqiq etilgan. 300 K haroratda fototokning kattaligi bosim oshishi bilan kuchsiz o'sib borsa, 77 K da fototok keskin kamayadi va bosimga kuchsiz bog'liq bo'ladi. Har xil kuchlanishlarda teskari tokni bosimga bog'liqligi, kuchlanish qanchalik katta bo'lsa, shunchalik minimumga ega bo'ladi.

Bazasi oltin, ruh, nikel bilan kompensasiya qilingan kremniy asosida tayyorlangan kremniyli  $r^+ - n - n^+$  i  $r^+ - n - r^+$  strukturalarning fotoki,

fotoelektryurituvchi kuchi va VATiga bir o'qti qisishning ta'siri xona va azot haroratlarida o'rganilgan. Ruh bilan kompensasiya qilingan kremniydan tayyorlangan diodlarga 77 K da fototokni kuchli o'sishi va qayshqoq deformatsiya sohasida bosimga kuchsiz bog'liq bo'lishi xarakterli ekanligi aniqlangan.

**II-BOB**

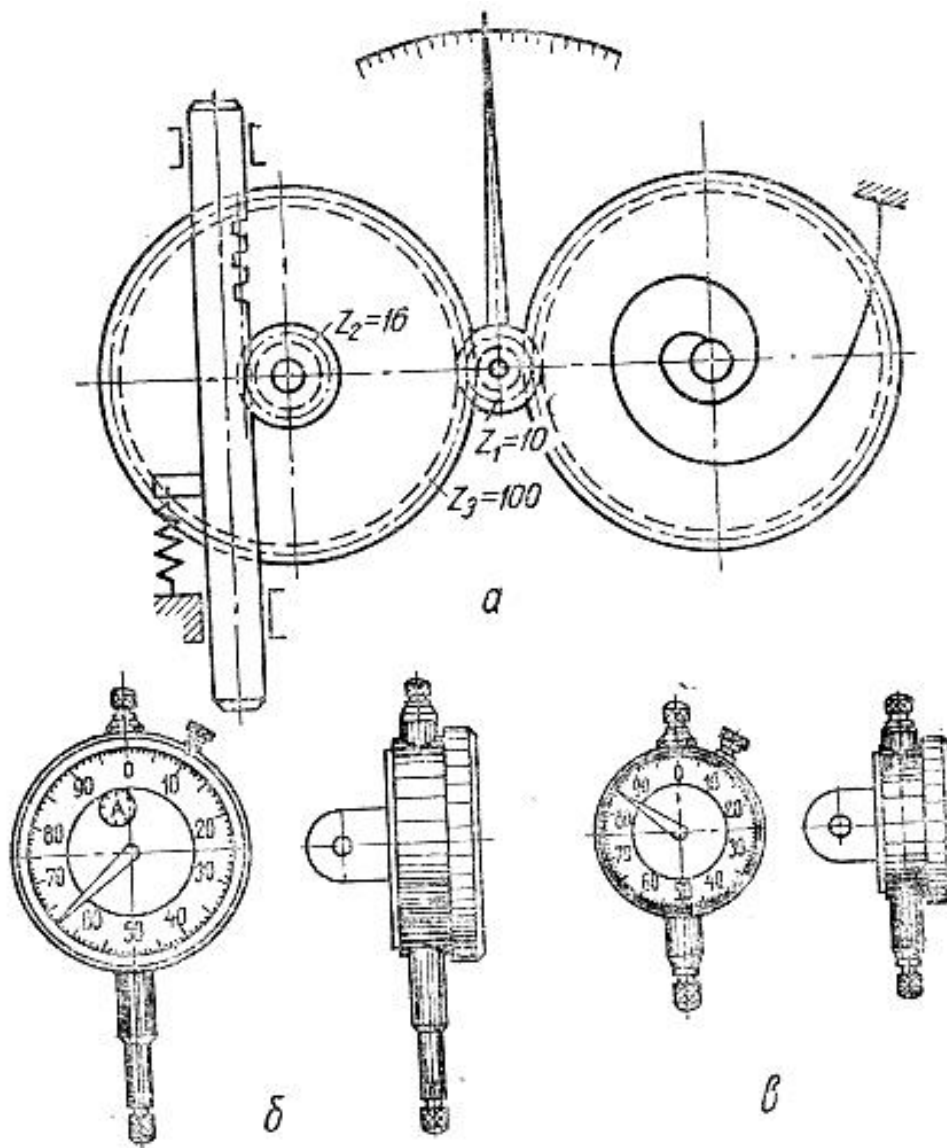
## 2 BOB

### O'LCHOV QURILMALARI

#### 2.1. Richagli-mexanik asboblari

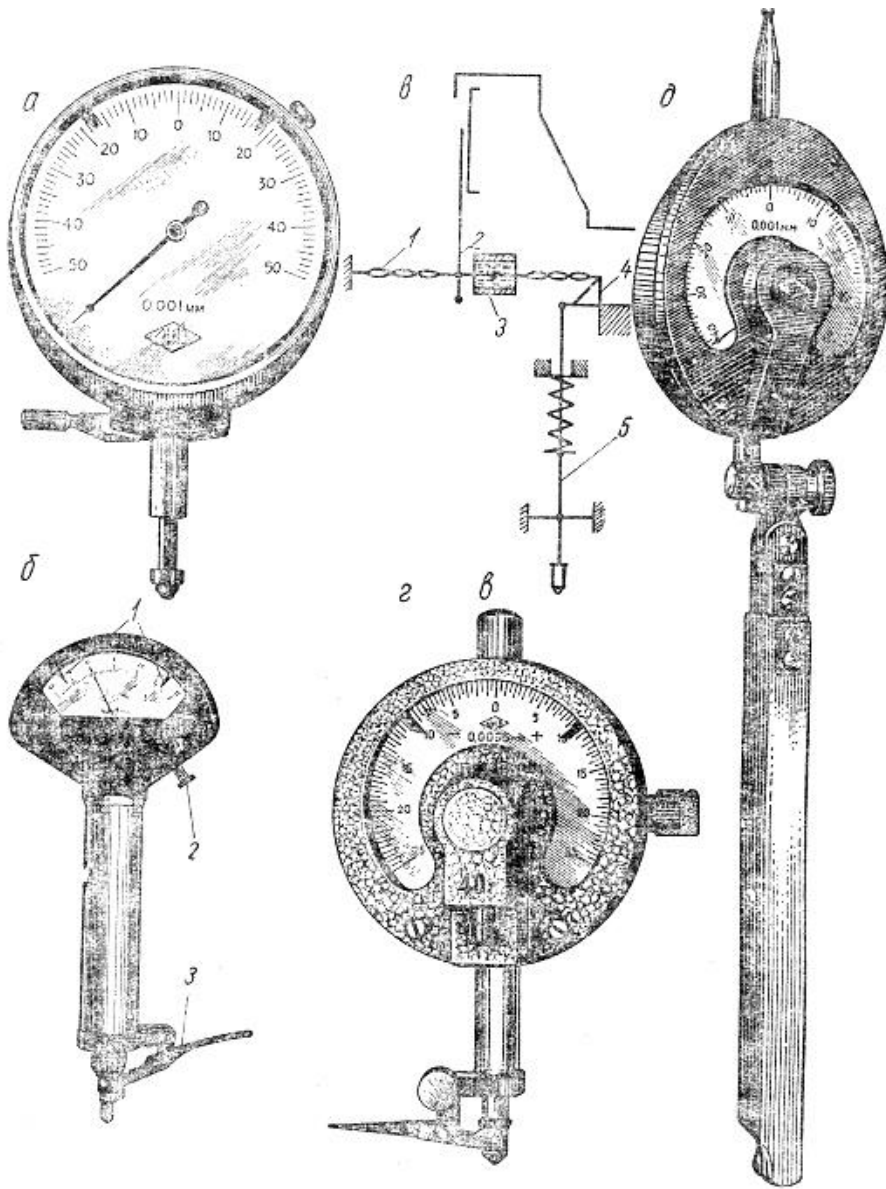
**Richagli-mexanik asboblari** turkumiga indikatorlar, richagli changaklar, indikatorli nutromer va changaklar, o'lchash kallaklari va boshqalar kiradi. Bu asboblarda, mexanizmning uzatishlar sonini orttirib beradigan richagli mexanik moslamalar ishlatilganligi tufayli, yuqori aniqlikda o'lchashlarni bajarish mumkin. Mazkur asboblari asosan nisbiy o'lchashga mo'ljallangan, lekin ularning ayrimlari yordamida mutloq o'lchamlarni ham o'lchash mumkin.

**Indikatorlar** ikki turda: soatsimon, richagli-tishli bo'ladi. Soatsimon indikatorlar, silindrik korpus va unga kiritilgan tishli reykali sterjendan tarkib topadi. Sterjen qabul qilgan chiziqli ko'chish reyka tishlari g'ildiraklar vositasida aylanma strelkaga uzatiladi. Tishli g'ildiraklar tizimi shunday tanlanganki, bunda o'lchash sterjeni 1 mm ga chiziqli ko'chganda strelka bir marta to'liq aylanadi. Indikatorlarning doiraviy shkalasi 100 bo'lakdan iborat bo'lib, 1 bo'lak qiymati 0,01 mm ga teng. Aniqligi 0 va 1 sinfga mansub bo'ladi. O'lchash chegarasi esa 10 mm gacha. Shuningdek, bo'lak qiymati - 0,001 va 0,002, o'lchash chegarasi mos ravishda 1 mm va 2 mm bo'lgan indikatorlar ham amalda ishlatiladi (7.1-rasm).



**1-rasm. Soatsimon indikatorlar**

**Richagli-tishli indikatorlar** 1 mm gacha bo'lgan ko'chishlarni o'lchaydi, shkala birligi 0,01 ga teng. Uning asosini tishli sektorga ega richag va unga tutashtirilgan strelkali tribka tashkil etadi (7.2-rasm).



.2-rasm. Richagly – tishli indikatorlar (o'lchov kallaklari)

Indikatorlar ishlatish eng qulay bo'lgan o'lchash vositalaridir.

## 2.2. Dinamometrlar

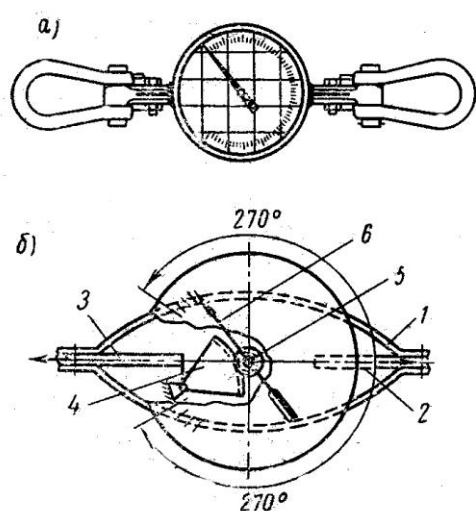
Dinamometrlar qurilish konstruksiyalarini sinashda ishlatiladigan eng muhim vositalardan sanaladi. Ular yordamida konstruksiyalarni sinash paytida zo'riqishlar o'lchanadi, domkratlar va sinov mashinalarning sanoq qurilmalari sozlanadi.

Dinamometrlar ishlash tamoyiliga ko'ra 3 turga bo'linadi:

- prujinali dinamometrlar (DP);
- gidravlik dinometrlar (DG);
- elektr dinometrlar (DE);

7.3 – rasmda prujinali dinometrlarning tuzilishi va tarkibiy qismlari ko'rsatilgan.

Ishchi dinometrlarni sozlash 2 razryad aniqligidagi kuch o'lchash mashinalarida, to'rtinchi sinfdagi donador yuklar vositasida, namunaviy dinamometrlar bilan yuklanish sharoitida taqqoslash orqali yoki sinov mashinasida amalga oshirilishi mumkin.

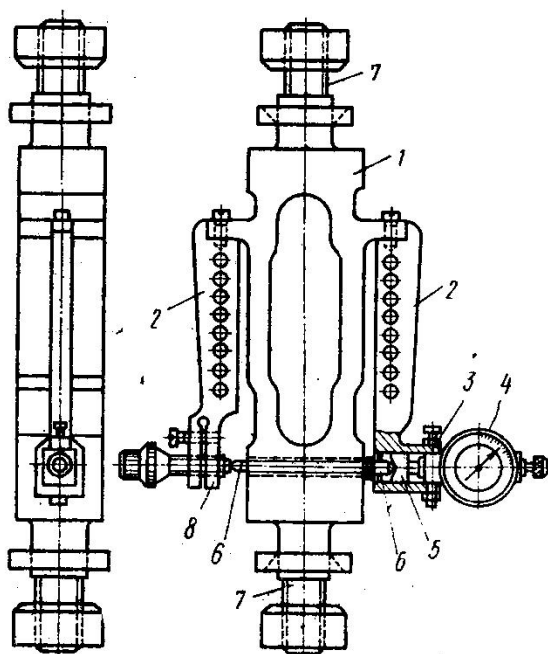


.3-rasm. Prujinali dinamometr:

a – umumiy ko'rinishi; b - knematik sxemasi;

1 – yarim elliptik prujinalar; 2 – korpusga mahkamlangan tortqi; 3 – qo'zg'aluvchi tortqi; 4 – tishli sektor; 5 – tishli g'ildirak; 6 – ko'rsatkich.

Laboratoriya sharoitida dinamometrlarni sozlash uchun N.G.Tokar rusumidagi namunaviy dinamometrlar ishlatiladi (7.4 – rasm).

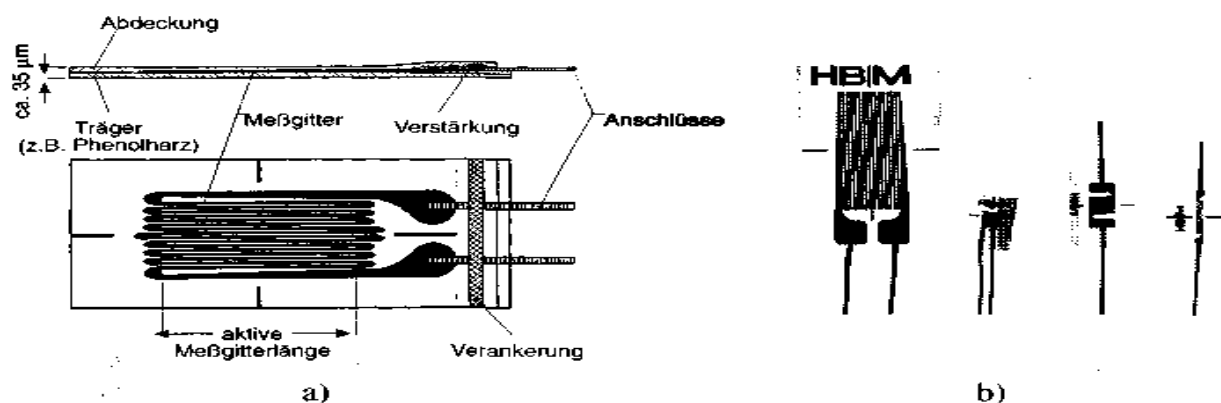


7.4 – rasm. N.G.Tokar rusumidagi namunaviy dinamometrning tuzilishi:

1 – egiluvchan rama; 2 – plastinalar; 3 – xomut; 4 – soatsimon indikator; 5 – uchlik; 6 – po'lat igna; 7 – korpusning yuqori va quyi tayanchlari; 8 – vint.

## 2.3 Plyonkali metall tenzometr

Ma'lumki mexanik deformatsiya ta'sirida utkazgishning qarshiligi uzgaradi. Bu shuni bildiradiki utkazgishning uzi sensorning kushi yoki bosim sifid foydalansa buladi. Amaliyotta utkazgishni qulay bulish uchun diametrin juda kichik qilib olinadi va u elektrlik izolyasiyalangan buladi. Bu bilan elastik jismning deformatsiyasi tenzodatchikke uzgarishsiz beriladi va uning uzi bilan uzgarishi kerak. U yopqa strukturali yoki izolyasiyalangan qalin qatlamli taglikdan turadi va xuddi metall qarshilikdek. Haroratdagi qarshilik uzgarishi uchun qabul qilinadi. 1-rasmda kursatilgan moslamaning qalinligi b-rasmda nisbatan a-rasmda kichikroq.



Rasm 2-1. Metall tenzodatchikning tuzilishi (MTT).

(2 ta izolyasiyalangan taglik orqali kush va bosim uzgarishini urnatqan. Kush va bosim ta'sirida elastik jismda deformatsiya hosil buladi, MTT ga berilgan va unda qarshilik uzgarishi hoil buladi. Agar suzilish qarshilik yulig parallel bulsa uzgarishi uncha kitta bulmaydi. Qarshilik oshishi uchun kupchilik metall yuli bir biridan tug'ri burchakli formada bulishi kerak. )

Metalli tenzodatchiklarda "k" ning kamayishi geometriyalik ulcham bilan ifodalanadi  $k=2$ . Metall tenzodatchikda "ε" elastik diapazonda shegaralangan bulishi kerak, yani uning ulchami 0,1% oshmosligi kerak. Solishtirma qarshilikning uzgarishi  $10^{-3}$  dan kam. Shu sababli kup vaqtlari tenzodatchiklarning geometriyalik uzunligining oshishi tug'ri burchakli formada

buladi. Shunday qilib shu orqali 350[om ] qarshilik standartiga erishamiz. Shu va boshqa sabablarga bog'lik holda metalli tenzodatchiklar 2-rasmdegidek kuprikli sxemada ishlatiladi. Temperaturaga bog'lik kundalang sezgirlikka ega sensorning qarshiligiyeng sosiy muammolarning biri. Metallu tenzodatchiklarda kushsiz signalning uzgarishsiz muxim ma'noli sababga ega bulasiz.

Bu yerda tenzodatchikning harorat koeffisenti  $\alpha_T^R$  (yana  $TK_R$  yoki  $TC_R$  bilan ifodalanadi)  $\alpha_T^E$  bu harorat koeffisenti, Ye taglikning elastik moduli ( $TK_E$  yoki TSE) va buning harorat koeffisenti  $\alpha_T^K$  buladi ( $TK_K$  yoki  $TS_K$ ). Boshqa haroratga bog'lik effektlar tenzodatchik va tagliklarning harorat har xil kengayish beradi. Shunday qilib tenzodatchik va tagliklarda harorat koeffisientining uzilishi  $\alpha_T^{1,S}$  va  $\alpha_T^{1,DMS}$  umumiy halotta haroratga chiziqli bog'likta buladi.

Kundalang sezgirlikka ega optimal tenzodatchiklarda shunga nisbatan haroratlar kuyidagicha kiritilgan.

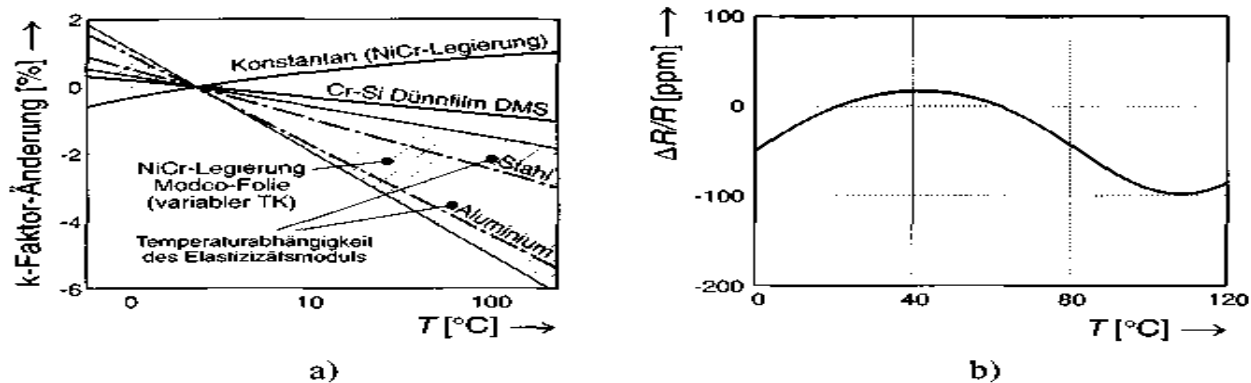
$$\begin{aligned} \frac{\Delta R}{R} &= k \varepsilon = k \left\{ \varepsilon(\sigma) + \Delta \varepsilon_{bimetall} \right\} \\ &= \underset{\substack{\text{Band 1. Abschn.} \\ 3.1 \text{ und } 5.3}}{\bullet} k \left\{ \frac{\sigma}{E(T)} + \left[ \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \Big|_s - \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \Big|_{DMS} \right] \Delta T \right\} \\ &= k \left\{ \frac{\sigma}{E(T)} + \left[ \alpha_T^{1,S} - \alpha_T^{1,DMS} \right] \Delta T \right\} \\ &= \frac{k_o (1 + \alpha_T^k \Delta T)}{E_o (1 + \alpha_T^E \Delta T)} \sigma + k_o (1 + \alpha_T^k \Delta T) \left[ \alpha_T^{1,S} - \alpha_T^{1,DMS} \right] \Delta T \\ &\quad \alpha_T^{1,S} \approx \alpha_T^{1,DMS}; \quad \alpha_T^k \approx \alpha_T^E \end{aligned}$$

Optimal elastik xossalarning kriteriyalari materialning tayanchi bilan ifodalanadi. Shu bilan harorat koeffisenti aniqlanadi.

Pulat, mis –berilliy uchun  $\alpha_T^E = -3 \cdot 10^{-4} \frac{1}{K}$

Alyuminiy qotishmalar uchun  $\alpha_T^E = -6 \cdot 10^{-4} \frac{1}{K}$

2.2 –rasmda har xil k koefitsentlarga ega materialdan tayorlangan tenzodatchilarning elastik modulining haroratga bog'likligi solishtirib kurilgan.



Rasm 2.2 Serpimli jismdagi tenzodatchiklarning harorat xarakteristikasi.

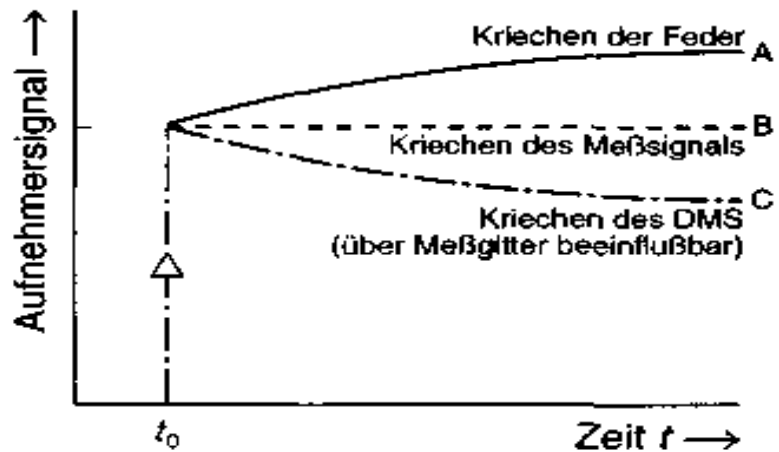
(pulat ,Cu mis –berilliy , CuBe,alyuminiy qotishmasi[4.2])

a) har xil k koefitsentlga ega materiallardan tayorlangan tenzodatchiklarning elastik modulining haroratga bog'likligini pulat va alyuminiy qotishmalar uchun solishtirgan ,keyinchalik NiCr dan tenzodatchik tayorlasa buladi.

b) solishtirma qarshilik uzgarishining optimal haroratga bog'likligi keltirilgan.

Serpimli jismning doimiy foydalanish hisobidan sensor xossalarining har doim uzgarishi hosil buladi.(har doim mexanik kuchlanish ta'sirida deformatsiyasekinlik bilan buladi).

Sensorning xarakteristik keyingi siljishi qisman kompensirlangan buladi.Tenzodatchikning xarakteristikasi uchun qarshi effekt bilan boshqariladi.



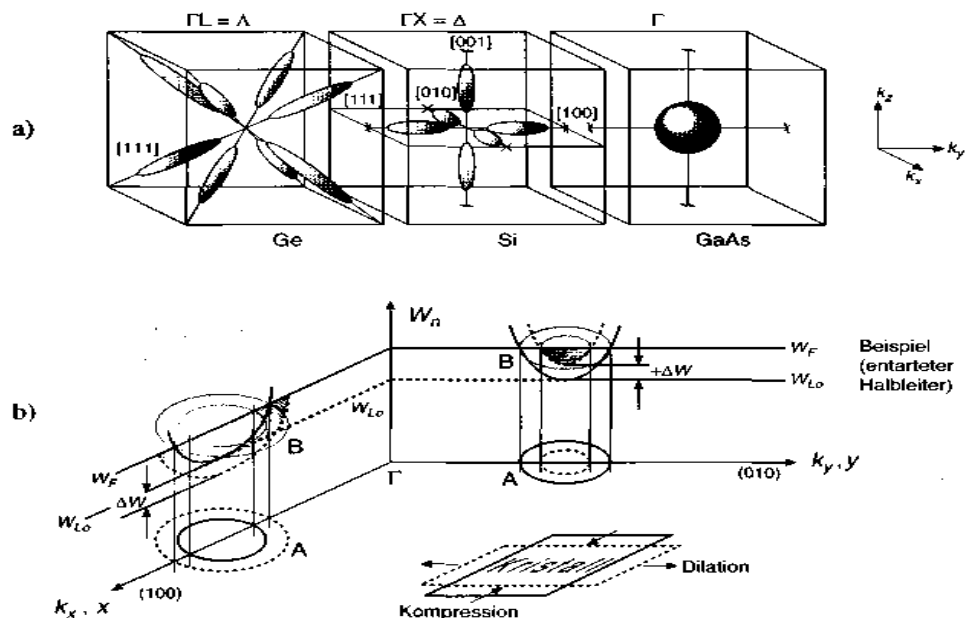
Rasm 2.3 V-chiziq haqiqatan pastta joylashadi. A-chiziq qarshi yunalishda harakatlanuvchi serpimli jismning mexanik sudiralishi. Uzgaruvchang signal asosida sudiraluvchi rejimli tenzodatchiklarda chiziqli dreyf kompensasiyasi. S-chiziq sudiraluvshi rejimda tenzodatchikning uzgaruvchang panjarasi orqali ta'sir etadi. Metallik tenzodatchik plyonkada sintetik materialdan tayorlanadi. Keyingi hoqlagan serpimli jismni epoksid yelim bilan yelimlanadi. Bunda yana sintetik materialdan plyonkani yana urab yelimlash kerak.

Keyin organik tayanchdagi havoning namligining ta'sirin birinchi navbatda etiborga olish kerak. Bunday turdagi tushiqni tashqi gazdan faqat germetik klapan orqali ximoya qilsa buladi.

2.4 rasmda tenzodatchikning plyonkalarining sunniy materialdan tayorlangan prosessi kursatilgan.

## 2.4 Yarimo'tkazgichli tenzodatchiklar

Metalli tenzodatchiklar bilan yarimutkazgishli tenzodatchiklarning bir-biridan farqi "k" koeffitsient uchun 8-ifodada keltirilgan, ifodaning materialdan bog'liqligi geometriyalik ifodaga nisbatan kuproq. Shunday qilib koeffitsient "k" 2 ga nisbatan kuproq ma'noga ega buladi va uzining sensor sezgirligini oshiradi. Sababli tamoyilga kura metalli tenzodatchiklarning kushsiz signallarning uzgarishi yetarli etiborga ega buladi. Keyingi yillari yarimutkazgishlarda pyezoqarshilikli effekt materialga bog'likligini ifodalaydi ya'ni ishki mexanik kuchlanish harakati hisobidan panjaradagi stukturalarning bog'likligining buzilishi ifodalanadi. Uniaksial qisilish aytida 1-1 rasmda kursatilgandek 3-yunalishdagi panjaradagi tuginlar orasidagi masofaning uzgarishi 1-2 nisbatan . Odatta simmetrik fazoga oid yunalish uz-ora ekvivalent bulmaydi. Kvant nazariyaga kura simmetrik panjara sababli oddiy kristalldagi elektronlarning tulqin funksiyasi energetik sathga boshqa tegishli bulmaydi va energetik sathning degenerasiyalashi kamayadi. Bunday effekt aniq hisob kitobi qimmat turadi va tadqiqotning oldingi muammolarida turibdi. Bizlar eksperiment bergan ta'riflar bilan shegaralanishini hoqlaymiz.



**Rasm 3-1.** n-tipli yarimutkazgishlarda pyezoqarshilikli effekt.

Mexanik kuchlanish natijasida 3-1 rasmda kursatilgandek elektronlarning energetik haloti bir birigi nisbatan har xil siljiydi va bu utkazgishning ekvivalentli chiziqdagi

kristallografiyasi bulib hisoblanadi. Agar elektronlar oqimi ishki elektr kuchlanishini hosil qilsa shunda utkazuvchilarning har xil chiziqlari har xil obrazda uzining qissasini yetkazadi.

Bu shunday muhim yechimga keladi: Tarifga kura chiziq stukturalariga mexanik kuglanishning ta'siri shuni kursattiki ,elektr utkazuvchanglik kristallarning yunalishiga bog'lik buladi qachonki elektr toki oqiyatgan vaqtda. Demak utkazuvchanglik anizotrop bulgan u kristall panjaraga nisbatan elektr maydoning yunalishiga bog'lik. Bu ifodada sensorli qarshilik uchun skalyar utkazuvchanglik urniga sensor utkazuvchanglikni oparib kuysak unda kuyidagi bog'lik kelib chikadi.

$$\vec{j}_n \stackrel{(3.3.1-1)}{=} \begin{pmatrix} \sigma_{11}^{sp} & \sigma_{12}^{sp} & \sigma_{13}^{sp} \\ \sigma_{21}^{sp} & \sigma_{22}^{sp} & \sigma_{23}^{sp} \\ \sigma_{31}^{sp} & \sigma_{32}^{sp} & \sigma_{33}^{sp} \end{pmatrix} \vec{E} = |q| \rho_n \begin{pmatrix} \mu_{11}^n & \mu_{12}^n & \mu_{13}^n \\ \mu_{21}^n & \mu_{22}^n & \mu_{23}^n \\ \mu_{31}^n & \mu_{32}^n & \mu_{33}^n \end{pmatrix} \vec{E}$$

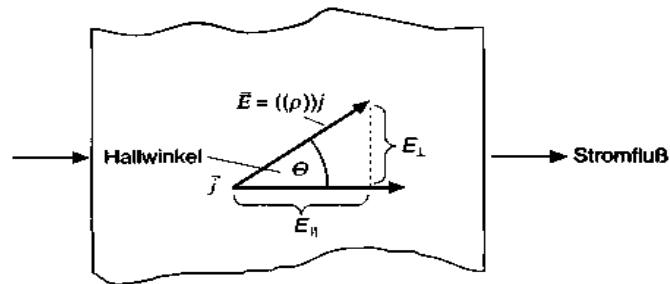
Bunnan ma'lum buldiki  $p_n = p_D$  doimiy konsentrasiyali legirlangan anizotropik utkazuvchangligi tok tashuvchilarning harakatchangligi hisobidan payda buladi. Berilgan ifodadan (1) tenzor diagonalidan tashqari tarkibiy qismlari ham nolga teng bulmasligi kerak.

Tok zichlik vektorining ma'nosi maydon yunalishidagi vertikal tarkibiy qism ya'ni elektr maydondagi tok oqimining vertikal joylashuvi berilgan.

Keyin esa (1) ifodani qarshilik kurnishida yozsak.

$$\vec{E} = ((\rho)) \vec{j} = \begin{pmatrix} \rho_{11}^{sp} & \rho_{12}^{sp} & \rho_{13}^{sp} \\ \rho_{21}^{sp} & \rho_{22}^{sp} & \rho_{23}^{sp} \\ \rho_{31}^{sp} & \rho_{32}^{sp} & \rho_{33}^{sp} \end{pmatrix} \vec{j}$$

Agar oqichtgan tokning tok zichligi  $j$ , u holda moydanning perpendikulyar yunalishida (1) ifodaning analogiyasi material anizotropiyasida sensor qarshiligi nolga teng emas. Ulchov ta'sirini magnit maydon orqali effekt xolldan ajiratib bulmaydi. Shunki u soxta effekt xollni bildiradi.



Rasm 3-1. Anizotropli elektr utkazuvchilikda soxta effekt xoll.

Yarimutkazgishdagi amal qiladigan mexanik kuchlanish uziga xos tenzor qarshiligiga bog'lik. Tenzor kuchlanish ( $\sigma$ ) 6 tarkibiy qism bilan yoziladi.

$$\begin{aligned} \vec{E} = ((\rho))\vec{j} &= ((\rho_{sp}^0 + \delta\rho_{sp}((\sigma))))\vec{j} \\ &= \rho_{sp}^0 \left( \left( 1 + \frac{\delta\rho((\sigma))}{\rho_{sp}^0} \right) \right) \vec{j} =: \rho_{sp}^0 (1 + \Delta((\sigma)))\vec{j} \end{aligned}$$

Biz chuni qabul etishni hoqlaymiz mexanik kuchlanishsiz uziga xos qarshilik tenzor  $\rho_{sp}^0$  tarkibiy qismlari tenzorning g'ar bir alohida tarkibiy qismlari ( $\Delta$ ) boshqa (4) 6 tarkibiy qismga bog'lik buladi. Shunday qilib umumiy holda funksiya bog'likligi poyda bermaydi deb yoziladi. Kup hollarda chiziqli yul bilan soddalashtirsa buladi.

$$\text{mit } \frac{\delta\rho((\sigma))}{\rho_{sp}^0} =: \Delta((\sigma))$$

Tenzorning tarkibiy qismlarin bir indeks bilan yozsa buladi. (Indekslarning kamayaishi Fogta indekslarga kullansak)

$$\left. \begin{aligned} ((\sigma)) &= \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & \sigma_{33} \end{pmatrix} =: \begin{pmatrix} \sigma_1 & \sigma_6 & \sigma_5 \\ \sigma_6 & \sigma_2 & \sigma_4 \\ \sigma_5 & \sigma_4 & \sigma_3 \end{pmatrix} \\ \text{analog: } ((\Delta)) &=: \begin{pmatrix} \Delta_1 & \Delta_6 & \Delta_5 \\ \Delta_6 & \Delta_2 & \Delta_4 \\ \Delta_5 & \Delta_4 & \Delta_3 \end{pmatrix} \end{aligned} \right\}$$

Tarkibiy qismning chiziqli bog'likligi  $\Delta_i$  kuchlanish tenzorining 6 ta tarkibiy qismi bilan ifodalasak buladi.

$$\bar{\Delta} = \begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \Delta_3 \\ \Delta_4 \\ \Delta_5 \\ \Delta_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \pi_{13} & \pi_{14} & \pi_{15} & \pi_{16} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \pi_{23} & \pi_{24} & \pi_{25} & \pi_{26} \\ \pi_{31} & \pi_{32} & \pi_{33} & \pi_{34} & \pi_{35} & \pi_{36} \\ \pi_{41} & \pi_{42} & \pi_{43} & \pi_{44} & \pi_{45} & \pi_{46} \\ \pi_{51} & \pi_{52} & \pi_{53} & \pi_{54} & \pi_{55} & \pi_{56} \\ \pi_{61} & \pi_{62} & \pi_{63} & \pi_{64} & \pi_{65} & \pi_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{pmatrix} = ((\pi)) \bar{\sigma}$$

$((\pi))$ -tenzorning pyezoqarshilik doimisi. Yarimutazgishlar uchun kublik simmetriyadan dimant-sink strukturaga soddalashtirsak .

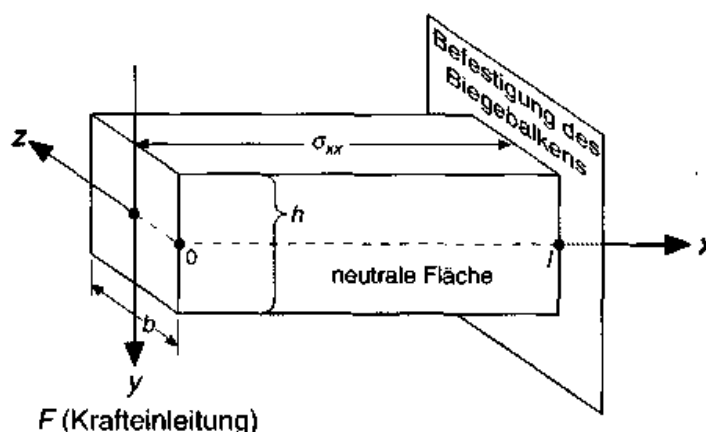
$$((\pi)) = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \pi_{12} & 0 & 0 & 0 \\ \pi_{12} & \pi_{11} & \pi_{12} & 0 & 0 & 0 \\ \pi_{12} & \pi_{12} & \pi_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{44} \end{pmatrix}$$

# ASOSIY QISM

### III BOB Asosiy qism

#### 3.1 Bosimning rezistiv sensorlari uchun qayishqoq jismlar

Ko'pgina qo'llanilishlar uchun yupqa tenzodatchiklar makroskopik jismlarga (qayishqoq jism) o'rnatiladi. Mexanik kuchlanish va sirtning cho'zilish holati tenzodatchiklarga uzatiladi. Tenzodatchik yordamida jismni deformatsiyalanishiga olib kelgan kuch kattaligini o'lchashni xoxlasak, ta'sir qiluvchi kuchga bog'liq ravishda qayishqoq jismning aniq deformatsiya holatini bilash kerak bo'ladi. Kuch va bosim sensorlarini ishlab chiqarish uchun boshlang'ich nuqta tashqi amal qiluvchi mexanik yuklamaga bog'liq ravishda qayishqoq jism uchun sochilish tenzorini (holatga bog'liq bo'luvchi) hisoblash bo'ladi. Standart qo'llaniladigan qayishqoq jism bir tomonlama mahkamlangan egiluvchan balkadir (5-1 rasm). (1) va (2) ifodalarda ko'rsatilganidek, normal (etalon)  $\sigma_{xx}$  egiluvchan balkaga qo'yilgan kuch nuqtasidan o'lchash nuqtasi orasidagi masofaga, neytral tekislikdan bo'lgan masofaga bog'liq bo'ladi. Past va yuqori yo'nalgan yuzalar  $\sigma_{xx}$  qarama qarshi qiymatga ega bo'ladi. Bu dalilni tenzodatchik ko'priklari sxemasiga ulangan bo'lsa, sezgirlikni oshirish va xalaqitlarning ta'sirini kamaytirish uchun ishlatilishi mumkin (5-2-rasm)

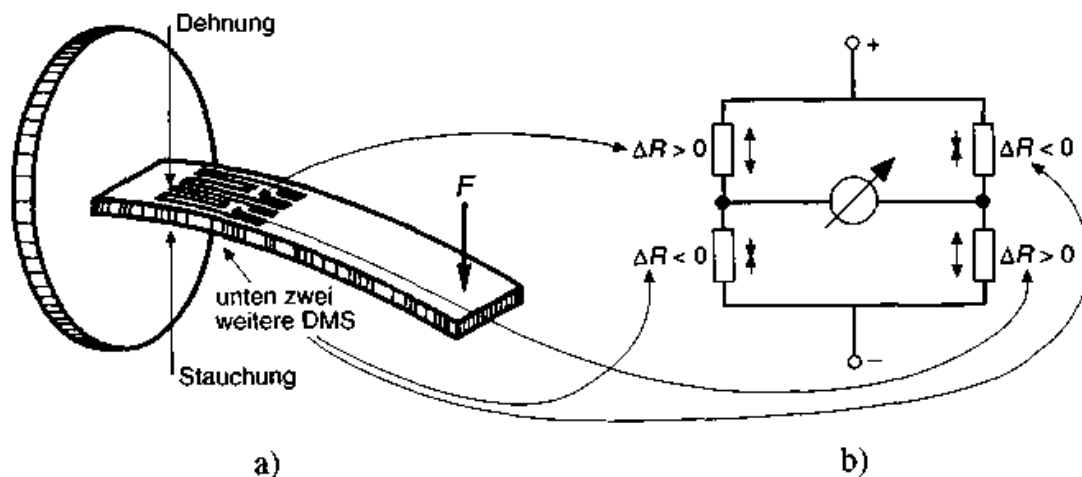


5-1- rasm. Qayishqoq jism sifatida bir tomonlama osilgan egiluvchan balka

Tenzodatchiklarni joylashtirishdagi texnologik kamchilik, 5.2 – rasmda ko'rsatilganidek, tenzodatchik egiluvchan balkaning qarama qarshi tomonida bo'ladi. U ikkita yopishtirish jarayonini talab etadi va ular egiluvchan balka

bo'ylab joydan kuchlanishga bog'liqligi tufayli bir biriga yaxshi rosilangan bo'lishi kerak.

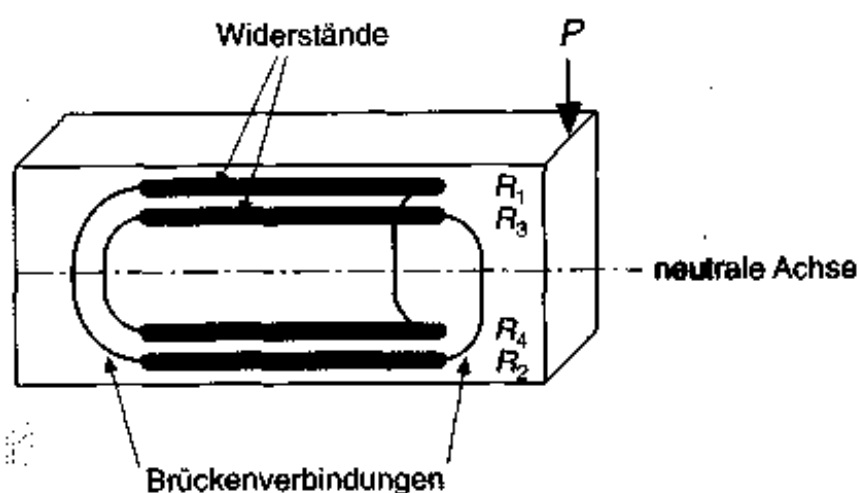
Amaliyotda 5.4 – rasmda ko'rsatilganidek qayishqoq jismning maxsus konstruksiyasi ishlatiladi.



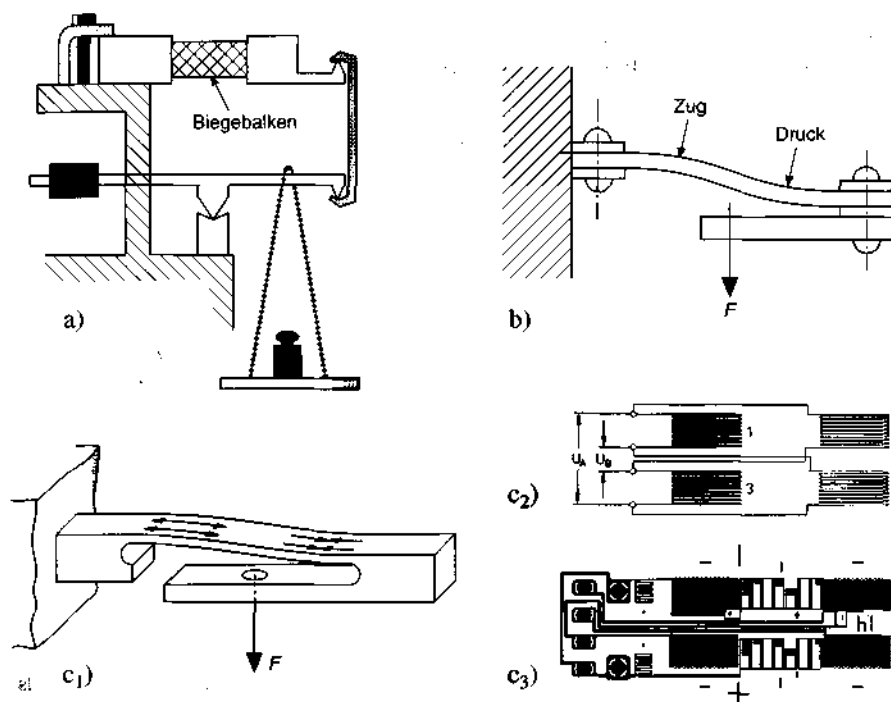
5.2 – rasm. Bir tomonlama qotirilgan egiluvchan balka ko'rinishida tayyorlangan qayishqoq jismdagi tenzodatchik

- a) balkaning yuqori va pastki tomonlariga ikkita bir xil tenzodatchiklar o'rnatiladi.
- b) to'rt tenzodatchiklarni Uitston ko'prigi sxemasi bo'yicha elektr montaji.

Bunda kuchlanish tufayli o'zgargan qarshilik umumiyashtiriladi. Bir hil qiymatli qarshilik o'zgarishi, masalan harorat tufayli. Bunday usulda ulash orqali tenzodatchikning qarshiligi oshiriladi.



5.3 – rasm.. Tenzodatchiklarning joylashuvi



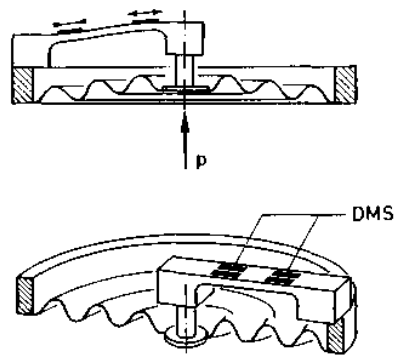
5.4 - rasm. Kuchni o'lchash uchun egiluvchan balkadan foydalanish (masalan, o'lchash texnikasi)

a). To'rta tenzodatchiklardan tashkil topgan o'lchash ko'prigi alohida tomonga o'rnatilishi mumkin.

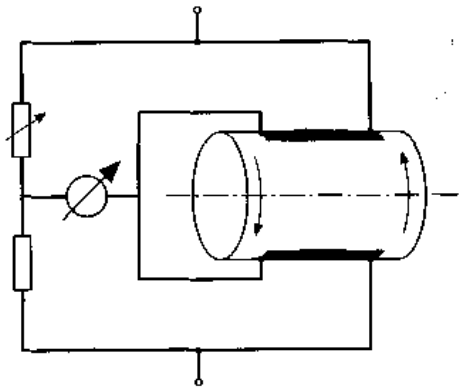
s) b) dagi qayishqoq jism alohida ishlov berilgan maxsulot sifatida tayyorlanadi ( $s_1$ ), mazkur tenzodatchikning o'lchash ko'prigiga mos keluvchi o'lchamlar qayishqoq jism ( $s_2$ ) shakli moslashtirilgan bo'ladi. Yakuniy loyihada tenzodatchikning strukturasi ( $s_3$ ) qarshiliklar egiluvchan balkali kuch sensorining konstruksiyasi: Bunday joylashuvda o'lchanayotgan kuch egiluvchan balkaga ma'lum bir yo'l bilan yo'naltiriladi (boshqa joylashuvlarda bu muammolidir)

b) yassi egiluvchan prujinani simmetrik elastik deformatsiyali og'irlik sensori: egiluvchan balkaning yuqori va pastki qismidi xam kengayish sohasi, ham qisilish sohasi paydo bo'ladijamlamasiga integrallashgan bo'ladi.

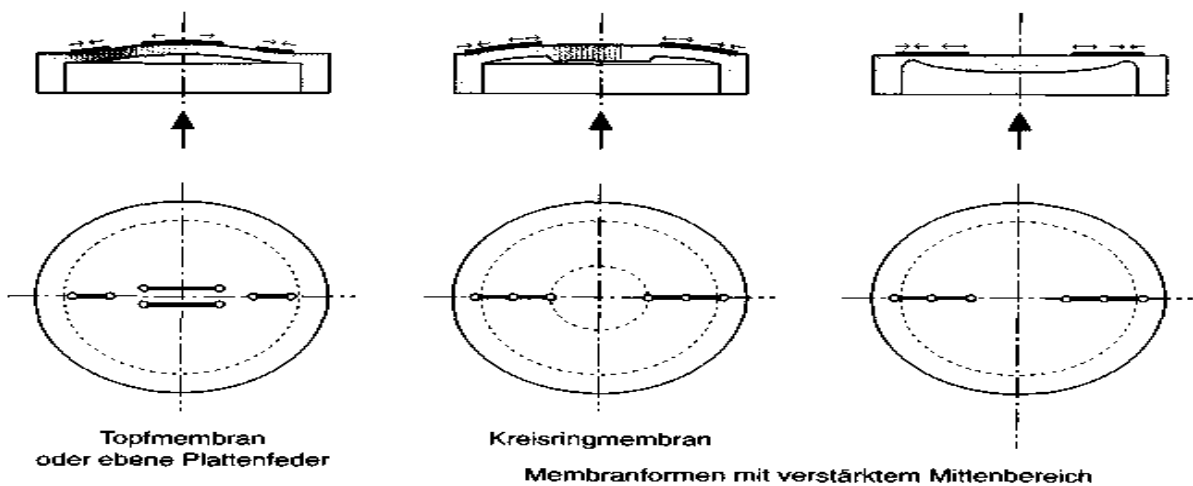
Bosimni o'lchashda egiluvchan balkadan foydalanilganda (bosimni o'lchash texnikasi) bosim dastlab kuchga o'zgartirilishi kerak. Bu ish bosim membranasida amalga oshiriladi (5.6 - rasm).



5.5 – rasm. Egiluvchan balka sensori bilan bosimni o'lchash  
 Egiluvchan balka o'rniga ixtiyoriy shakldagi boshqa egiluvchan jism ishlatilishi mumkin. Elastiklik rejim odatda katta qiyinchilik bilan hisoblanadi. Aylanuvchi momentni o'lchashda silindr yoki val ishlatiladi. Bunda elastik deformatsiya toza chiziqshastirish orqali amalga oshiriladi.



5.5 – rasm. Tenzodatchiklar yordamida aylanuvchi momentni o'lchash  
 Ravshanki 5.5-rasmda ko'rsatilganidek bosimni o'lchashda tenzodatchikni bevosita bosim membranasiga joylashtirilishi kerak. Bunda membranalarning turli shakllari ishlatilishi mumkin.

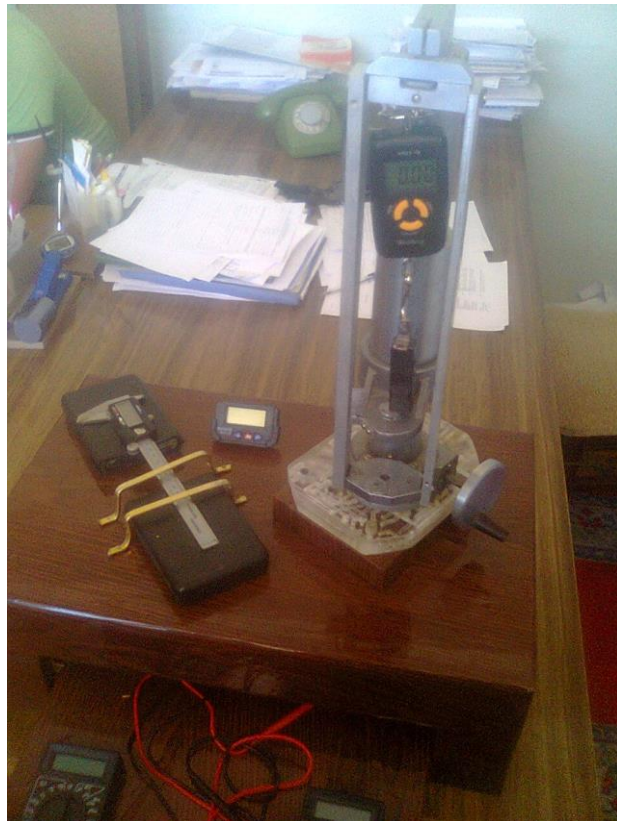


5.6 – rasm. Bosim sensori uchun membrana shaklli

### 3.2 Bosimni urganish krulmasi







XULOSA

## XULOSA

Vozmozhnosti izmeritelnoy tekhniki vseгда ogranicivayetsya pervichnymi preobrazovatelyami ili chuvstvitelnymi elementami. Poetomu v usloviyax bystro razvivayushchisya izmeritelnoy tekhniki byla i ostayotsya problema chuvstvitelnosti elementa, resheniye kotorogo trebuyet issledovaniya novyx materialov.

Kak izvestno soprotivleniye provoda izmenyayetsya pod vliyaniem mexanicheskoy (preimushchestvenno elastichnoy) deformatsii. Eto oznachayet, chto sam provodnik mojet primenyatsya v kachestve sensora usiliya (sily) ili davleniya. V praktike boleye udobnym yavlyayetsya vypolneniye provoda v vide tonkogo provoda kotoryy zakreplyayetsya elektricheski izolirovannym promejutochnym sloyem na deformiruyushchemsya ili uprugom tele. Pri etom elastichnaya deformatsiya uprugogo tela doljna peredavatsya po vozmozhnosti bez izmeneniy na tenzodatchik i izmeryatsya cherez nego. Oni sostoyat iz strukturirovannogo tonkogo ili tolstogo sloyev na izolirovannoy podlojke, kak metallicheskiye soprotivleniya, primenyayemye dlya rezistivnogo izmereniya temperatury.

Razrabotka i sozdaniye novyx laboratornykh priborov po fizike s ispolzovaniyem prostykh metodov yeshche svoyu neobxodimost ne poteryalo, poskolku ix funktsionalnyye vozmozhnosti yeshcho do konsa ne ispolzovany.

Razrabotka, prostykh i deshevyykh laboratornykh ustanovok dannoye vremya yavlyayetsya neobxodimoy i aktualnoy problemoy ne tolko shkol i liseyev i kolledjey no i vysshix uchebnykh zavedeniy poetomu studentom vybran aktualnaya problema i sozdannyy laboratornyy ustanovka naydyot svoego potrebitelya.

# HAYOT FAOLIYATI XAVFSIZLIGI

## ***HAYOT FAOLIYATI XAVFSIZLIGI***

Bitiruv ishining bu qismida ishlash jarayonida *hayot faoliyatining xavfsizligini taminlash chora-tadbirlari ko'rib chiqiladi.*

*Hayot faoliyati deb insonni har kungi faoliyati, dam olishi, yashash tarziga aytiladi.*

Insonlarni texnosferadagi faoliyatining xavfsizligini asoslarini o'rganishga kirishishni avvalo tirik mavjudotlarning o'zaro va atrof-muhit bilan bir-biriga munosabati to'g'risidagi umumiy bilimlarda HFXni o'rnini bilishdan boshlash kerak.

Ba'zi bir texnologik jarayonlar, masalan, parchinlash, pnevmatik asbob bilan qo'yilgan asboblarni va qolipga solingan narsalarni kesish, shtampovka qilish, qo'yilgan buyulmlarni barabanlarda tozalash, motorlarni sinab ko'rishdagi shovqinlar faqat eshitish organigagina yomon ta'sir qilib qolmay balki ishchining asab sistemasiga ham yomon ta'sir ko'rsatadigan qattiq ovoz chiqaradi. Shuning uchun ham ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan shovqinlarga qarshi kurashish professional gigiyenaning jiddiy vazifalaridan hisoblanadi.

Hozirgi zamon texnika taraqqiyoti davrida sanoat korxonalarida shovqinga qarshi kurash masalalari muhim masalalar qatoriga kiradi. Bu masala asosan mashinasozlik sanoatida, transport vositalarini ishlatishda va energetika sanoatida juda jiddiy masala bo'lib turibdi.

Suyuqlik va gazlarning kar xil qurilmalar va idishlar, truboprovodlar ulangan qismlari orqali sizib chiqmasligini taminlash zich yopilganlik deb ataladi.

Zich yopilganlik asosi qurilma ichidagi maxsulot tashki muxitdan butunlay ajratilgan xolatda bo'ladi. Bunday xolat xar kandy gaz va suyuklik bilan ishlaganda zarurat xisoblanadi. Shuningdek bu xolat xavosiz muxitda xam ko'llaniladi. Zich yopilganlik asosida suyultirilgan gazlar saklovchi idishlar, bug xosil kilish kozonlari, sikilgan xavoni bazi bir sanoat maksadlarida foydalanish uchun yiguvchi xajmlar (resiverlar) va boshkalarini misol tarikasida ko'rsatish mumkin.

Zich yopilgan bunday idish va kurilmalardagi gaz va suyakliklar katta bosim ostida, yukori xaroratda yoki juda past, xattoki absolyut xaroratga yakin va undan past bo'lgan xaroratga ega bo'lishi mumkin. Shuningdek bu xolat kattik xavosizlantirilgan bo'ladi.

Birmuncha xolatlarda zich yopilganlik xolatining buzilib ketishi fakatgina texnik nuqtai nazaridangina nomakbul bo'lmasdan balki xavfli vaziyatlar vijudga keltirib, sanoat korxonasi uskunalari va u yerda ishlayotganlar uchun xavfli bo'lishi mumkin.

Bunday xolatning vujudga kelishiga zich yopilgan idishda saklanayotgan gaz u yerdan sizib chiqishi natijasida, agar u yerda asetilen gazi saklanayotgan bo'lsa, unda ajralib chikkan gaz xavo bilanaralashib yengilgina uchkundan alangalanib ketishi yoki portlashi mumkin. Agar yonayotgan gaz uzok vakt sezilmasa, unda idishning kizib ketishi natijasida undagi asetilen o'z - o'zidan yonib ketishi va bu portlashga olib kelishi mumkin.

Agar zich yopilganligi buzilib 15 mm ga yakin teshik xosil bo'lsa, bosimi 20 MPa ga teng bo'lgan idishdan otilib chikayotgan okim xosil kilgan reaktiv kuch 3,5 kN ni tashkil kiladi va bu kuch 70 kg ogirlikdagi balonga 5,9 m/s boshlangich tezlanish berishi mumkin. Bu tezlanish balonni bir necha metr masofaga siljishiga olib keladi.

Malumki, xamma suyaklik va gazlar bir joydan ikkinchi joyga quvirlar orkali yuboriladi. DAVSTga asosan kuvirlar orkali yuborilayotgan moddalarga karab, turli ranglar bilan ajratib ko'yiladi.

1. Suv - yashil
2. Bug - kizil
3. Xavo - ko'k
4. Yonadigan va yonmaydigan gazlar - sarik
5. Kislotalar - to'k sarik
7. Ishkorlar - binafsha rang
8. Yonadigan va yonmaydigan suyakliklar - jigarrang
9. Boshka moddalar - kulrang

Kuvirlardagi xavfni anik ko'rsatish maksadida ularga ogoxlantiruvchi rangli xalkalar tushiriladi. Masalan kizil rangdagi xalka kuvir orkali yonginga, portlashga xavfli yengil alanganuvchi modda, yashil rangdagisi - xavfsiz inert modda, sarik - zaxarlimodda. Bundan tashkari sarik xalka boshka turdagi xavf xolatlariga xam ko'yilishi mumkin: masalan kuchli xavosizlantirilgan, yukori bosim, radioaktiv moddalar va boshkalar.

DAVST ga asosan sanoat korxonolari uchun kerak bo'ladigan gazlarni suyultirilgan va yukori bosimdagi xolatida saklash imkoniyatini beradigan ballonlarni kam xajmli - 0,4 - 12 l, o'rtacha 20 - 50 l va katta xajmlilari 80 - 500 l kilib belgilangan. Ballonlarning kam va o'rtacha xajmlari, agar ularning ishchi bosimlari 10, 15 va 20 MPa atrofida bo'lsa, uglerodli po'latdan, yukori bosimdagilari esa sifatli nikel, xrom va boshka metallar ko'shilgan po'latdan tayyorlanadi.

Ballonlarga to'ldirilgan gazlarni bir birlaridan farklash uchun ularni malum ranglar bilan bo'yaladi. Shuningdek kerakli belgilar ko'yilib, gazning nomi yozib ko'yilishi mumkin. Bundan tashkari ballon bo'gzining tekis kismiga tayyorlangan zavodning tovar belgisi, tayyorlangan oyi va yili, sinalgan vakti va Gosgortexnadzor koidalariga asosan keyingi sinash davri yozib ko'yiladi.

### 1-jadval

#### Ballonlarning (maxsus idish) rangining farqlanishlari

Gaz	Ballon rangi	Yozuv matni	Yozuv rangi	Chiziqlari rangi
Azot	Qora	Azot	Sariq	Jigar rang
Ammiak	Sariq	Ammiak	Qora	-
Texnik argon	Qora	Texnik argon	Ko'k	Ko'k
Asetilen	Oq	Asetilen	Qizil	-
Butan	Qizil	Butan	Oq	-
Vodorod	To'q ko'k	Vodorod	Qizil	-

Havo	Qora	Siqilgan áavo	Oq	-
Kislorod	Havorang	Kislorod	Qora	-
Karbonat kislota	Qora	Karbonat kislota	Sariq	-
Xlor	Himoya rangida	-	-	Ko'k
Boshqa yonuvchan gazlar	Qizil	Gaz nomi	Oq	-
Boshqa yonmaydigan gazlar	Qora	Gaz nomi	Sariq	-

Germetik yopiladigan qurilmalardan tashqari avtoklavlar<sup>1</sup>, kompressorlar<sup>2</sup>, qozonlar kabilardan foydalaniladi.

---

<sup>1</sup>**Avtoklavlar** – germetik qurilmalar xisoblanib, turli xildagi kimyoviy va issiqlikdagi jarayonlarni bosim ostida amalga oshirishga mo'ljallangan.

<sup>2</sup>**Kompressorlar** – ustroystva dlya polucheniya sjatogo vozduxa davleniyem svishe  $3 \cdot 10^5$  Pa dan ortiq bosimdagi siqilgan áavoni olish uchun qo'llaniladigan maxsus qurilmalar xisoblanadi.

Ballonlar to'ldirish joylarida ularning ichki bosimi 0,05 MPa dan kam bo'lmasligi kerak. Chunki koldik gaz ballondagi kandy gaz borligini aniklash imkonini beradi. Agar ballon asetilen uchun mo'ljallangan bo'lsa, unda koldik gaz 0,65 MPa dan kam va 0,10 MPa dan ortik bo'lmasligi kerak. Malum mikdordagi gazning bo'lishi unda kandy gaz borligini aniklashdan tashkari idishning zich yopilganligini kafolatlaydi va shuningdek idishga tashki xavoning kirib, xavfli vaziyat vujudga keltirmasligini taminlaydi.

Suyultirilgan va yukori bosim ostida sikilgan gazlarni saklash idishlari xilma - xil tuzilishga va xajmga ega bo'ladi. Ularning asosan bir yerga o'rnatilgan va xarakatlantirib yurgizish uchun mo'ljallangan turlari bo'ladi.

Bosim ostida ishlaydigan idishlarga bug xosil kilish va suv isitish kozonlari, kompressorlar, xamma turdagi gaz ballonlari, bug o'tkazgichlar va yukori bosimli gazlarni o'tkazuvchi kuvirlar kiradi.

Sanoat korxonalarida ishlatiladigan katta bosimdagi idishlarning zich yopilganligining buzilishi natijasida fizik va kimyoviy portlash xavfi vijudga keladi.

Masalan oddiy xavo bosimida suv 100 °S da kaynaydi. Agar biz shu suvni berk kzonda kizdirsak unda uni bosib turgan par xisobiga kaynash to'xtab koladi. Yendi suvni kaynashi uchun ko'shimcha issiklik berilishi kerak. Suv 6 . 10<sup>5</sup> Pa bosim ostida 169 °S, 8 . 10<sup>5</sup> Pa da 171 °S, 12 . 10<sup>5</sup> Pa da 180 °S da kaynaydi.

Agar 180 °S xaroratda kaynayotgan suv bugini sarflab borsak, unda suv to 100 °S ga yetkuncha buglanish davom etadi. Agar biz bug sarfini oshirsak, yani kozondagi bosimni kanchalik tezlik bilan kamaytirsak buglanish shunchalik tezlashadi.

Demak xar kandy bug xosil kiluvchi yoki suv isitish kozonlarida 100 °S dan ortik xarorat ostida bo'lgan suv o'zida katta energiyani mujassamlagan bo'ladi va biz suv buglanganda suvga nisbatan 1700 marta ortik xajmni egallashini xisobga olsak, bu energiyani nazorat ostidan chikarish kandy okibatlarga olib kelishi anik. Shuning uchun katta xaroratga ega bo'lgan kozonda zich yopilganlikning kichik mikdordagi teshigi orkali nixoyatda katta kuch bilan bug otilib chikishiga olib keladi. Bu o'z navbatida reaktiv kuch xosil kiladi va kurulmaning butunlay buzilib ketishiga olib keladi. Demak kurilmaga xavf tugdiruvchi kuch bu suv yuzasidagi bug emas, balki uning ostidagi 100 °S dan ortik kizdirilgan suvda mujassamlangan kuvvat xisoblanadi.

60 kg isitilgan suv yuzasidagi bugning bosimi 5 . 10<sup>5</sup> Pa bo'lsa, unda 1 kg porox portlagandagicha energiya jamlangan xisoblanadi.

Xavo kompressorlari, shuningdek xavo tarkibidan moysimon moddalar tushishi natijasida bu moddalarning parchalanishi va xavo tarkibidagi kislorod bilan birikib, portlovchi aralashma xosil qilishi mumkin. Buunday moylarning parchalanishiga va xavfli birikmalar xosil qilishiga kompressor ishlagan vaqtda xavoning sikilishi natijasida katta miqdorda ajralib chikadigan issiklik sababchi bo'ladi.

Gazlarning sikilish xolati kuyidagi konuniyat asosida boradi:

$$P \cdot V = \text{const}$$

Yani xavo xajm darajasini kisib kancha kiskartirsak xavo bosimi shuncha darajaga ortadi.

Shunday kilib porshenli kompressor va xavo yigish kurilmalarini ishlatish vaqtida paydo bo'lishi mumkin bo'lgan portlashlar asosan kuyidagi sabablarga ko'ra ro'y beradi: kompressor porshen\_8 devorlari va boshka xavo yo'llarining kizib ketishi; moylovchi yoglarning buglanib yonib ketishidan portlashga yo'l ko'yilishi mumkin bo'lgan miqdordan ortik bosimdagi xavo yigish; changlangan va ifloslangan xavoni so'rishda yonuvchi gazlar aralashmasining o'tib ketishi; xavfsizlik jixozlarining ishlamasligi.

Ballonlar eskirib zanglagan joylarining bo'lishi xam portlash sababchisi bo'lib xizmat kiladi. Shuning uchun kislorod ballonlari to'ldirishdan oldin maxsus suyuqliklar bilan yuvib yuboriladi ( dixloreten, trixloreten ).

Ballonlarning portlashi yanglishib bir gaz o'rniga boshka gazni to'ldirishda xam ro'y berishi mumkin. Shuning uchun xam gaz ballonlari anik ranglar bilan belgilab ko'yilgan bo'ladi. Masalan kislorod balloni xavo rangga bo'yalib "kislorod" deb yozilgan yozuv kora rangda bo'ladi. Asetilen balloni ok rangga bo'yalib, yozuvi kizil bo'ladi va x. k.

## BOSIM OSTIDA ISHLAYDIGAN IDISHLARGA QO'YILADIGAN ASOSIY TALABLAR

Bosim ostida ishlaydigan idishlardan foydalanganda ularning xavfsizliklarini taminlashga karatilgan chora - tadbirlarni ko'llash maksadga muvofikdir. Bosim ostida ishlatiladigan idishlar fakatgina ballonlardangina iborat

bo'lmagan, ularning nixoyatda yirik va katta xajmli turlari xam xilma - xil bo'lib, ularni bir joyga mukim o'rnatib, foydalaniladi. Bunday mukim o'rnatilgan idishlar portlaganda juda katta baxtsizliklar, binolarning vayron bo'lishi, kishilarning jaroxatlanishi mumkin. Shuning uchun xam bosim ostida ishlatiladigan idishlarning xajmi kandy bo'lishidan katiy nazar ularning tuzilishi pishik bo'lishi, ishlatganda xavfsizlikni taminlashi va uning xolatini tekshirib turish imkoniyatini berishi kerak. Shuningdek ularni tamirlash, xavo yordamida yoki suyukliklar bilan yuvib tozalash imkoniyati mavjud bo'lishi kerak. Issik gazlar bilan kizishi mumkin bo'lgan idishlarning tashki devorlari maxsus sovitish tizimiga ega bo'lishi va yo'l ko'yilishi mumkin bo'lgan xaroratdan oshib ketmasligini taminlashi kerak.

Mukim o'rnatilgan bosim ostida ishlatiladigan idishlar elektr tizimlari bilan jixozlangan bo'lsa, unda ular va ularning yerga ulash kurilmalari PUYe talablariga javob berishi shart.

Bunday idishlarni tayyorlashda va ishlatishda Gosgortexnadzor tomonidan ishlab chikilgan maxsus chegaralovchi koidalarga amal kilinishi xavfsizlikning asosi xisoblanadi. Bu koidalar kuyidagi portlash xavfi bilan belgilanadigan bosim ostida ishlatiladigan idishlar va kurilmalar uchun tasis kilingan:

1) 70 kPa (0,7 ati) dan ortik bosim ostida ishlatiladigan idishlar va zich yopiladigan kurilmalar;

2) 50 °S xaroratda 70 kPa dan ortik bosimga ega bo'lgan yoki shunday bosim yordamida bo'shatilishi zarur bo'lgan suyultirilgan gaz bilan to'dirilgan bochka va sisternalar;

3) 70 kPa dan ortik ishchi bosimga ega bo'lgan kisilgan, suyultirilgan va eritmalar tarkibidan ajralib chikayotgan gazlar saklanadigan ballonlar;

4) Yukori xaroratda issik suv yoki bug tayyorlash uchun ishlatiladigan kozonlar (bosim kandy bo'lishidan katiy nazar);

5) Sikilgan gaz tayyorlash kompressorlari;

6) QO'yuvchi bo'lmagan, zaxarsiz va portlashga xavfi bo'lmagan moddalarning tashki yuzasi 200 °S, keltirilgan xajmi ( V, l) ni bosimga ko'paytmasi 1000 l . MPa dan ortik bo'lmagan bosim ostida ishlaydigan

idishlarning yukorida ko'rsatilgan xaroratda  $R \times V$  ko'rsatgichi 50 l x MPa dan ortik bo'lgan idishlar QO'zbekiston Respublikasi Gosgortexnadzori organlari tomonidan ro'yxatga olinadi.

Idishlar ko'rinishi fayzli, ishlatishga kulay va mustaxkam, xavfsizligi to'la taminlangan bo'lishi, ochib tozalash va tamirlash imkoniyatini berishi kerak. Mukim o'rnatilgan idishlar "Yelektr kurilmalarini o'rnatish koidalari" asosida yerga ulangan bo'lishi kerak.

## BOSIM OSTIDA ISHLOVCHI IDISHLARNING SAKLOVCHI KURILMALARI

Bosim ostida ishlovchi idishlarning bosimi yo'l ko'yilishi mumkin bo'lgan chegaradan ortib ketmasligini taminlash uchun xar xil saklovchi kurilmalardan foydalaniladi. Bularga texnologik kuvirlarga o'rnatilgan va bosim malum darajadan ortib ketganda o'z-o'zidan berkilib kolishni taminlaydigan klapanlar, saklovchi kurilmalar, bosimni mutadillashtirish vositalari va teskari klapanlar kiradi.

Maxsus saklovchi kurilmalar katoriga sitilib yoki ko'chib ketishi natijasida favkulodda xolatni bartaraf kilsada, lekin o'zi xam ishdan chikkanligi sababli ishlatishga yaroksiz xolga keladi.

Xar xil bosim ostida ishlaydigan idishlarning xavfsizligini taminlashda ishlatiladigan saklovchi kurilmalar u yerdagi sharoitni xisobga olgan xolda va deyarli xar kandy nokulay xolatlarda xam xavfsizlikni taminlaydigan tartibda tanlab olinadi. Saklovchi kurilmaga ko'yiladigan asosiy talablardan biri bu kurilmaning berkitilgan xolatida zich berkitilganligini va ochilgan vaktida kisilgan moddaning chikarib yuborishiga bo'ladigan karshilikning iloji boricha kam bo'lishi talab etiladi. Shuning uchun xam bosim ostida ishlaydigan kozonlarga o'rnatilgan taminot jo'mraklari ochilganda undan chikadigan gaz yoki suyuklik tekis okim sifatida va chikish joyida bosim kuchini yo'kotgan xolda chikishini taminlaydi. Agar bunday talab bajarilmaganda taminot jo'mrakning yoki boshka saklovchi kurilmaning ishchi yuzalarida malum mikdorda yemirilish yuz berishi uning zichligini taminlashda malum kiyinchiliklar tugdirishi mumkin. Bundan

tashkari bunday yemirilishlar tamiot kranlaridagi okimni muvofiklashtirish jarayonini kiyinlashtiradi va bu okimni boshkarish imkoniyatini yo'kotadi.

Gosgortexnadzor ishlab chikkan koidalarga asosan xar bir bosim ostida ishlaydigan idish yoki suv isitish, bug xosil kilish kozonlari albatta saklovchi kurilmalar, manometrlar (bitta ishchi manometr va bitta nazorat manometri), suv xajmini ko'rsatuvchi asbob, taminot jo'mragi va teskari klapan (bular kozonni suv bilan taminlash joyiga o'rnatiladi), shuningdek suvni to'kish jo'mraklari o'rnatilgan bo'ladi.

Bug xosil kiluvchi kozonlar va xavo yiguvchi idishlar (resiverlar) da o'rnatilgan saklovchi kurilmalar ularda yigilgan bug va xavoning bosimi belgilangan mikdodan oshib ketgan takdirida odam ishtirokisiz ochilib, ortikcha bosimni chikaarib yuborish bilan umumiy bosim malum chegarada bo'lishini taminlab turadi.

Saklovchi kurilma ochishi zarur bo'lgan teshikning ko'ndalang kesimi bug kozonida xosil bo'lgan ortikcha bosimni chikarib yuborish imkoniyatini berishi kerak.

Saklovchi kurilmalar tuzilishi bo'yicha richagli va prujinali, yopik yoki ochik, bittali yoki juft, ochilishi baland va past turlarga bo'linadi.

#### XAVFSIZLIKNI TAMINLASH VOSITALARIDA XAVFSIZLIKNI TAMINLOVCHI ASOSIY SHARTLAR

Sanoat korxonalarida ishlatiladigan mashina va mexanizmlarga ko'yiladigan assosiy talablar, ularning ishchilar uchun xavfsizligi, ishlatishda pishik va mustaxkamligi va ishlatishning osonligi bilan belgilanadi. Ularning xavfsizligi standartlar tizimlari bilan belgilanadi.

Mashina va mexanizmlar xavfsizligini taminlash uchun uni loyixalashda kanday ish bajarishini xisobga olgan xolda ish bajaruvchi kismlarini joylashtirishni ixcham usullarini topish, unga shakl berish va muxofaza kilish kurilmalarini joylashtirish bilan birga olib boriladi. Mashinaga o'rnatilgan muxofaza vositalari uning asosiy kismi bilan uygunlashib ketishi kerak. Shuni xisobga olish kerakki muxofaza vositalari iloji boricha ko'prok masalalarni yechishga xizmat kilsin.

Masalan stanokka o'rnatilgan xavfsizlikni taminlash kopkoklari fakatgina xavfli joylar to'sigi bo'lib kolmasdan balki shovkinni kamaytiruvchi vosita bo'lib xizmat kilsin. Bunga misol tarikasida asboblarni charxlash kurilmasini ko'rsatish mumkin. Bunda charxning xavfsizligini taminlovchi kurilma bir vaktning o'zida shamol yordamida charx kirindilarini chikarib yuborishga muljallangan maxalliy shamollatish vazifasini xam bajaradi.

Xavflilik darajasi yukori bo'lgan jixozlar, masalan, bosim ostida ishlatiladigan kozonlar, kompressorlar, nasoslar va boshkalar ishlatilayotganda Gosgortexnadzorning maxsus talablarini bajarishi shart.

Malumki sanoat korxonolari mashina va mexanizmlari elektr tokining asosiy istemolchilari xisoblanadi. Bu ularning elektr toki tasirini yo'kotuvchi elektr xavfsizligi masalalarini nazarda tutish kerakligini takozo kiladi. Shuningdek sex uchastkalarida o'rnatilgan stanoklar elektromagnit to'lkinlari, radioaktiv moddalar tasirida bo'lishi mumkin, albatta bulardan saklanish chora-tadbirlari ko'rilishi o'z-o'zidan malum. Bu zararliklar va xavfli xolatlarga xavo muxitini zararlantiruvchi va ifloslovchi bug, changlar va gazlarni xisobga olish kerak bo'ladi.

Mashina va mexanizmlarning xavfsizligi ularni taminlashga ishlatiladigan materialning mustaxkamligiga boglik bo'ladi. Shuning uchun xam bunday stanoklarni tayyorlashda ularning ishchi organlariga ishlatiladigan material mustaxkamligiga aloxida axamiyat beriladi. Bundan tashkari xar xil detallarni kirkish, silliklash borasida ularni ushlab turish kurilmalarining pishikligiga va xar kanday favkulodda xolatlarda xam detalni ko'yib yubormasligini taminlash imkoniyatini berishi kerak. Stanoklarning mustaxkamligi ularni tashkil kilgan kismlar mustaxkamligiga boglik bo'ladi. Masalan xar kanday mexanizmning mustaxkamligini uning biriktiruvchi kismlarining mustaxkamligisiz tasavvur kilib bo'lmaydi (masalan gayka, bolt va boshkalar). Bundan tashkari stanoklarning tashki tomonidan zararlanib, mustaxkamligini yo'kotib ko'yishi mumkin bo'lgan omillarni xisobga olish kerak (masalan o'z vaktida moylash, bo'yok ko'chib ketishi natijasida zanglash va x.k.).

Mashina va mexanizmlarning puxta ishlashini taminlashdagi asosiy omillaridan biri ularning xolatini nazorat kiluvchi asbobuskunalar va avtomatik boshkarish va muvofiklashtirish kurilmalari bilan jixozlashdir. Bazi bir xollarda avtomatik boshkarish tizimi ishlamay kolishi mumkin. Unda umuman texnologik jarayonni boshkarish ishlayotgan ishchi zimmasiga tushadi va uning xavfsizligi to'lik boshkaruvchi kishi maxoratiga boglik bo'ladi. Shuning uchun xam sanoat jixozlarini loyixalashda, bu jixozlarni boshkarishi kerak bo'lgan operator imkoniyatlarini ruxiy va fiziologik jixatlarini xisobga olish kerak bo'ladi.

Albatta bir necha o'nlab shkala, signal va boshka belgilarni yuboruvchi nazorat-o'lchov kurilmalari xolatini xisobga olish va kerakli ko'rsatmalar bilan taminlab, texnologik jarayonni to'xtovsiz davom ettirish ishchidan katta maxorat talab kilishi bilan birga uni kuchli tolikishga va manaviy charchashga olib keladi. Shuning uchun xam mashina va mexanizmlarning boshkarish organlari anik ko'rinadigan va yengil boshkariladigan va farklash oson kilib joylashtirishga katta etibor beriladi. Ularni stanokni o'ziga yoki bo'lmasa stanokdan birmuncha olislikda joylashtirilgan boshkarish markaziga joylashtiriladi. Sanoat korxonalariga o'rnatiladigan jixozlar tartib bilan joylashtirilishi, ko'zdan kechirish uchun kulay, moylash, kislmlarga ajratib tamirlash, sozlash, bir joydan ikkinchi joyga ko'chirish va boshkarish oson bo'lishi kerak.

Sanoat korxonalarida ishchilarning charchashiga fakatgina jismoniy va asabiy charchashgina tasir kilib kolmasdan balki manaviy charchash xam ko'shilib ketishi mumkin. Shuning uchun sexlarda o'rnatilgan mashina-mexanizmlarining xar xil ranglarga bo'yash, korxonada devorlarini mashina ranglari bilan mutanosib bo'yashga erishish katta axamiyatga ega ekanligi aniklangan.

# IQTISODIYOT QISMI

## IQTISODIY QISM

### I. Loyxani texnik-iqtisodiy asoslash.

### II. Investisiya xajmini aniqlash.

- Bino, inshootlar, dastgohlarning ijara qiymati investisiya xajmi
- Material ishlab chiqarish zaxirasi qiymati investisiya xajmi
- Tez yemiradigan va arzon buyumlarning ijara qiymati investisiya xajmi
- Nazorat- o'lchov asboblarning ijara qiymati investisiya xajmi
- Loyxani ishlab chiqarishga sarflangan investisiya hajmi qiymati

III. Yillik daromad, iqtisodiy samaradorlikni aniqlang.

IV. Xarajatlarni qoplanish muddatini aniqlang.

### I. Loyxani texnik-iqtisodiy asoslash.

- Loyxaning maqsadi, vazifalari, ahamiyati, hozirgi talablariga javob bera olishi
- Loyxaning iqtisodiy samaradorligi, qo'llanish sferalari

Bitiruv ishi bo'yicha sarflanadigan xarajatlarini quyidagi keltirilgan jadvallarda II.

№	Nomi	Soni	Donasining baxosi	NDS 20%	Umumiy qiymati NDS bilan
1	Potstafka temir list	1kg	25000	5000	30000
2	Organik shisha	2kg	30000	12000	72000
3	Maxsus trubalar	4kg	80000	64000	384000
4	Elektron leneyka	1 dona	70000	14000	84000
5	Kley	2 dona	3000	1200	7200
6	Volt, shurp, gayka	1 kg	8000	1600	9600
7	Multimetr	2 dona	10000	4000	24000
8	Sim	1 metr	3000	600	3600
9	Elektron tarozi	1 dona	15000	3000	18000
10	Jami		244000	105400	632400

№	Asosiy fondlar qiymati	Soni	Asosiy fondlar qiymati
1	Labaratoriya	1	300000
2	Uskunalar	2	1020000
	Jami	3	1320000

Inventarlar va ulchov-nazorat asboblari sotib olish investisiya xajmi

Tablisa 2.

Asosiy fondlar qiymati

Tablisa 3.

Amortizatsiya ajratmasi AF 20% tashkil qiladi

$$A_{otch} = 20\% * OF/12$$

$$A_{otch} = 0.2 * 1320000/12$$

$$A_{otch} = 22000 \text{ sum}$$

Joriy tamirlash va texnik xizmat uchun xarajatlar AF qiymatining 12%

$$R_m = 12\% * OF/12$$

$$R_t = 0,12 * 1320000/12$$

$$R_t = 13200 \text{ sum}$$

Loyxani ishlab chikaruvchi ishchilarning ish xakini xisoblash

Tablisa 4.

Bajariladigan ishlar nomi	Lavozimi	Kunlar	Ortacha bir Kunlik ish xajmi	Bajarilgan Ishning qiymati
Loyiha mavzusini tanlash va shakllantirish	SNS	1	15000	15000
Mavzu bo'yicha ITA tanlash va o'rganish	MNS	2	7050	14100
Intrfeus dasturini ishlab chiqish	MNS	2	7050	14100
Ma'ruza matnini kiritish	MNS	3	7050	21150
Dasturni sozlash	MNS	1	7050	7050
Komplyeks dasturlarni tyestdan o'tkazish	MNS	2	7050	14100
Xatolarni topish	MNS	2	7050	14100
Xatolarni topish	MNS	2	7050	14100
Iqtisodiy qism	MNS	2	7050	14100
		1	15000	15000
Myehnatni muhofaza qilish	MNS	2	7050	14100
	SNS	1	15000	15000
Bitiruv ishi qo'l yozmasini tayorlash	MNS	1	7050	7050
Taqriz berish	SNS	1	15000	15000
Bitiruv ishini himoya	MNS	1	7050	7050
Jami		24		201000

Asosiy ish haqi – barcha ishchilarning ish xaqi va 40% miqdori mukofot pulning yeg'indisi sifatida aniqlanadi

$$Zosn = SOT * 0,4 + SOT$$

$$Z_{osn} = 201000 \times 1,4$$

$$Z_{osn} = 281400 \text{ sum}$$

Qo'shimcha ish xaqi asosiy ish haqining 10% hisobida olinadi

$$Z_d = K_d * Z_{osn}$$

$$Z_d = 0,1 \times 281400$$

$$Z_d = 28140 \text{ sum}$$

Myehnatga haq to'lash fondi asosiy va qo'shimcha ish xaqi to'lash fondi asosiy va qo'shimcha ish xaqilarining yig'indisi sifatida aniqlanadi

$$FOT = Z_{osn} + Z_d$$

$$FOT = 281400 + 28140$$

$$FOT = 309540 \text{ cym}$$

Ijtimoiy ehtiyojlarga xarajatlar FOT dan 27% miqdorida hisoblanadi

$$OFSS = 25\% * FOT$$

$$OFSS = 0,25 \times 309540$$

$$OFSS = 77385 \text{ cym}$$

Transport xarajatlari asosiy ish xaqidan 20%

$$Rmr = 0,2 \times Z_{osn}$$

$$Rmr = 0,2 \times 281400$$

$$Rmr = 56280 \text{ cym}$$

Ishlab chiqarish ehtiyojlari uchun issiqlik xarajatlari

Uzunligi -6

Eni-4

$$V = \text{Uzunligi} \times \text{Eni}$$

$$V = 6 \times 4 = 24 \text{ m}^2$$

$$V = 24 \times 663,05 = 15913,2 \text{ cym}$$

Elektr energiyasiga bo'lgan xarajatlar quyidagi formuladan aniqlanadi

$$W = N * T * S$$

N- o'rnatilgan quvvat, kVt

T- ishlatilgan vaqt

S- 1 kVT/ soat elektr energiya narxi

$$W = 1 \times 144 \times 112,2$$

$$W = 16156,8 \text{ cym}$$

Investisiya xajmi quyidagi formuladan aniqlanadi

$$K = MPZ + FOT + Aof + \sum R$$

$$K = 144000 + 309540 + 22000 + 101550 = 577090 \text{ cym}$$

## Urganilgan ishning xarajat smetasi

Tablisa 5.

	Xarajatlarning nomi	Summa Qiymati
1	Bajarilgan ishning qiymati	827313,825
2	Ishlab chiqarish xarajatlari	636395,25
3	Ishlab chiqarish tannarxi	605441,25
4	Davr xarajatlari	30954
5	Material xarajatlari	176070
6	Xom-ashyo	144000
7	Elektroenergiya	32070
8	FOT	309540
9	Ijtimoiy sug'urta	77385
10	Amortizasiya	22000
11	Boshqa xarajatlar	20446,25
12	Asosiy ish xaqi	201000

Bajarilgan ishning iqtisodiy samaradorligini aniklash

Tablisa 6.

	Ko'rsatkichlar nomi	O'lcho'birliigi	Qiymati	Izoh
1	Bajarilgan ishning qiymati	Sum	827313,825	Tablisa
2	Ishlab chiqarish xarajatlari	Sum	636395,25	Tablisa
3	Investisii	Sum	577090	Formula
4	Iqtisodiy samara	Sum	190918,575	Formula
5	Qoplanish muddati	Oy	3	Formula
6	Rentabillik	%	33	Formula

Iqtisodiy samarani quyidagi formuladan aniqlaymiz

$$E = (S1 - S2) * Q$$

$$S1 = S2 * 1,3$$

C1 i S2 – avvalgi va keyingi tannarx,

Q – ishlab chiqarish xajmi

$$E = (827313,825 - 636395,25) \times 1$$

$$E = 190918,575 \text{ cym}$$

Rentabellikni aniqlaymiz

$$R = E * 100\% / K$$

$$R = 190918,575 \times 100\% / 577090$$

$$R = 33\%$$

Qoplanish muddatini aniqlaymiz

$$Tok = K / E$$

E - iqtisodiy samara

K- kapital

$$Tok = 577090 / 190918,575$$

$$Tok = 3$$

FOYDALANILGAN  
ADABIYOTLAR  
RO'YXATI

## Adabiyotlar

1. Poluprovodnikovyye tenzodatchiki. // Pod. Red. M. Dina; per. s angl. M. ; L.: Energiya, . 212s.
2. Erler V., Valter L. Elektricheskiye izmereniya neelektricheskix velichin poluprovodnikovymi tenzorezistorami. M., "Mir", 1994. 285s.
3. Ilinskaya L.S., Podmarkov A.N. Poluprovodnikovyye tenzodatchiki. M.: Energiya, . -120s.
4. Truxachev B.S., Udalov N.P. Poluprovodnikovyye tenzopreobrazovateli. M.: Energiya,
5. Sultanov N.A., Usmanov K.U. Vliyaniye odnoosnogo davleniya na karakteristiku kremniyevykh r -n-n struktur // FTP, 1975, t. 9, s. 1544-1547.
6. Lebedev A.A., Mamadalimov A.T., Tairov M.A. Vliyaniye odnoosnogo davleniya na yemkost diodov iz kremniya s primesyu reniya // FTP, 1976, T. 10, s. 1395-1396.
7. Atakulov B.A. i dr. Vliyaniye deformatsii na spektralnuyu chuvstvitelnost diodov iz Si <math>\langle Rh \rangle</math> // Tezisy dokladov P Vsesoyuznogo soveshchaniya po glubokim urovnyam v poluprovodnikax, Tashkent, 1980,s.44.
8. Rybalkina M. «Nanotexnologii dlya vsekh». M.: URSS. 2005. 444s.
9. . Kobayasi N. Vvedeniye v nanotexnologiyu/N. Kobayasi. – M.:Binom, 2005 - 134s.
10. Chaplygin A. «nanotexnologii v elektronike» / A. Chaplygin. - 2005 M.:texnosfera.
- 11.. Joakim K., Plever L. «Nanonauki. Nevidimaya revolyusiya». KoLibri, 2009 – 240s.
12. Yafarov R. K. «Fizika SVCh vakuumno-plazmennyykh nanotexnologiy». Fizmatlit, M. 2009. 216s.
13. Internet-resursy: [http://www. nanonewsnet. ru/](http://www.nanonewsnet.ru/)
14. [http://www. nanonewsnet. ru/news](http://www.nanonewsnet.ru/news)
15. [http://www. nanonewsnet. ru/articles/2010/molekulyarnye-roboty-nanorazmernye-pauki-idut-k-tseli](http://www.nanonewsnet.ru/articles/2010/molekulyarnye-roboty-nanorazmernye-pauki-idut-k-tseli) <http://>