

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

**Yu. V. Petrov, H. T. Egamberdiyev,
B. M. Xolmatjanov, M. Alautdinov**

METEOROLOGIK AXBOROTLARNI O‘LCHASH TIZIMLARI

Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik

*Cho‘lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent — 2009*

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan davlat universitetlarining "Gidrometeorologiya" yo'nalishi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan.

Taqrizchilar:

*geografiya fanlari nomzodi V.O. Usmanov,
fizika-matematika fanlari nomzodi I.G. Tursunov.*

Ilmiy muharrirlar:

*geografiya fanlari nomzodi, dotsent X.T. Egamberdiyev,
fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent Yu.V. Petrov*

Atmosfera tuzilishi va xossalari o'rganish hozirgi vaqtda turli axborot-o'lchash tizimlarini yaratishni talab qilmoqda. Darslikda meteorologik stansiyalarda qo'llanilayotgan yer usti o'lchash tizimining asosini tashkil etuvchi asboblardan va usullardan bayon qilingan. Ular bilan bir qatorda yaqin kelajakda qo'llanilishi kutilayotgan asbob va usullar to'g'risida zarur bo'lgan axborotlar minimumi keltirilgan.

Darslik universitetlarning fizika, gidrometeorologiya va geografiya yo'nalishlari talabalari hamda meteorologik asboblarni ishlab chiquvchi va ulardan foydalanuvchi mutaxassislarga mo'ljallangan. Undan amaliy geofizikaning boshqa tushunchalari mutaxassislari ham foydalanishlari mumkin.

P $\frac{1805040400 - 28}{360(04) - 2009}$ - 2009

ISBN 978-9943-05-274-1

© Cho'lpon nomidagi nashriyot-matba'a ijodiy uyi, 2009- y.

SO‘ZBOSHI

Atmosfera tadqiqotlari turli meteorologik kattaliklarni nafaqat yer sirti yaqinida, balki atmosferaning turli balandliklarida ham kompleks o‘lchashlarga bog‘liq. Hozirgi vaqtda bu maqsadda qator axborot-o‘lchash tizimlari barpo etilgan. Ularga yer usti meteorologik stansiyalari, atmosferani masofaviy va avtomatik zondlash tizimlari (radiozondlash, radiolokatsion o‘lchashlar, raketa yordamida zondlash va boshq.), yo‘ldosh meteorologik tizimlari, optik lokatsiya tizimlari va boshqalar kiradi.

Bu tizimlarning har biri o‘z obyekti, maqsadi, o‘lchashlarning xossalari va usullari hamda asboblari ta’minotiga ega. Tabiiyki, bitta darslik doirasida o‘lchash tizimlarining barcha kompleksini batafsil yoritib berishning imkoni yo‘q. Shu sababli mazkur darslikning predmeti sifatida meteorologik stansiyalarda o‘lchashlarni tashkil qilish tanlangan. Darslikda meteorologik kattaliklarni standart o‘lchash uchun mavjud asboblari va usullarning fizik asoslari yoritib berilgan.

Darslik yetti bobdan iborat. Kirish qismida meteorologik o‘lchashlarning xususiyatlari, ularga qo‘yiladigan talablar bayon qilingan. Unda meteorologik maydonchani tashkil qilish, o‘lchashlarning muddatlari va o‘tkazish tartibi bilan bog‘liq bo‘lgan masalalar ko‘rilgan. Qolgan olti bobda havo harorati va namligi, havo bosimi, shamol, aktinometrik kattaliklar, yog‘inlar, bulutlilik kabi meteorologik kattaliklar hamda ba’zi meteorologik hodisalarni o‘lchashning asbob va usullarining fizik asoslari keltirilgan.

Bundan tashqari masofaviy va avtomatik o‘lchash tizimlarining ko‘payishi va kengayishi bilan bog‘liq bo‘lgan, meteorologik kattaliklarni o‘lchashning yaqin kelajakda o‘z qo‘llanilishini topadigan usullari haqida ham ma’lumot beriladi.

1.1. Kursning predmeti va vazifalari. Meteorologik kuzatishlarning o'ziga xos xususiyatlari

Atmosfera va to'shalgan sirtning fizikaviy holati to'g'risidagi ma'lumotlarni olish va ularni uzatish meteorologik kattaliklarni o'lchashning turli xil usul va vositalarining qo'llanilishiga asoslangan. Atmosfera holatining nafaqat yer sirti yaqinida, balki turli balandliklarda aks yettiradigan ma'lumotlarni olish zaruriyati, bir qator o'lchash tizimlari va ularning majmualarini ishlab chiqib, amalda qo'llanilishiga olib keldi.

O'lchash tizimi deganda o'lchash asboblari, ma'lumotlarni uzatish, avtomatik qayta ishlash va uni muayyan shaklda yetkazib berishda qo'llaniladigan qurilmalar majmuasi tushuniladi. Hozirgi vaqtda Yer usti meteorologik stansiyalari (masofaviy va avtomatik ishlaydigan), atmosferani kompleks zondlash tizimlari (radiozond, raketa yordamida zondlash va boshqalar), yo'ldosh meteorologik tizimlari, atmosferani optik lokatsiyalash tizimlari va boshqalar barpo etilib, faoliyat ko'rsatmoqda.

Mazkur fanning predmeti statsionar meteorologik stansiyalarda yer ustidagi kuzatishlarni tashkil qilish va o'tkazishni o'rganishdan iborat. Bunga muvofiq ikki asosiy masala hal qilinadi:

- meteorologik stansiyalarda qo'llaniladigan asbob va qurilmalarning fizik asoslarini o'rganish;
- kuzatish usullarini va o'lchangan ma'lumotlarni qayta ishlash usullarini o'rganish.

Meteorologik kuzatishlarni o'tkazish quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga bog'liq.

1. Atmosfera o'zining fizikaviy tabiatiga ko'ra turbulent muhitdir. Shu sababli uning tuzilishini va xossalarini o'rganish uchun meteorologik kattaliklarning nafaqat o'rtachalangan qiymatlarini, balki ularning pulsatsion xarakteristikalarini ham o'lchash zarur. Meteorologik stansiyalarda meteorologik kattaliklarning o'rtacha qiymatlari

faqat ma'lum vaqt oralig'i uchun o'lchanadi (harorat, namlik, shamol va boshqalar).

2. Meteorologik kattaliklarni o'lchash ularning o'zgarishlariga ta'sirchan maxsus qurilmalar (datchiklar) yordamida o'tkaziladi. Masalan, havo harorati suyuqlikli, deformatsion yoki boshqa turdagi termometrlar yordamida o'lchanadi. Lekin bu datchiklar nafaqat muhit harorati, balki boshqa omillar ta'sirida (radiatsion oqimlar, yog'in paytida ho'llanilishi va boshqalar) ham bo'ladi va ular datchik haroratini o'zgartirishi mumkin. Bu ta'sirlardan qutulish uchun turli xil himoya choralari qo'llaniladi. Bularga psixrometrik budkalar, aspiratsion psixrometrlar va radiozond datchiklarining radiatsion himoyalari, yog'in o'lchagichlarning jalyuzi shaklidagi himoyalari va boshqalar kiradi.

3. Meteorologik asboblari har qanday iqlimiy va ob-havo sharoitlarida ishlashi lozim. Shu bilan bir vaqtda ular sodda, ishlatishga qulay va arzon bo'lishi zarur.

1.2. Meteorologik kuzatishlarga qo'yiladigan talablar

Meteorologik kuzatishlarning sifati qat'iy qo'yilgan talablarga javob berishi lozim. Bu talablarga xarakterlilik (reprezentativlik), uzluksizlik, ishonchlilik, birjinslilik, aniqlik va taqqoslanuvchanliklar kiradi.

Ko'rilayotgan hudud uchun xarakterli bo'lgan fizik-geografik sharoitlarda o'tkazilgan kuzatishlar *reprezentativ* hisoblanadi. Demak, kuzatishlar nafaqat o'lchash joyi uchun, balki shu stansiya atrofidagi hudud uchun ham ko'rgazmali (xarakterli) bo'lishi kerak.

Kuzatishlar *uzluksiz* bo'lishi shart, chunki biror kuzatish muddatida o'lchashlar olib borilmasa, meteorologik ma'lumotlarning qadri anchagina pasayadi. Kuzatishlarning uzluksizligi asosiy kuzatish muddatlarining oralig'ida ham atmosfera holatini aniqlashni ko'zda tutadi.

Kuzatishlarning *ishonchliligiga* meteorologik kattaliklarni o'lchash va qayta ishlashda qo'llaniladigan usullardan to'g'ri foydalanish va reglament ishlarni o'z vaqtida (qat'iy belgilangan vaqtda) o'tkazish orqali erishiladi. Bundan tashqari, kuzatuvchi meteorologik kattaliklarni soxtalashtirmasdan, kuzatishlarni vijdonan olib borishi zarur.

Kuzatishlarning *birjinslilikiga* barcha meteorologik stansiyalarda yagona kuzatish usullari va bir xil kuzatish vositalarining qo'llanilishini

anglatadi. Meteorologik ma'lumotlarning birjinsiligi stansiya joylashgan joydagi sharoitlarning qay darajada bir xilda saqlanishiga ham bog'liq.

Kuzatishlarning *taqqoslanuvchanligi* deganda barcha kuzatish vositalarini etalonlarga keltirish, shuningdek kuzatish asboblari vaqtida tekshirishdan (etalon asbob bilan taqqoslab, uning ko'rsatmalarini etalon asbob ko'rsatmalariga muvofiqlashtirish) o'tkazilishi tushuniladi.

Kuzatishlarning *aniqligi* har bir meteorologik kattalik uchun o'rnatiladi va muayyan o'lchash tizimining *sezgirligi* bilan aniqlanadi.

Kuzatishlar aniqligi datchikning *inersiyasiga*, ya'ni muhit parametrlarining o'zgarishlarini datchik orqali qabul qilish tezligiga ham bog'liq. Barcha kontakt termometrlari, ularning atrof-muhit bilan (havo, tuproq, suv) issiqlik almashinuvi mukammal bo'lmaganligi sababli yuzaga keladigan issiqlik inersiyasiga ega. Asbob inersiyasining mavjudligi, havo haroratini kerakli aniqlik bilan o'lchash uchun termometrni shu muhitda bir oz vaqt, ya'ni asbobning harorati o'lchanayotgan muhitning haroratiga tenglashguncha ushlab turish zaruratini tug'diradi. Bu vaqt datchikning fizikaviy xususiyatlariga (o'lchagichning massasi, issiqlik almashinish yuzasi va boshqalar) va kuzatishning dastlabki sharoitlariga (datchik harorati va atrof-muhit harorati orasidagi dastlabki farq) bog'liq. Termometrlarning issiqlik inersiyasi *inersiya koeffitsiyenti* bilan xarakterlanadi.

Deformatsion gigrometrlar havoning harorati va namligiga bog'liq bo'lgan inersiyaga ega. Shamol tezligini o'lchaydigan asboblari (rotoanemometrlar) mexanik inersiyaga ega.

1.3. Meteorologik maydoncha

Meteorologik maydoncha — bu yer sirtidagi maxsus jihozlangan maydonchadir. Bu maydoncha mazkur hudud uchun representativ, ochiq, tekis va gorizontal joyda joylashgan bo'lishi kerak. Maydonchada meteorologik asboblari ma'lum tartibda o'rnatiladi. Maydonchani o'rni tanlanganda atrofdagi hududning rivojlanish istiqbollari hisobga olinishi lozim. Masalan, meteorologik maydonchaga yaqin joyda ko'p qavatli binolar yoki sanoat inshootlarining qurilishi boshlansa, bu kelajakda meteorologik kuzatishlarning birjinsililigini buzadi.

Meteorologik maydonchani o'rni tanlangandan so'ng, u to'rtburchak shaklida qurilib, uning tomonlari shimoldan janubga va

sharqdan g'arbga yo'nalgan bo'lishi shart. Maydonchanning standart o'lchamlari 26 m × 26 m bo'lishi kerak. Rejalashtirilayotgan ishlarning hajmi kamroq bo'lsa, maydoncha kichikroq, lekin 20 m × 16 m dan kichik bo'lmasligi lozim.

Meteorologik maydonchanning atrofi albatta o'ralgan bo'lishi kerak. Panjara simli to'rdan yasalgan bo'lib, yerda betonlangan tirgaklarga tortiladi. Yog'och devor, chetan devor, o'simlik devori va qoziq devorlardan panjara yasash qat'iyon taqiqlanadi. Bunday panjaralar havo o'tishiga to'sqinlik qilib, asbob ko'rsatkichlaridagi xatoliklarga olib keladi. Qulflanadigan eshik panjaraning shimoliy tomonida o'rnatilishi kerak.

Maydonchada asbob va uskunalarning to'g'ri joylashtirilishi ishning muhim va mas'uliyatli bosqichidir. Pastroqda joylashtirilgan asboblarga yuqoriroqda o'rnatilgan qurilmalardan soya tushmasligi uchun eng balandlari maydonchanning shimoliy tomonida, pastroqlari – janubiy tomonida o'rnatiladi. Masalan, maydonchanning shimoliy qismida anemorumbograflar va masofaviy o'lchash (distansion) stansiyalarining minoralari o'rnatiladi. Keyingi qatarga psixrometrik budka, o'ziyozarlar va plyuviograf uchun budka joylashtiriladi. Uchinchi qatorni yog'ino'lchagich, bulutlilik balandligi o'lchagichi va geliograf egallaydi. Maydonchanning janubiy qismida tuproq termometrlari va Savinov termometrlari o'rnatiladi.

Agar maydonchada aktinometrik kuzatishlar ham o'tkazilsa, unda aktinometrik asboblarni maydonchanning janubi-sharq qismida o'rnatiladi.

Maydonchadagi binoda bosimni o'lchovchi asboblarni (simobli barometr, aneroid, barograf) va avtomatik asboblarning (anemorumbograf, distansion stansiya) qayd qilib boruvchi qismlari joylashgan bo'ladi. Aynan shu yerda kuzatish natijalarini qayta ishlash uchun kerak bo'lgan sertifikatlar, jadvallar va h.k. va Bulutlar atlasini saqlanadi.

Meteorologik maydonchanning muhim obyektlaridan biri psixrometrik budkadir.

Psixrometrik budka. Psixrometrik budka o'lchamlari 29×46×59 sm ga teng bo'lgan shakldir. Uning yon devorlari jalyuzi shaklida ishlangan ikki qator qiya joylashtirilgan yog'ochlardan iborat. Yon devorlardan bittasi eshikdir. Budka gorizontal shiftga ega, uning usti tom bilan yopilgan. Tomning o'lchamlari shiftning o'lchamlaridan katta, uning nishabi janub tomonga yo'nalgan. Budkani tagligi uchta alohida

qoqilgan yog'ochdan iborat bo'lib, o'rtadagisi yonidagilardan balandroq joylashgan bo'ladi. Taglikdagi yog'ochlarning orasida tirqishlar qoldirilgan. Jalyuzi shaklidagi yon devorlar va taglikdagi tirqishlar asboblarga havoning erkin yetib kelishini (ventilatsiya) ta'minlaydi. Yaxshi ventilatsiya faqat shamol esganda kuzatiladi, shamolsiz sharoitda budkadagi havo to'xtab qoladi.

Psixrometrik budkada termometrlar radiatsion ta'sirlardan himoyalangan bo'ladi. Budkaning tagligidagi yog'och asos shunday o'rnatiladiki, uning ichidagi termometrlarning balandligi yer sirtidan 2 m baland bo'lishi kerak. Budkaning eshigi shimolga qarashi lozim. Kuzatish paytida eshik ochilganda, quyosh nurlari to'g'ri termometrlarga tushmasligi uchun shunday qilinadi. Budkaning sirti, ichi, asosi va zinasi oq moyli bo'yoqqa bo'yaladi.

1.4. Kuzatishlar muddati va tartibi

Hozirgi vaqtda meteorologik kuzatishlar Yer sharining barcha stansiyalarida sutkasiga 8 marta Grinвич vaqti bilan 00 soatdan (Toshkent mahalliy vaqti 05 soat bo'ladi) boshlab o'tkaziladi. Demak, kuzatish muddatlari Grinвич vaqti bo'yicha 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 soatlarga to'g'ri keladi. Aktinometrik kuzatishlar o'rtacha quyosh vaqti bo'yicha 00 soat 30 daq., 06 soat 30 daq., 09 soat 30 daq., 12 soat 30 daq., 15 soat 30 daq. va 18 soat 30 daq. muddatlarda o'tkaziladi.

Havoning harorati meteorologik kattaliklar ichida eng muhimi va vaqt bo'yicha eng o'zgaruvchani bo'lganligi uchun, uni o'lchashlar qat'iy belgilangan vaqtlarda o'tkazilishi lozim. Keyin tuproq termometrlaridan hisoblar olinadi, so'ngra psixrometrik budkada o'rnatilgan o'ziyozarlar – termograf va gigrograflar tasmalarida yozuvlar qo'yiladi. Bulutlar, ob-havo hodisalari va namlik ustidan kuzatishlar olib boriladi. Stansiya binosida avtomatik asboblari va barometrlardan hisoblar olinadi.

Asboblari yordamida o'lchangan va vizual kuzatishlar natijalari maxsus meteorologik kuzatishlar kitobchasiga (KM-1) yoziladi. O'lchashlarni qayta ishlash psixrometrik jadval va asboblarga kiritiladigan tuzatmalar jadvali yordamida bajariladi.

Aktinometrik o'lchashlar maxsus kitobchaga (KM-12) kiritiladi. O'lchangan kattaliklar o'tkazish koeffitsiyentlari yordamida nisbiy

qiymatlardan mutlaq qiymatlarga aylantiriladi, kerak bo'lgan kattaliklar hisoblanadi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. *O'lchash tizimlari nima? Mavjud meteorologik o'lchash tizimlarini aytib bering.*
2. *Meteorologik o'lchashlarning o'ziga xos xususiyatlari nimada?*
3. *Kuzatishning reprezentativligi nima? Misol keltiring.*
4. *Meteorologik kuzatishlar nima uchun uzluksiz bo'lishi kerak?*
5. *Meteorologik kuzatishlarning ishonchliligini qanday tushunasiz?*
6. *Meteorologik kuzatishlarning birjinsliligi va taqqoslanuvchanligi nimaga bog'liq?*
7. *Meteorologik o'lchovlarda sezgirlik va aniqlik qanday rol o'ynaydi?*
8. *Standart meteorologik maydonchani o'lchamlari qanday?*
9. *Meteorologik maydonchada asboblarni qanday tartibda joylashtiriladi?*
10. *Meteorologik va aktinometrik kuzatishlar qanday muddatlarda olib boriladi?*
11. *Meteorologik stansiyadagi binoda qanday asboblarni joylashtiriladi?*
12. *Meteorologik va aktinometrik kuzatishlar natijalari qayerga yoziladi?*

2.1. Tabiiy sharoitda haroratni o'lghashning o'ziga xos xususiyatlari

Tabiiy sharoitda haroratni o'lghash quyidagi xususiyatlar bilan ajralib turadi:

birinchidan, asosiy o'lghash obyektlarining harorati odatda nisbatan murakkab qonunlar bo'yicha o'zgaradi. Ularning vaqt bo'yicha tebranishlari muntazam emas, ularning chastota va amplituda spektrlari ancha keng. Shu sababli alohida o'lghashlarda ham, ma'lum vaqt oralig'i uchun o'lghash ma'lumotlarini o'rtachalashtirishda ham termometrlar inersiyasini hisobga olish ancha qiyinlashadi;

ikkinchidan, o'lgashlar quyoshdan, atmosferadan, to'shalgan sirtidan va atrof-muhit jismlaridan kelayotgan intensiv radiatsiya oqimi mavjudligida amalga oshiriladi. Buning natijasida termometrlar sezgir elementlarining sezilarli radiatsion isishi yoki radiatsion sovishi yuzaga kelishi mumkin;

uchinchidan, samolyotlar, raketalar va boshqalar yordamida amalga oshiriladigan o'lgashlarda tezlik sababli termometrlarning isishi yuzaga keladi;

nihoyat, bulutlar, tumanlar, yog'inlar ichidagi o'lgashlarda ko'pincha termometrlarning ho'llanishi sodir bo'ladi, suvning o'ta sovishi — muz bilan qoplanishning yuzaga kelishi o'lgahanayotgan muhit va termometr haroratlari orasida qo'shimcha farqning paydo bo'lishiga olib keladi.

2.2. Termometrlarning issiqlik inersiyasi

Termometrlarning ko'rsatkichi o'lgahanayotgan muhit haroratiga doimo ma'lum kechikish bilan tenglashadi. Bu ikki sababga bog'liq.

Birinchidan, birlamchi o'lgagich o'zgartirgichi va muhit orasidagi issiqlik almashinishi ma'lum chekli tezlik bilan sodir bo'ladi. Shuning uchun datchik haroratining o'zgarishi doimo muhit harorati

o'zgarishining ortidan ulgurib borishi uchun ma'lum vaqt talab qilinadi.

Ikkinchidan, datchikning reaksiyasi ko'rsatuvchi asbobning shkalasiga yoki strelkasiga darhol yetib bormaydi, balki butun o'lchov tizimining xususiyatiga bog'liq holda biroz kechikib yetib boradi.

Termometr datchigi bilan muhit orasidagi issiqlik almashinishining nomukammalligiga bog'liq bo'lgan inersiya termometrlarning *issiqlik inersiyasi* deb ataladi. To'g'ri yasalgan termometrning ham mexanik, ham elektromagnit inersiyalari nisbatan kichik, asbobning inersiyasi esa, amalda datchikning issiqlik inersiyasi bilan belgilanadi.

Termometrning issiqlik inersiyasi xususiyatlarini belgilovchi, termometrning tadqiq qilinayotgan muhit bilan issiqlik almashinishi sharoitlarini ko'rib chiqamiz. Termometrning muhit bilan issiqlik almashinishi sharoitlarini analitik tadqiq qilishda tutash issiqlik almashinishini (konduksiya va konveksiya) Nyuton qonunidagi yig'indi issiqlik uzatish koeffitsiyenti α bilan xarakterlaymiz.

Konvektiv issiqlik almashishi tabiiy sharoitlarda (kamdan-kam hollardan tashqari) asosiy rol o'ynaydi (bundan keyin faqat u haqida gapiriladi). Radiatsion issiqlik almashishi vaqt birligida datchikning birlik yuzasiga nisbatan barcha radiatsion oqimlar farqlarining qiymati (radiatsiya balansi V deb nomlangan) bilan xarakterlanadi.

Termometr deganda t massa, s solishtirma issiqlik sig'imi, T harorat, S muhit bilan issiqlik bo'yicha tutashgan maydon, S' radiatsion issiqlik almashishi kechadigan maydonga ega bo'lgan termometrik jism tushuniladi. Termometr joylashtirilgan muhit haroratini θ deb belgilaymiz. U holda birlik vaqt ichida termometrga kelayotgan yig'indi issiqlik oqimi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\frac{dQ}{d\tau} = -\int_0^S \alpha(T - \theta) dS + \int_0^{S'} B dS' \quad (2.1)$$

bu yerda α — issiqlik almashinishi koeffitsiyenti.

Amaliy hisob-kitoblarda odatda maydon bo'yicha α , T , V larning o'rtacha qiymatlari bilan ish ko'rishimiz mumkin. U holda, o'rtachalashtirish belgilarini tushirib qoldirib,

$$\frac{dQ}{d\tau} = -\alpha S(T - \theta) + BS' \quad (2.2)$$

ga ega bo'lamiz.

Shu bilan bir vaqtda termometrdagi harorat maydonini gradiyentsiz deb hisoblab, quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$dQ = mcdT \quad (2.3)$$

(2.2) va (2.3) dagi dQ kattalikni tenglashtirib,

$$ms \frac{dT}{d\tau} = -\alpha S(T - \theta) + BS' \quad (2.4)$$

ga ega bo'lamiz.

$\frac{ms}{\alpha S} = \lambda$ belgilashni kiritamiz. Vaqt o'lchamiga ega bo'lgan bu kattalik, odatda termometrlarning *inersiya koeffitsiyenti* deb ataladi. Kiritilgan belgini hisobga olsak, (2.4) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\lambda \frac{dT}{d\tau} + (T - \theta) - \frac{BS'}{\alpha S} = 0 \quad (2.5)$$

Radiatsion issiqlik almashinishi yo'q, deb faraz qilaylik. Unda tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dT}{(T - \theta)} = \frac{d\tau}{\lambda} \quad (2.6)$$

Bu holda inersiya koeffitsiyenti muhit va termometr orasidagi haroratni o'lchash tezligi bilan aniqlanadi.

Boshlang'ich T_0 haroratga ega bo'lgan termometr, θ doimiy haroratga ega bo'lgan muhitga kiritilgan eng oddiy misolni ko'ramiz. Agar termometr va muhit xususiyati tajriba mobaynida o'zgarmasa, unda $\lambda = \text{const}$ bo'ladi va (2.6) ni vaqt bo'yicha 0 dan τ gacha, termometr harorati bo'yicha T_0 dan T gacha integrallab quyidagiga ega bo'lamiz:

$$T - \theta = (T_0 - \theta)e^{-\frac{\tau}{\lambda}} \quad (2.7)$$

Shunday qilib, vaqt o'tishi bilan termometr harorati muhit haroratiga monoton yaqinlashib boradi. Inersiya koeffitsiyenti qancha kichik bo'lsa, bu jarayon shuncha tez kechadi. $\lambda = 0$ bo'lgan chegarada issiqlik inersiyasi hodisasi yo'qoladi va termometrning harorati vaqtning har qanday momentida muhit haroratiga teng ($T = \theta$) bo'ladi.

Agar $\tau = \lambda$ bo'lsa, unda $(T - \theta)/(T - \theta) = e$. Bundan, issiqlik inersiyasi koeffitsiyenti bu shunday vaqt¹ki, agar muhit harorati o'zgarmas bo'lsa, bu vaqt mobaynida termometr va muhit orasidagi boshlang'ich farq e marta kamayadi, degan xulosa kelib chiqadi.

(2.7) dan ko'rinadiki, $\lambda \neq 0$ bo'lganda termometr va muhit haroratlari faqat $\tau \rightarrow \infty$ bo'lgandagina teng bo'ladi $T = \theta$. Olingan natijadan haroratni aniq o'lchashning mumkinligi inkor qilinayotganday tuyuladi. Biroq har qanday o'lchash, u har qancha aniq deb atalmasin, oldindan berilgan ma'lum xatolik bilan bajariladi. O'lchashning boshlanishida bu xato termometr harorati va muhitning qidirilayotgan harorati orasidagi farqdan doimo katta bo'lishi kerak.

2.3. Suyuqlikli termometrlar

Suyuqlikli termometrlar muhit harorati o'zgarganda suyuqlik hajmining o'zgarishi prinsipiga asoslangan. Termometrik suyuqlik sifatida simob yoki spirt²dan foydalaniladi. Simob (Hg) $-38,9^{\circ}\text{C}$ da muzlaydi, $356,9^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi. Etil spirti ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) $-117,3^{\circ}\text{C}$ da muzlaydi, $78,5^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi. Bu ma'lumotlardan ko'rinadiki, manfiy past haroratlarni o'lchashda spirt, musbat yuqori haroratlarni o'lchashda simob qo'llaniladi.

Barcha suyuqlikli termometrlar uch asosiy qismdan tashkil topgan. Bular termometrik suyuqlik bilan to'ldirilgan va yuqori qismida kapillarga o'tib ketuvchi shisha rezervuar; bo'limlarga bo'lingan shisha shkala; shishali himoya naychasi.

Shkalalarining tuzilishiga ko'ra termometrlar ikki turga bo'linadi: o'rnatiladigan shkalali va chizilgan shkalali.

O'rnatiladigan shkala sut rangli shishadan tayyorlanib, termometr ichiga qimirlamaydigan qilib o'rnatib qo'yiladi, ya'ni uning bir tomoni maxsus egarchaga o'tqaziladi, ikkinchi tomoni qopqoqqa mustahkamlangan prujinaga mahkamlanadi. Termometrning shishali ingichka kapillari bu shishaga zich qilib o'rnatiladi. Chizilgan shkalali termometrlarda shkala qalin devorli kapillarning tashqi tomoniga chiziladi.

Hozirgi vaqtda meteorologiyada ikki xil harorat shkalalari qabul qilingan: xalqaro amaliy harorat shkalasi (XAHSh-68) va termodinamik shkala. XAHSh-68 bo'yicha harorat graduslarda ($^{\circ}\text{C}$) o'lchanadi, termodinamik shkalada esa Kelvinlarda (K) o'lchanadi. Harorat

qiymatlarini bir shkaladan boshqasiga o'tishi quyidagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$t^{\circ}C = T(K) - 273.16 \quad (28)$$

$$T(K) = 273.16 + t^{\circ}C.$$

AQSH va boshqa ayrim davlatlarda meteorologik o'lchovlarda Farengeyt shkalasidan foydalaniladi. XAHSh-68 dan Farengeyt shkalasiga va aksincha o'tish quyidagi formulalar erdamida amalga oshiriladi:

$$t^{\circ}F = \frac{9}{5}^{\circ}C + 32$$

$$^{\circ}C = \frac{5}{9}(t^{\circ}F - 32) \quad (2.9)$$

Barcha meteorologik termometrlar bo'yicha hisob olish 0,1°S aniqlik bilan amalga oshiriladi.

Termometrlarning tuzatmalari. Har bir termometr ishlab chiqarilgandan so'ng asboblarni tekshirish Markaziy byurosida normal termometr – etalon bilan taqqoslanadi. Asbobni tekshirish natijasida asosiy tuzatmalar aniqlanadi va ular maxsus tekshirish guvoohnoma (sertifikat)lariga kiritiladi. Sertifikatlarda asbobni tekshirish joyi va vaqti hamda asbobning o'ziga ham yozib qo'yiladigan asbobni tekshirish tartib raqami ko'rsatiladi. Termometr ko'rsatkichlaridagi xatoliklar quyidagi sabablar natijasida yuzaga keladi:

- 1) kapillarning qat'iy silindr emasligi;
- 2) turli haroratlarda suyuqlik hajmining bir xil o'zgarmasligi;
- 3) shkalalarga bo'lishning noaniqligi;
- 4) shishaning qayta kristallanishi (eskirishi).

Suyuqlikli termometrlarning *sezgirligi* ularning muhim xarakteristikasi hisoblanadi. U harorat 1°C ga o'zgarganda shkalaning bir gradusga teng uzunligining (*mm* larda) o'zgarishi bilan (*mm/grad*) xarakterlanadi.

Suyuqlikli termometrlarning sezgirligi termometr rezervuari hajmi va suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsiyentiga to'g'ri va kapillar kesim yuzasiga teskari proporsional.

Havo haroratini o'lchash uchun termometrlar.

Havo haroratini o'lchashda *suyuqlikli termometrlardan* foydalaniladi. Meteorologik stansiyalarda havo harorati namlik xarakteristikalarini

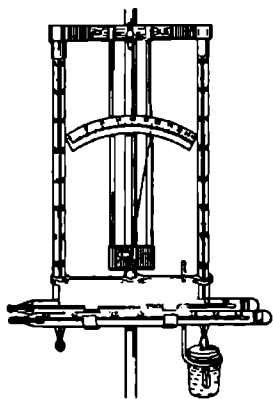
aniqlash uchun mo'ljallangan stansion psixrometrning quruq termometrlari bo'yicha o'lchanadi. Stansion psixrometr psixrometrik budkaning ichiga o'rnatiladi (2.1-rasm).

Psixrometrik termometrlar bo'limlari qiymati $0,2^{\circ}\text{C}$ bo'lgan, o'rnatilgan sutrang shishali shkalaga ega. Hisob $0,1^{\circ}\text{C}$ aniqlik bilan amalga oshiriladi. Bu termometrlar juda sezgir va kichik inersiyali. Termometr rezervuari shar shakliga ega. Himoya naychasi yuqori qismida ilgakli metall qalpoqchaga ega. U termometrni o'rnatish uchun xizmat qiladi.

Psixrometrik termometrlar turli oraliqdagi shkalalar bilan ishlab chiqariladi: simobli ($+41$ dan -35°C gacha) va simob-taliyli ($+35$ dan -55°C gacha). Oxirgi termometr havo harorati past bo'lgan hududlarda ishlatiladi.

Dala sharoitida havo haroratini o'lchash uchun *aspiratsion psixrometrning quruq termometri* va *prashch-termometr*dan foydalaniladi.

Aspiratsion psixrometrning termometri simobli bo'lib, bo'limlar qiymati $0,2^{\circ}\text{C}$ ga teng bo'lgan o'rnatilgan sutrang shishali shkalaga ega (2.2-rasm). Stansion psixrometrik termometr u o'lchamlarining kichikligi va rezervuarining shakli bilan farq qiladi. Bu termometr aspiratsion psixrometrning bir qismi hisoblanadi va dala sharoitida havo harorati va namligini o'lchash uchun xizmat qiladi. Simobli chizilgan shkalali prashch-termometr qalin devorli, ingichka kapillarning oxiri shishirilgan rezervuardan tashkil topgan (2.3-rasm). Oldingi tashqi tomonida shkala chizilgan. Hisob olish qulay va tez bo'lishi uchun termometrning qarama-qarshi devori sutrang shisha bilan qoplangan, bo'limlar qiymati $0,5^{\circ}$ ga teng. Termometrning yuqori qismi sharcha bilan tugaydi, bu sharchaga bog'ich bog'lanadi. Havo haroratini o'lchashda termometr bog'ich yordamida uzatilgan qo'l balandligidagi gorizontall tekislik bo'yicha aylantiriladi. Termometr havo haroratini qabul qilishi uchun ikki-uch daqiqa mobaynida aylantirish tavsiya etiladi. So'ngra bog'ich ko'rsatkich barmoqqa o'raladi va darhol hisob olinadi.

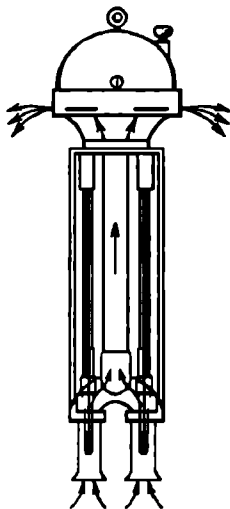


2.1-rasm. *Termometrlarning psixrometrik budkaning ichiga o'rnatilishi.*

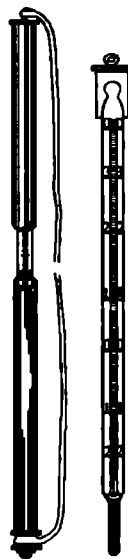
Havoning maksimal va minimal haroratini o'lchash uchun tuproq yuzasining maksimal va minimal haroratini o'lchashda qo'llaniladigan termometrlardan foydalaniladi (2.4-, 2.5-rasmlar). Bu termometrlar psixrometrik budkaning ichidagi shtativga gorizontal holatda o'matiladi. Maksimal termometr o'zagi (shtifti) bo'yicha hisob olishda asbob tuzatmasidan tashqari yana qo'shimcha tuzatma kiritiladi. U spirtning qisman bug'lanishi va kapillarning yuqori qismi devorlarida kondensatsiyalanishi sababli kiritilishi zarur. Bug'lanish natijasida rezervuardagi spirt kamayadi va termometrning ko'rsatkichi pasaygan bo'lib qoladi. Qo'shimcha tuzatma quyidagi usulda aniqlanadi: har kuni 9 va 12 soatlardagi kuzatishlar bo'yicha psixrometrik termometr va minimal termometr spirti ko'rsatkichlarining farqi topiladi. So'ngra bu farqlarning o'rtacha oylik qiymati hisoblab topiladi va bu qo'shimcha tuzatmaning son qiymati bo'ladi. Minimal termometrning o'zagi bo'yicha har kungi hisoblarga har oyda bir marta tuzatma kiritiladi.

Tuproq haroratini o'lchash uchun termometrlar.

Meteorologik stansiyalarda tuproq yuzasi haroratini o'lchash uchun muddatli, maksimal va minimal termometrlar qo'llaniladi. Bu



2.2-rasm. Aspiratsion psixrometrdagi havoning harakatlanish sxemasi.

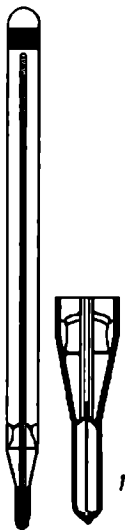


2.3-rasm. Prashch-termometr qutisi va bog'ichi bilan.

termometrlar 4x6 metrli ochiq maydonchada birgalikda o'rnatiladi. Ular rezervuarining yarmi tuproqqa zich yopishib turishi, qolgan yarmi esa tuproqqa botirilmagan bo'lishi zarur. Maydoncha o't-o'landan tozalangan, yumshatilgan bo'lishi kerak. Qor qoplami mavjud bo'lganda uchchala termometr qor ustida joylashtiriladi.

Tuproq usti muddatli termometri – bu o'rnatilgan shkalali simobli termometrdir. Shkala bo'limlari qiymati $0,5^{\circ}$ (2.6-rasm). Termometr rezervuari odatda silindr shakliga ega. Bu termometr bo'yicha kuzatish ma'lumotlari muddat soatlaridagi hisob ko'rsatkichlariga kiritiladi.

Maksimal termometr – kuzatish muddatlari orasidagi vaqtning eng yuqori haroratini o'lchash uchun xizmat qiladi. U simobli sutrang shisha shkalali termometr. Harorat shkalasining bo'limlari qiymati $0,5^{\circ}$ bo'lib, rezervuari silindr yoki shar shaklida bo'lishi mumkin. Shkala chegaralari -36° dan $+51^{\circ}$ gacha yoki -21° dan $+71^{\circ}$ gacha bo'ladi. Maksimal termometr rezervuarining tagiga konussimon shisha naycha kavsharlangan, uning yuqori qismi kapillar ichiga chiqadi. Shuning uchun kapillarning boshlanishida simobning kapillardan rezervuargacha erkin tushishiga to'sqinlik qiladigan torayish yuzaga keladi. Harorat



2.4-rasm. *Maksimal termometr.*



2.5-rasm. *Minimal termometr.*



2.6-rasm.
Muddatli
tuproq
termometri.

ortganda simob issiqlik kengayishi ta'siri ostida itarilib, toraygan joydan kapillyarga o'tadi. Harorat pasayganda simob kapillyardan rezervuarga qaytib o'ta olmaydi, chunki simob zarrachalari orasidagi bir-biriga tirkalganlik kuchi termometrning toraygan joyidagi ishqalanish kuchini yengishga yetmaydi va shu joyda simobning uzilishi yuz beradi. Kapillarda qolgan simob ustuni ma'lum vaqt oralig'idagi maksimal haroratni ko'rsatadi. Simob kapillardan rezervuarga qaytib tushishi uchun termometr qo'l bilan bir necha bor silkitiladi.

Maksimal termometr gorizontal holatda o'rnatiladi. Kuzatish vaqtida termometr rezervuariga qarama-qarshi bo'lgan tomondagi simob torayish tomonga ketishi uchun asta-sekin ko'tariladi va hisob olinadi. Hisob olingandan so'ng termometrning simob ustuni muddatli termometrning haroratiga mos keladigan holatni egallaguncha silkitiladi. Bu bilan termometr keyingi o'lchash uchun tayyorlab qo'yiladi. Olingan hisoblar kuzatishlar kitobiga yoki maxsus blankka yoziladi.

Minimal termometr kuzatish muddatlari oralig'idagi eng past haroratni o'lchash uchun xizmat qiladi.

Bu termometr spirtli, o'rnatilgan sutrang shishali shkalaga ega bo'lib, shkala bo'limalarining qiymati 0,5° Termometr rezervuari silindr shaklida. Kapillarning rezervuarga qarama-qarshi tarafidagi uchi kengaygan qismga ega. Harorat ko'tarilganda spirt hajmining ortishi oxirgi shkaladan ortib ketganida shu kengaygan joyda yig'iladi. Spirt bug'lari ham shu joyda yig'iladi.

Minimal termometr kapillaridagi spirt ichida kichkina ingichka shisha o'zakcha joylashtirilgan. O'zakchani bir tomoni mixning qalpog'ini eslatadi. Rezervuar tepa qilib vertikal holatda ushlanganda o'zakcha spirtning sirt tarangligi pardasiga yetguncha erkin harakatlanadi. Gorizontal holatda u orqaga, rezervuar tomonga shu parda bosimi ostida harakatlanadi. Bu esa faqat harorat pasayganda sodir bo'ladi. Agar harorat ko'tarilsa, spirt ustuni sathi ko'tarilib boradi, o'zak esa minimal haroratga mos keladigan sathda qoladi.

Minimal termometrlar doim gorizontal holatda o'rnatiladi. Kuzatish vaqtida termometrlarga tegmay o'zakning qalpoqchali tomonidan

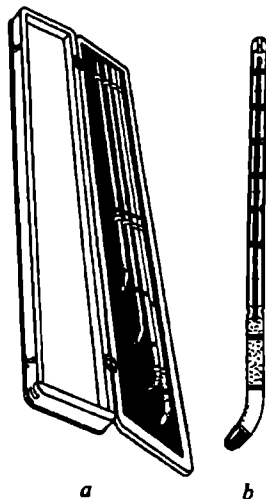
minimal harorat hisobi olinadi, muddatdagi harorat esa spirt ustuni sathi bo'yicha olinadi.

Hisob olingandan so'ng termometr rezervuari tepaga qilib, o'zak spirt sathiga tushguncha ushlab turiladi. Keyin termometr yana gorizontol holatda o'rnatib qo'yiladi. Bu bilan termometr keyingi o'lchash uchun tayyorlab qo'yiladi.

Savinov tuproq termometrlari tuproqning 5, 10, 15 va 20 sm chuqurliklaridagi haroratni o'lchash uchun xizmat qiladi (2.7-rasm). Bu termometr simobli, o'rnatilgan sutrangli shishali shkalaga ega bo'lib, shkala bo'limlarining qiymati $0,5^{\circ}$. Rezervuar termometrning qolgan qismiga nisbatan 135° burchak ostida joylashgan. Rezervuardan to termometr shkalasi boshlanguncha bo'lgan qism kul va paxtadan tayyorlangan termoizolatsiyaga ega. Termoizolatsiya tuproqning yuqoridagi qatlamlari haroratining termometr ko'rsatkichlariga ta'sir ko'rsatmasligi uchun qo'llaniladi.

Savinov tuproq termometrlari ham tuproq usti haroratini o'lchaydigan termometrlar o'rnatiladigan maydonchada o'rnatiladi. Oldin sharqdan g'arbga tomon yo'nalgan chuqur bo'lmagan tor xandaqcha kavlanadi. Bu vaqtda tuproq qavat-qavat qilib chiqarib olinishi zarur. Xandaqchani shimoliy tomoni tik qilib kavlanadi. Xandaqcha tayyor bo'lganidan so'ng termometrlarning rezervuarlari uning tik devorli tomoniga kerakli chuqurliklarda gorizontol qilib tiqib chiqiladi. So'ngra xandaqcha tuproq bilan shibbalab ko'miladi, bunda xandaqchadan olingan qatlamlarning asl ketma-ketligi saqlanishi lozim.

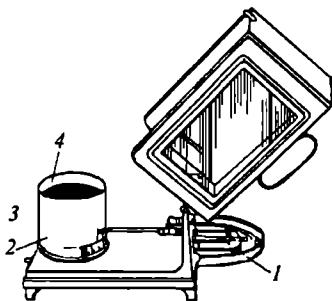
Savinov termometrlari bo'yicha kuzatishlar faqat yilning iliq vaqtida olib boriladi. Tuproqning muzlashi boshlanishidan oldin bu termometrlar olib qo'yiladi, chunki tuproqning yuza qismi muzlaganda odatda ular sinadi. Savinov termometrlari bo'yicha hisob olish 5 sm chuqurlikda joylashgan termometrdan boshlab ketma-ketlikda amalga oshiriladi.



2.7-rasm. a — Savinov termometrlari komplekti, b — Savinov termometri.

2.4. Deformatsion termometrlar

Deformatsion termometrlarning ishlashi havoning harorati o'zgarganda bimetall plastinkalar chiziqli o'lchamining o'zgarishi prinsipiga asoslangan. Bu termometrlarning qabul qiluvchi qismi bimetall plastinka (1) hisoblanadi (2.8-rasm). U turli chiziqli kengayish koeffitsiyentiga ega bo'lgan ikkita metall plastinkadan iborat. Meteorologik asboblarda bu maqsadda invar qotishma va magnitlanmaydigan po'latdan foydalaniladi.



2.8-rasm. *Termograf.*

Meteorologik stansiyalarda ma'lum vaqt oralig'ida havoning haroratini uzluksiz qayd qilib borish uchun bimetall termograflar qo'llaniladi. Termograflardagi bimetall plastinkaning bir tomoni harakatlanmaydigan qilib mahkamlangan, boshqa tomoniga richaglar tizimi yordamida stryelka biriktirilgan, bu stryelka uchiga esa pero (2) o'rnatilgan. Pero qurib qolish va muzlashdan saqlangan glitserinli anilin siyoh bilan to'ldiriladi. Havo harorati o'zgarganda bimetall plastinka o'z egilishini o'zgartiradi va bu o'zgarish richaglar yordamida kattalashtirilib peroli stryelkaga uzatiladi. Pero o'z navbatida aylanayotgan gardish ustidagi tasmada havo harorati o'zgarishiga mos keluvchi egri chiziqni chizadi. Gardish soat mexanizmi (3) yordamida harakatga keltiriladi. Termograf va boshqa o'ziyozar qurilmalar gardishning aylanish tezligiga qarab sutkalik va haftalik termograflarga bo'linadi. O'ziyozar sutkalik qurilmalar tasmalarining vertikal bo'yicha vaqt shkalasi qiymati 15 daqiqaga, haftalikda esa 2 soatga teng. Termograf tasmaining gorizontal shkalasi bo'limlarining qiymati 1° ga teng. Gardishning soatli mexanizmi vaqt bo'yicha ilgari ketishi yoki orqada qolishi mumkin. Uning yurish tezligini boshqarish uchun "stryelka-regulator" ko'zda tutilgan. U gardishning ustidagi kalit (4) yonida joylashgan. Kalit esa mexanizm birligini oshirish uchun xizmat qiladi. Sutkalik termografning tasmasi har sutkada soat 12 dagi kuzatish vaqtida almashtiriladi. Haftalik termograflarning tasmasi har dushanba kuni soat 12 dagi kuzatish vaqtida almashtiriladi. Havo haroratining

tebranishlari yozilgan (chizilgan) tasma (termogramma) saqlab qo'yiladi va qayta ishlanadi.

Bimetall termometrlarning sezgirligi harorat 1°C ga o'zgarganda bimetall plastinka erkin tomonining siljishiga (mm/grad) proporsional. U plastinka metallari chiziqli kengayish koeffitsiyentlarining farqi va bimetall plastinka yuzasiga to'g'ri va plastinka qalinligiga teskari proporsional.

2.5. Termoelektrik termometrlar

Ikkita turli xil o'tkazgichlardan hosil qilingan termojuftlik eng sodd termoelektrik termometr hisoblanadi. O'tkazgichlar juftligi hosil qilgan EYuK ni o'lchab, kavsharlangan joylardagi haroratlar farqini quyidagi tenglama bo'yicha hisoblash mumkin:

$$\varepsilon = e(t_1 - t_2) \quad (2.10)$$

Bir nechta termojuftliklarni ketma-ket ulab, termo-EYuK juftliklar termo-EYuK lari yig'indisiga teng bo'lgan termobatareya hosil qilinadi. Agar juftliklar va barcha juftliklarning kavsharlangan joylaridagi haroratlar farqi bir xil bo'lsa, batareya hosil qiluvchi yig'indi EYuK juftliklarining soniga proporsional bo'ladi (2.9-rasm).

Galvanometr va termobatareyadan tashkil topgan termoelektrik termometrning *sezgirligi* deganda, kavsharlangan joylardagi harorat 1°S ga o'zgarganda galvanometr strelkasi nechta bo'limga siljishini ko'rsatuvchi son tushuniladi.

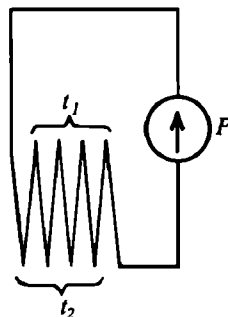
Agar bitta juftlikning qarshiligi $- R_n$, juftliklar soni $- n$, galvanometr qarshiligi $- R_g$ va ulovchi o'tkazgichlar qarshiligi $- r$ bo'lsa, kavsharlangan joylardagi haroratlar farqi $t = t_1 - t_2$ bo'lganda termobatareya zanjirida quyidagi EYuK hosil bo'ladi:

$$\varepsilon = net \quad (2.11)$$

va galvanometrdan

$$I = \frac{net}{R_g + nR_n + r} \quad (2.12)$$

tok oqa boshlaydi.



2.9-rasm. Termoelektrik batareya.

Galvanometr klemmalaridagi kuchlanish tushishi

$$U = IR_g = \frac{netR_g}{R_g + nR_n + r} = \frac{net}{1 + \frac{nR_n + r}{R_g}} \quad (2.13)$$

bo'ladi. Bundan

$$\frac{dU}{dt} = \frac{ne}{1 + \frac{nR_n + r}{R_g}} \quad (2.14)$$

hosil bo'ladi.

Klemmalardagi kuchlanish o'zgarishidan galvanometr strelkasining siljishiga $dU = c_v dN$ (bu yerda c_v – galvanometr shkalasi bo'limlarining voltlardagi qiymati, dN – galvanometr strelkasining galvanometr klemmalaridagi kuchlanish o'zgarishi dU ga mos keluvchi siljishi) munosabat orqali o'tsak, sezgirlikni aniqlash tenglamasini hosil qilamiz:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{1}{c_v} \frac{ne}{1 + \frac{nR_n + r}{R_g}}. \quad (2.15)$$

Termoelektrik termometrning sezgirligi faqat galvanometr qarshiligi zanjirning qolgan qismi qarshiligidan ancha katta bo'lgandagina juftliklar soniga proporsional bo'lishini tushunish qiyin emas. Haqiqatan, agar $R_g \gg nR_n + r$ bo'lsa,

$$\frac{dN}{dt} = \frac{ne}{c_v} \text{ bo'ladi.}$$

Aks holda, ya'ni $R_g \ll nR_n + r$ va shu bilan birga $nR_n \gg r$ bo'lsa, sezgirlik

$$\frac{dN}{dt} = \frac{eR_g}{c_v R_n} \quad (2.16)$$

bo'ladi. Ya'ni juftliklar sonining ortishi amalda termometrning sezgirligini o'zgartirmaydi.

Harorat, va demak, termoelektrik termometr zanjirini tashkil etuvchi o'tkazgichlar qarshiligi o'zgarganda, uning sezgirligi biroz o'zgaradi. Agar bu holatni hisobga olmasak, u o'lchash natijalarini

buzib ko'rsatishi mumkin. Xatoliklarning prinsipial manbalari ichidan Peltie effektini ta'kidlab o'tish lozim. Uning oqibatida kavsharlangan joylardagi haroratlar farqi termokavsharlar joylangan nuqtalardagi haqiqiy haroratlar farqiga nisbatan kichikroq bo'lib qoladi.

Agar termo-EYuK ni o'lchashning aniqroq chizmalari, masalan, 2.10-rasmda ko'rsatilgan termojuftlik EYuK manbai sifatida qo'shilgan kompensatsion chizma qo'llansa, sanab o'tilgan barcha xatolik manbalari bartaraf etilishi mumkin.

Agar $t_1 = t_2$ bo'lganda, galvanometrda tok bo'lmasa, bu batareya hosil qilgan R_E qarshilikdagi kuchlanish tushishi termojuftlik hosil qiluvchi teskari ishorali elektr yurituvchi kuch tomonidan aniq kompensatsiyalanishini bildiradi. Kompensatsiya mavjud bo'lganda r qarshilikdan o'tayotgan tok kuchi milliampermetr mA dan o'tayotgan tok kuchiga aniq teng bo'lgani uchun mazkur qarshilikdagi kuchlanish tushishini aniqlash qiyin emas.

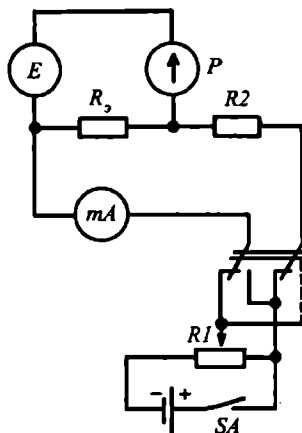
Kompensatsion chizma bilan ishlashda o'lchash jarayoni kuchlanish bo'luvchining jildirgichini galvanometrda tok yo'qoladigan holatga olib kelishdan iborat. Vaqtning shu momentida milliampermetrdagi tok kuchini o'lchab, $IR_E = e(t_1 - t_2)$ tenglamani haroratlar farqiga nisbatan yechsak, quyidagini hosil qilamiz:

$$t_1 - t_2 = \frac{R_E}{e} I \quad (2.17)$$

Agar termojuftlikning o'miga n ta bir xil juftliklardan tashkil topgan termobatareya qo'llansa, u holda

$$t_1 - t_2 = \frac{R_E}{ne} I. \quad (2.18)$$

Termojuftlik zanjiridagi termotok va batareyadan kelayotgan tok o'zaro qarama-qarshi yo'nalgandagina kompensatsiyaga erishish mumkin. Termotokning yo'nalishi $t_1 - t_2$ haroratlar farqining ishorasi bilan belgilanadi. Batareyadan kelayotgan tokning yo'nalishi esa almashtirgich bilan o'zgartiriladi.



2.10-rasm. EYuK ni o'lchashning kompensatsion sxemasi.

Kompensatsion termoelektrik termometrning *sezgirli*gi kompensatsiya sharoitida mikroampermetr strelkasining kavsharlangan joylardagi haroratlar farqining 1°C ga o'zgarishiga mos keluvchi siljishi bilan xarakterlanadi.

Agar mikroampermetr bitta bo'limining qiymati c_a bo'lsa, u holda sezgirlik quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{1}{c_a} \frac{ne}{R_E} \quad (2.19)$$

(2.15) tenglamadan farqli (2.19) tenglamaga doimiy R_E qarshilikdan tashqari, galvanometr va termometr zanjirining qarshiliklari kirmaydi. Shunday qilib, kompensatsion termometrning sezgirli gi termojuftlik, galvanometr va ulovchi o'tkazgichlar qarshiliklarining o'zgarishlariga bog'liq bo'lmaydi. Peltie effektiga kelsak, kompensatsion chizmada termojuftlik zanjiridagi tok kompensatsiya yordamida yo'qotilganligi uchun bu effekti bartaraf etiladi.

Agar kompensatsion chizmada tok manbaining kuchlanishi o'zgarmas saqlab turilsa, R va R_E o'zgarmas bo'lganda mikroampermetrdan o'tayotgan tok kuchi, kuchlanish bo'luvchi jildirgichining holati bilan bir qiymatli aniqlanadi. Shuning uchun, biror usul bilan tok manbai kuchlanishining doimiy saqlanishi ta'minlansa, mikroampermetrdan butunlay voz kechish mumkin. Kompensatsiya momentidagi tok kuchi, va demak, kavsharlangan joylardagi haroratlar farqi to'g'risida kuchlanish bo'luvchi jildirgichining holati bo'yicha xulosa qilish mumkin. Misol uchun, bunday usul elektron avtomatik potensiometrli termojuftliklarda qo'llaniladi.

Termoelektrik termometrlar nafaqat harorat o'zgarishlarini, balki o'zgarishlari harorat o'zgarishlariga olib kelinadigan boshqa kattaliklarni, masalan, radiatsiya oqimini qayd qilishda ham foydalaniladi.

Haroratlar farqini emas, balki bitta nuqtadagi haroratni o'lchash talab qilinsa, va ishlatilmayotgan kavsharlangan joydagi termostatlash biror sababga ko'ra qiyin bo'lsa, ishlatilmayotgan kavsharlangan joy havoda joylanadi va undagi harorat o'zgarishlarini kompensatsiyalash qo'llaniladi.

2.6. Qarshilikli termometrlar

Elektr qarshiligining haroratga bog'liqligi qarshilikli termometrlarning termometrik xossasi hisoblanadi. Ularda metall va yari-mo'tkazgich termoqarshiliklar datchiklar sifatida foydalaniladi. Harorat o'zgarishlari oqibatida datchiklar qarshiligining o'zgarishini aniqlovchi o'lchash chizmasi sifatida ularda asosan ko'prik chizmalari qo'llaniladi.

Qarshilikli termometrlarning muayyan chizmalarini ko'rib chiqamiz.

2.6.1. Muvozanatlangan qarshilikli termometrlar

Termometrning prinsipial chizmasi 2.11-rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda R – datchikning qarshiligi, R_1, R_2, R_3 – doimiy qarshiliklar bo'lib, ulardan bittasi, ikkitasi yoki barchasi boshqariladi, P – galvanometr, R_4 – reostat, r – datchikka keluvchi ulovchi o'tkazgichlarning qarshiligi.

Agar boshqariluvchi qarshiliklarni o'zgartirib, ko'prik muvozanatiga (galvanometrda tokning yo'qligiga) erishsak, u holda $r \ll R$ bo'lganda, “ko'prik muvozanatida qarama-qarshi yelkalarda joylashgan qarshiliklarning ko'paytmasi o'zaro teng” qoidasiga muvofiq datchikning qarshiligini quyidagi munosabatdan aniqlash mumkin:

$$RR_3 = R_1 R_2 \quad (2.20)$$

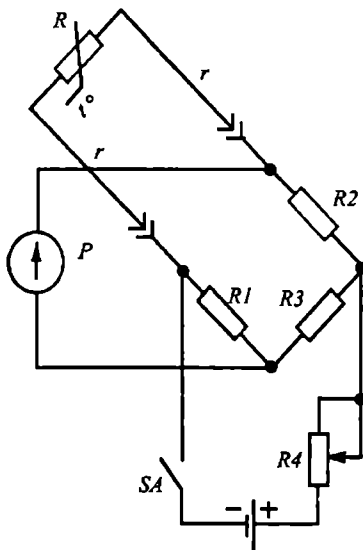
(2.20) tenglamaga

$$R = R_0 e^{\alpha t} \quad (2.21)$$

ifodani qo'yib, natijani t ga nisbatan yechsak, metall termoqarshilikli termometrlar uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{R_1 R_2}{R_3 R} \quad (2.22)$$

Shunday qilib, ko'prikning uchta yelkasidagi qarshiliklar, ko'rsatkichning 0°C dagi qarshiligi va α koeffitsiyentini bilgan holda (2.22) tenglama asosida datchik haroratini hisoblashimiz mumkin.



2.11-rasm. Qarshilikli termometrning sxemasi.

Bunday hisoblar odatda faqat namunaviy termometrlar uchun bajariladi. Qolgan hollarda termometrlar namunaviy termometrga taqqoslanib, shkala bo'limlariga ajratiladi.

Muvozanatlangan qarshilikli termometrlarning *sezgirli*gi datchik harorati 1°C ga o'zgarganda ko'pri muvozanatda qolishi uchun boshqariluvchi qarshiliklarni qanchaga o'zgartirish kerakligini ko'rsatadi. Agar R_2 yelkasi yagona boshqariluvchi yelka bo'lsa, sezgirlik

deganda $\frac{dR_2}{dt}$ kattalik tushuniladi. (2.20) ni R_2 ga nisbatan yechib, hosil bo'lgan ifodani harorat bo'yicha differensiallasak, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{dR_2}{dt} = \alpha \frac{R_3 R}{R_1} = \alpha R_2 \quad (2.23)$$

Bundan boshqariluvchi yelkaning qarshiligi va datchik qarshiligining harorat koeffitsiyenti qanchalik katta bo'lsa, bitta boshqariluvchi yelkali muvozanatlangan termometrning sezgirligi shuncha katta bo'lishi kelib chiqadi.

Ta'kidlash lozimki, bu yo'l bilan hisoblangan sezgirlik faqat galvanometr R_2 qarshilikning mos o'zgarishlarini aniqlash sezgirligiga ega bo'lgandagina amalda tadbiq etilishi mumkin.

Yarimo'tkazgich termoqarshilikli termometrlar uchun

$R = Ae^{\frac{\alpha}{T}}$ ifoda o'rinli. Bu yerda A , α – termoqarshilik doimiylari. Bu ifodani (2.20) ga qo'yib, natijani T ga nisbatan yechsak, yarimo'tkazgich termoqarshilikli termometrlar uchun datchik harorati va R_2 boshqariluvchi qarshilik orasidagi bog'lanishni hosil qilamiz:

$$T = \alpha \left(\ln \frac{R_1 R_2}{R_3 A} \right)^{-1} \quad (2.24)$$

(2.23) ga

$$\frac{dR}{dt} = \frac{dR}{dT} = -\frac{R\alpha}{T^2} \quad (2.25)$$

ifodani qo'yib, yarimo'tkazgich termoqarshilikli muvozanatlangan termometrning sezgirligi uchun ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{dR_2}{dt} = \frac{R_3}{R_1} \frac{dR}{dt} = -R_2 \frac{\alpha}{T^2} \quad (2.26)$$

Metall termoqarshiliklarga nisbatan yarimo'tkazgich termoqarshiliklar uchun α koeffitsiyentining ancha katta ekanligini hisobga olsak, boshqa teng sharoitlarda yarimo'tkazgich termoqarshiliklarning sezgirligi ancha katta bo'ladi. Biroq yarimo'tkazgich termoqarshilikli termometrlarning shkalasi metall termoqarshilikli termometrlarning shkalasiga nisbatan nochiziqli.

Muvozanatlangan qarshilikli termometrlarning asosiy xatoliklari va ularni bartaraf etish yo'llarini ko'rib chiqamiz. Qarshilikli termometrlar bir qator o'ziga xos kamchiliklarga ega va ularni bunday termometrlardan foydalanishda hisobga olish zarur.

Ulovchi o'tkazgichlar qarshiligining o'zgarishi bilan bog'liq xatoliklar. Yuqoridagi sxemada barcha ulovchi o'tkazgichlarning qarshiliklari o'ta kichik deb qabul qilingan edi. Biroq, ko'p hollarda haroratni o'lchash, o'lchash obyekti ko'priknining qolgan yelkalaridan sezilarli katta masofada joylashtirilgan sharoitda amalga oshiriladi. Bunda datchikka ulangan o'tkazgichlarning ta'siri sezilarli bo'ladi. Manganin yoki konstantanlarning solishtirma qarshiligi katta bo'lgani

va qimmat turishi sababli amalda ular o'tkazgichlarni tayyorlashda qo'llanilmaydi. Odatda o'tkazgichlar har qanday metall datchiklar kabi harorat o'zgarishlariga yaxshi sezgirlikka ega bo'lgan misdan tayyorlanadi. Biroq, bu holda chizma o'lchash obyekti haroratining o'zgarishlari bilan birga datchikka ulangan o'tkazgichlar joylangan muhit haroratining o'zgarishlarini ham qayd qiladi.

Bunday holat 2.11-rasmda ko'rsatilgan eng sodda termometr chizmasi bo'yicha o'lchashlarda sezilarli noaniqliklarni keltirib chiqaradi. Bu noaniqliklarni minimallashtirish uchun quyidagi usullar qo'llaniladi.

Chizmada yuqori omli metall va yarimo'tkazgich datchiklarini qo'llash. Agar datchikka ulangan o'tkazgichlarning qarshiligi r ga, ulardan tayyorlangan material qarshiligining harorat koeffitsiyenti α' ga teng bo'lib, o'tkazgichlar harorati $\Delta t'$ chegarada o'zgarsa, u holda har bir o'tkazgichning qarshiligi quyidagi chegarada o'zgaradi:

$$\Delta r = r \alpha' \Delta t'$$

Agar datchikning qarshiligi R , qarshilikning harorat koeffitsiyenti α bo'lsa, o'tkazgichlar qarshiligining bu o'zgarishi datchik haroratining Δt kattalikka o'zgarishiga ekvivalent bo'ladi va quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$r \alpha' \Delta t' = R \alpha \Delta t$$

Bu yerdan r qarshilikli o'tkazgichlar haroratining $\Delta t'$ chegarada o'zgarishini hisobga olinmaganligi oqibatidagi o'lchashlar xatoligi quyidagicha bo'lishi kelib chiqadi:

$$t = 2 \frac{\alpha'}{\alpha} \frac{r}{R} \Delta t' \quad (2.27)$$

(2.27) ifodadan datchik qarshiligi R o'tkazgichlar qarshiligi r dan qancha katta bo'lsa, xatolikning shuncha kichik bo'lishi kelib chiqadi. Katta α koeffitsiyentiga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli datchiklarni

qo'llab, boshqa teng sharoitlarda xatolikni $\frac{\alpha}{\alpha'}$ marta kamaytirish mumkin. (2.27) ifodadan tuzatmalar kiritishda foydalaniladi. Bu holda $\Delta t'$ kattaligini o'tkazgichlar haroratining termometrni bo'limlarga ajratishida u ega bo'lishi kerak bo'lgan haroratdan chetlanishi deb

qarash kerak. Tuzatmalar kiritish uchun o'tkazgichlar haroratini nisbatan katta bo'lmagan (R ga nisbatan r qancha kichik bo'lgandagi) aniqlik bilan bilish yetarli.

2.6.2. Muvozanatlanmagan qarshilikli termometrlar

Muvozantlanmagan qarshilikli termometrning prinsipial chizmasi ham 2.11-rasmda ko'rsatilgandek bo'ladi. Biroq, bu yerda R_p , R_2 , R_3 qarshiliklar o'lchashlar vaqtida o'zgarmaydi. Odatda ular orasidagi nisbat chizmani yig'ish vaqtida shunday tanlanadiki, termometrda o'lchash mo'ljallangan haroratlar diapazonida ko'priq muvozanatiga minimal (yoki maksimal) haroratda erishiladi. U holda ekstremal haroratlardan boshqa har qanday haroratlarda termometr harorati minimal (maksimal) haroratdan qancha ko'p farq qilsa, galvanometrda shuncha katta tok oqadi.

Agar minimal (yoki maksimal) haroratda ko'priq yelkalarini $R_1=R_2=R_3=R_4$ tenglik bajariladigan qilib tanlansa, u holda metall termoqarshilik qo'llanilganda datchikning minimal (maksimal) haroratdan farq qiluvchi t haroratida galvanometrda quyidagi tok o'tadi:

$$I = \frac{U(R - R_1)}{4R_1(R_g + R_1)}. \quad (2.28)$$

Termistorlar uchun ifoda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$I = \frac{U(R_0 e^{\alpha t} - R_1)}{4R_1(R_g + R_1)}. \quad (2.29)$$

(2.29) ni t ga nisbatan yechsak,

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{4IR_1(R_g + R_1) + UR_1}{UR_0} \quad (2.30)$$

ifodani hosil qilamiz.

Shunday qilib, R_p , R_2 , R_3 qarshiliklar, α koeffitsiyenti va U kuchlanishni bilgan holda galvanometrda o'tayotgan tok kuchini o'lchab, (2.30) tenglama asosida termoqarshilikning haroratini aniqlash mumkin.

Muvozanatlanmagan termometrning sezgirligi datchik harorati 1°C ga o'zgarganda galvanometr strelkasi nechta bo'limga siljishini ko'rsatadi.

(2.28) ifodani harorat bo'yicha differensiallasak, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{UR}{4R_l(R_g + R_l)} \frac{dR}{dt}. \quad (2.31)$$

Agar $\frac{dR}{dt} = R\alpha$ va $\frac{dI}{dt} = c_a \frac{dN}{dt}$ (bu yerda c_a – galvanometr shkalasi

bo'limining amperlardagi qiymati, $\frac{dN}{dt}$ – ko'rsatkich harorati 1°C ga o'zgarganda galvanometr strelkasining qidirilayotgan siljishi) ekanligini hisobga olsak, u holda sezgirlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\alpha UR}{4c_a R_l(R_g + R_l)}. \quad (2.32)$$

Shunday qilib, teng yelkali muvozanatlanmagan termometrning sezgirliги ko'prikk berilgan kuchlanish va qarshilikning harorat koeffitsiyentiga to'g'ri, galvanometr shkalasi bo'limining qiymatiga teskari proporsional bo'lib, chizmani tarkibiga kiruvchi qarshiliklarga ham bog'liq.

Yarimo'tkazgich termotarshilikli termometrlar uchun sezgirlik tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\alpha UR}{4c_a R_l T^2 (R_g + R_l)}. \quad (2.33)$$

Muvozanatlangan termometrlarda bo'lgani kabi yarimo'tkazgich termotarshilikli muvozanatlanmagan termometrlarning sezgirliги metall termotarshilikli termometrlarning sezgirligidan kattaroq bo'ladi. Biroq ularning shkalalari kattaroq nochiziqlikka ega.

2.6.3. Differensial qarshilikli termometrlar

Obyektlar o'rtasidagi haroratlar farqini bevosita o'lchash talab qilinganda differensial termometrlar qo'llaniladi. Ikkita bir xil termotarshilik bir-biriga bog'langan yelka sifatida kiritiladi. Termotarshiliklar haroratlar farqi o'lchanayotgan obyektlar bilan issiqlik muvozanatida bo'lishi lozim. Differensial termometrlar to'liq avtomatlashtirilgan bo'lishi mumkin.

2.7. Radiatsion termometrlar

Radiatsion termometrlar issiqlik nurlanishi qonunlariga asoslanadi. Mutlaq qora jismlar (MQJ) uchun bu qonunlar aniq o'rganilgan.

T haroratda to'liq uzunliklarining birlik intervalidagi λ to'liq uzunligi sohasida MQJ ning $V_{\lambda,T}$ *spektral nurlantirish qobiliyatini* hisoblashga imkon beruvchi *Plank qonuni* asosiy nurlanish qonuni hisoblanadi. Bu kattalik nurlanishning *spektral jadalligi* yoki *nurlanish quvvati oqimining spektral zichligi* deb ham ataladi.

Issiqlik nurlanishining kvant tabiati to'g'risidagi taxminga ko'ra

$$B_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \left(e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1} \quad (2.34)$$

ekanligini ko'rsatish mumkin. Bu yerda h – Plank doimiysi, c – vakuumdagi yorug'lik tezligi, k – Bolsman doimiysi.

(2.34) tenglamadan λ ning ixtiyoriy qiymatlari uchun haroratning pasayishi bilan $V_{\lambda,T}$ nurlantirish qobiliyatining monoton kamayib borishi kelib chiqadi. Bu haroratning pasayishi bilan to'liq uzunliklarining barcha sohalarida harorat nurlanishining kamayishini bildiradi.

To'liq uzunligining funksiyasi sifatida nurlantirish qobiliyati MQJ ning haroratiga bog'liq bo'lgan to'liq uzunligining muayyan λ_m qiymatida maksimumga erishadi, $\lambda=0$ va $\lambda=\infty$ bo'lganda esa nolga teng bo'ladi.

λ_m va haroratni bog'lovchi tenglama *Vin qonuni* deb ataladi:

$$\lambda_m = \frac{c_m}{T}, \quad (2.35)$$

bu yerda c_m – Vin doimiysi.

MQJ ning *integral nurlantirish qobiliyati* quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$B = \sigma T^4, \quad (2.36)$$

bu yerda σ – Bolsman doimiysi.

Yuqorida keltirilgan MQJ ning nurlanish qonunlariga asoslanib, uch turdagi radiatsion termometrlarni hosil qilish mumkin.

O'rganilayotgan oqimdan kelayotgan to'liq uzunligining yetarlicha ensiz diapazonida nurlanish oqimining zichligini o'lchash mumkin:

$$B_{\Delta\lambda} = \int_{\lambda-\lambda/2}^{\lambda+\lambda/2} B_{\lambda} d\lambda. \quad (2.37)$$

Bu nurlanish bo'yicha o'lchash obyektining harorati aniqlanadi. *Monoxromatik radiatsion termometrlarning* ishlashi shu prinsipga asoslanadi.

Integral nurlantirish qobiliyatini o'lchash va uning asosida obyektning haroratini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$T = 4 \sqrt{\frac{B}{\sigma}}. \quad (2.38)$$

Bular *integral o'lchash radiatsion termometrlaridir*.

Va nihoyat, turli to'liq uzunliklari uchun B ni o'lchab, nurlantirish qobiliyatining to'liq uzunligiga bog'lanishini aniqlash va undan λ_m ni topib olib, obyektning haroratini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$T = \frac{c_m}{\lambda_m}. \quad (2.39)$$

Bular *maksimal nurlanish termometrlaridir*.

Maksimal nurlanish termometrlari *yorug'lik termometrlari* deb ham ataladi. Bunday nomlanish jismning yetarlicha yuqori haroratlarda nurlanish spektral tarkibi maksimumining siljishi oqibatida termometr rangining ko'zga sezilarli o'zgarishi bilan bog'liq.

Monoxromatik va integral nurlanish termometrlarining imkoniyatlarini baholash uchun ularning *nisbiy sezgirliklarini* taqqoslash lozim. Ularning nisbiy sezgirligi deganda jism haroratining birlik o'zgarishiga mos keluvchi spektral va integral nurlantirish qobiliyatlarining nisbiy o'zgarishlarini tushunish kerak:

$$\begin{cases} \frac{1}{B\lambda} \frac{dB_{\lambda}}{dT} = \frac{hc}{k\lambda T^2} \left(1 - e^{-\frac{hc}{k\lambda T}} \right)^{-1} \\ \frac{1}{B} \frac{dB}{dT} = \frac{4}{T} \end{cases} \quad (2.40)$$

Maksimal nurlanish termometrlarining *nisbiy sezgirligini* jism haroratining birlik o'zgarishiga mos keluvchi maksimal nurlanish to'liq uzunligining nisbiy o'zgarishi orqali xarakterlaymiz:

$$\frac{1}{\lambda_m} \frac{d\lambda_m}{dT} = -\frac{1}{T}. \quad (2.41)$$

Haroratning pasayishi bilan λ_m ortgani sababli maksimal nurlanish termometri sezgirligining ishorasi manfiy.

2.8. Akustik termometrlar

Akustik termometrlar tovush tarqalishi tezligining muhit haroratiga bog'liqligiga asoslanadi. Xususan, ular tadqiq etilayotgan tovush o'tuvchi fazoning muayyan qismi bo'yicha o'rtachalangan havo haroratini o'lchashda qo'llaniladi.

Tovush tezligi uchun formula birinchi bo'lib Laplas tomonidan taklif etilgan. Akustik tebranishlar ideal gaz muhitida sodir bo'ladi va ular kichik amplitudaga ega deb faraz qilib, tovush tezligi uchun formula quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$c = \sqrt{\frac{\lambda R T_v}{\mu}}, \quad (2.42)$$

bu yerda $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ – doimiy bosim va hajm sharoitidagi havoning solishtirma issiqlik sig'implarining nisbati, R – universal gaz doimiysi, μ – havoning molekular massasi, T_v – havoning virtual harorati.

(2.32) tenglamaning tarkibiga kiruvchi kattaliklarning quruq havo uchun son qiymatlarini qo'ysak, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$c = 20,1\sqrt{T} \text{ m/s} \quad (2.43)$$

Akustik termometrlarning *nisbiy sezgirligi* quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{1}{c} \frac{dc}{dT} = \frac{10}{T\sqrt{T}}. \quad (2.44)$$

Formuladan normal atmosfera sharoitlarida harorat 1°C ga o'zgarganda tovush tezligining taxminan 0,7 m/s ga o'zgarishi kelib chiqadi.

Nam havoda tovush tezligi havoning namligiga bog'liq bo'ladi:

$$c_n = c \left(1 + 0,14 \frac{e}{P} \right) \quad (2.45)$$

bu yerda e — suv bug'ining bosimi (gPa da).

Akustik termometrlar bilan ishlashda havoning harorati qancha yuqori bo'lsa, havo namligining ta'siri shuncha aniq hisobga olinishi kerak. Yetarlicha past haroratlarda namlikning ta'sirini e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Agar Laplas formulasini keltirib chiqarishda kiritilgan cheklashlardan voz kechilsa, akustik termometr normal atmosfera sharoitlaridan farq qiluvchi sharoitlarda ishlay boshlashi bilan sezilarli ahamiyat kasb etuvchi hisobga olinmagan qator yangi vaziyatlar aniqlanadi.

Muhitning zichligi qancha kichik va akustik tebranishlar chastotasi qancha katta bo'lsa, muhitning qovushqoqligi tovush tarqalishining fazaviy tezligiga shuncha kuchli ta'sir ko'rsatadi. Bunga muvofiq havoning zichligi kichik bo'lgan atmosferaning katta balandliklarida tovush va, ayniqsa, ultratovush tezligi Laplas formulasi bo'yicha hisoblangan qiymatlardan ortib ketadi. Tovush tezligi chastotaga bog'liq bo'lib qoladi (chastota dispersiyasi). Normal atmosfera sharoitlarida dispersiya 10^7 Gs va undan katta chastotalarda kuzatiladi.

Laplas formulasida keltirilgan bog'lanishga muvofiq havo haroratining kuchli pasayishi tovush tarqalishi tezligiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, past haroratlarda havo o'z xossalari bo'yicha ideal gazdan keskin farqlana boshlaydi va bunday sharoitlarda Laplas formulasini qo'llab bo'lmaydi. Masalan, havoning normal atmosfera bosimida $-60^\circ C$ va undan past haroratlarda Laplas formulasi sezilarli xatolarni bera boshlaydi.

Agar tovush tezligini belgilovchi barcha asosiy omillarni yetarli aniqlik darajasi bilan hisobga olsak, tovush tezligining haroratga bog'lanishi tabiiy sharoitlarning yetarlicha keng diapazonida termometrik xossa sifatida foydalanilishi mumkin.

Muayyan akustik termometrlar chizmalarini tahlil qilish yuqori chastotali akustik tebranishlar (ultratovush) termometriya uchun eng katta imkoniyatlar berishini ko'rsatadi.

Akustik termometrlarni amaliy tadbiq etish uchun ultratovush manbasi, yetarlicha sezgir qabul qiluvchi qurilma va ultratovush tarqalishi tezligini o'lchash chizmasini tanlash zarur.

Ultratovush manbasi va qabul qiluvchi qurilma sifatida odatda *pyezoelektrik effektga* ega bo'lgan materiallardan (kvars, shuningdek bariy titatnati, segnet tuzi kabi pyezokeramik materiallar) foydalaniladi.

To'g'ri pyezoelektrik effekt oqibatida mexanik siqilish yoki cho'zilish deformatsiyalari ta'sirida kristall elektr qutblanadi. Agar pyezokristall ultratovushni qabul qiluvchi qurilmada qo'llanilsa, bu effektdan ultratovush tebranishlarini qayd etishda foydalanish mumkin.

*Teskari pyezoelektrik effekt*da kristall elektr maydoni ta'sirida deformatsiyalanadi (elektrostiksiya hodisasi). Agar pyezokristall o'zgaruvchan elektr maydonining ta'siriga kiritilsa, teskari pyezoelektrik effektdan ultratovush manbasini yasashda foydalanish mumkin. Bunda kristall chetlarining tebranishlari atrof-muhitda akustik to'lqinlarni hosil qiladi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. *Meteorologik o'lchashlarda qanday harorat shkalalari qabul qilingan?*
2. *Suyuqlikli termometrlarning sezgirligi nima va ular qanday parametrlarga bog'liq?*
3. *Suyuqlikli termometrlarda qanday suyuqliklar qo'llaniladi? Nima uchun?*
4. *Havoning haroratini o'lchash uchun qanday termometrlar qo'llaniladi? Harorat qanday aniqlik bilan o'lchanadi?*
5. *Termometrlar qanday maqsadda psixrometrik budkaga joylanadi?*
6. *Maksimal va minimal harorat termometrlari qanday maqsadlarga mo'ljallangan? Ular psixrometrik budkaga qanday o'rnatiladi?*
7. *Prash-termometr qayerda qo'llaniladi?*
8. *Tuproq ustida qanday termometrlar o'rnatiladi?*
9. *Maksimal va minimal harorat termometrlarida o'lchashlar qanday xususiyatlarga ega?*
10. *Deformatsion termometrning harorat qabul qiluvchisi qaysi prinsipga asoslanadi?*
11. *Termograf qanday maqsadlarda xizmat qiladi?*
12. *Bimetall termometrning sezgirligi nima va u qaysi parametrlarga bog'liq?*
13. *Termoelektrik termometrlar qaysi prinsipga asoslanadi?*
14. *Kompensatsion o'lchash chizmasining ustunligi nimada?*
15. *Qarshilikli termometrlar qaysi prinsipga asoslanadi?*
16. *Metall va yarimo'tkazgich qarshilikli termometrlarning sezgirligi nimaga teng?*
17. *Qarshilikli termometrlar bilan haroratni o'lchash uchun qanday o'lchash chizmalari qo'llaniladi?*
18. *Turli radiatsion termometrlarni yasashda qanday prinsiplardan foydalaniladi?*
19. *Akustik termometrlar qaysi asoslarda yasaladi?*

3.1. Namlikni psixrometrik o'lchash usuli

Namlikni o'lchash usuli havo va yuzasidan suv bug'lanayotgan jism haroratlarini taqqoslash prinsiplariga asoslangan. Odatda, *psixrometr* ikkita yoki uchta bir xil termometrlardan iborat bo'lib, ulardan birining datchigi bo'z bilan o'raladi va kuzatishlar paytida distillangan suv bilan ho'llanadi. Bevosita havo harorati va ho'llangan termometrning harorati yoki quruq va ho'llangan termometrlar ko'rsatkichlari orasidagi farq (psixrometrik ayirma) o'lchanadi.

Psixrometrik o'lchash usulining nazariyasini ko'rib chiqaylik. Ho'llangan termometrning birlik yuzasidan birlik vaqt davomida atrof-muhitga suv bug'ining oqimi $SD(E' - e)$ ga teng, bu yerda S – bug'lanish yuz berayotgan yuzaning maydoni. Bu miqdordagi suvning bug'lanishiga quyidagi issiqlik sarflanadi:

$$Q_i = LSD \left(\frac{E' - e}{P} \right) \quad (3.1)$$

bu yerda L – bug'lanishga sarflanadigan issiqlik, E' – bug'lanayotgan sirt haroratida suv bug'ining maksimal bosimi, e – suv bug'ining bosimi, R – havo bosimi, D – ..., s – proporsionallik koeffitsiyenti.

Termometrga kelayotgan issiqlik oqimi ikki qismdan: atrof-muhitdan issiqlik oqimi

$$Q_2 = \alpha S (t - t') \quad (3.2)$$

va termometr sterjeni bo'ylab issiqlik oqimlaridan

$$Q_3 = \lambda S' \frac{t - t'}{z}, \quad (3.3)$$

iborat. Bu yerda α – termometr rezervuari yuzasi va havo muhiti orasidagi issiqlik almashinish koeffitsiyenti, t – quruq termometrning havo haroratiga teng bo'lgan harorati, t' – ho'llangan termometr

harorati, λ – termometr sterjenining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, S – sterjenning rezervuar yaqinidagi kesim yuzasi, $(t - t')/z$ – termometr sterjeni bo'yicha harorat gradiyentini xarakterlaydigan kattalik.

Ho'llangan termometr haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishi $dt'/d\tau$. termometrga uzatilgan issiqlik va bug'lanishga sarflangan issiqlik orasidagi farq bilan belgilanadi:

$$(Q_2 + Q_3) - Q_1 = C \frac{dt'}{d\tau} \quad (3.4)$$

bu yerda C – ho'llangan termometr rezervuarining issiqlik sig'imi.

Q_1 , Q_2 , Q_3 lar o'rniga ularning qiymatlarini qo'yib chiqsak, quyidagiga kelamiz:

$$\left(\alpha S + \frac{\lambda}{z} S' \right) (t - t') - LSD \frac{E' - e}{P} = C \frac{dt'}{d\tau} \quad (3.5)$$

Bu yerda $D_0 = \frac{D_0 P_0}{P}$ deb faraz qilib, quyidagi kattalikni kiritamiz:

$$A = \frac{\alpha + \frac{\lambda}{z} \frac{S'}{S}}{LD_0 P_0} \quad (3.6)$$

A kattaligi *psixrometrik koeffitsiyent* deb ataladi. (3.5) tenglamaga A kiritilsa, u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$(t - t') - = \frac{E' - e}{AP} = \frac{c}{\alpha S + \frac{\lambda}{z} S'} \frac{dt'}{d\tau} \quad (3.7)$$

Turg'unlashgan holat uchun, ya'ni $dt'/d\tau = 0$ bo'lganda psihrometrik formulani hosil qilamiz:

$$e = E - AP(t - t') \quad (3.8)$$

Agar A ning qiymati ma'lum bo'lsa, t va t' haroratlar o'lchanib, bu formuladan suv bug'ining parsial bosimi e ni hisoblash mumkin.

(3.6) formuladan kelib chiqadiki, psihrometrik koeffitsiyent A havo haroratiga, havo bosimiga va ho'llangan termometrni o'rab oqib o'tayotgan havoning turbulentslik darajasiga va tezligiga bog'liq. Uning haroratga bog'liqligi eng sezilarsiz bo'lib, hisobga olinmaydi.

A ning havo oqimi tezligiga bog'liqligi a va D koeffitsiyentlarning Reynolds (Re) soniga bog'liqligi bilan belgilanadi. $S \gg S'$ bo'lganda, psixrometrik koeffitsiyentning havo oqimi tezligiga deyarli bog'liq emasligi a va D koeffitsiyentlarining Re soniga bog'liqliklarining taxminan bir xilligi bilan tushuntiriladi.

Agar psixrometrning psixrometrik koeffitsiyenti havo oqimi tezligiga bog'liq bo'lmasa, u holda psixrometr ideal hisoblanadi. Psixrometrik koeffitsiyentning havo oqimi tezligiga bog'liqligi quyidagicha ifodalanadi:

$$A = A_0 (1 + a/V^b), \quad (3.9)$$

bu yerda a va b – psixrometr doimiylari, A_0 – shamol tezligi $V \rightarrow \infty$ bo'lganda psixrometrik koeffitsiyentning chegaraviy qiymati. Ideal psixrometr uchun $a=0$.

Psixrometrik koeffitsiyentning o'zgaruvchanligi bilan bog'liq bo'lgan psixrometr xatoligini kamaytirish maqsadida, psixrometrlarni ishlab chiqarishda a ning ta'sirini kamaytirish choralari ko'riladi yoki o'lchash paytida ho'llangan termometrni tezligi bir xil bo'lgan havo oqimi bilan sun'iy ventilatsiyalash qo'llaniladi.

Havo namligining o'zgarishlari hamda t va t' haroratlarning o'zgarishlari orasidagi bog'lanishni aniqlaylik. Bu psixrometrik usulni amalda qo'llash uchun haroratlarni qanday aniqlik bilan o'lchash zarurligini aniqlashga imkon beradi.

(3.8) psixrometrik formulaning ikki tomonini havo haroratiga mos keladigan suv bug'ining maksimal parsial bosimiga bo'lamiz:

$$f = \frac{e}{E} = \frac{E'}{E} - \frac{AP}{E} (t - t'). \quad (3.10)$$

Klauzius-Klapayron tenglamasini qo'llab, (3.10) dagi birinchi qo'shiluvchini o'zgartiramiz:

$$\frac{dE}{dT} = \frac{LE}{kT^2}, \quad (3.11)$$

bu yerda k – Bolsman doimiysi.

(3.11) dagi kattaliklarni ajratib, integrallashdan so'ng quyidagiga kelimiz:

$$E = E_0 \exp \left[\frac{L}{kT} - \frac{T - T_0}{T_0} \right], \quad (3.12)$$

Eksponensial funksiyani qo'shiluvchilarga ajratamiz va birinchi ikkita hadlarni hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{E'}{E} = 1 - \frac{L}{kT^2} (t - t') \quad (3.13)$$

(3.10) ni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$f = 1 - \left(\frac{L}{kT^2} + \frac{AP}{E} \right) (t - t') \quad (3.14)$$

(3.14) dan nisbiy namlik f ning haroratni o'lchash xatoligiga qaraganda, psixrometrik ayirmani aniqlash xatoligiga sezgirroq ekanligi kelib chiqadi. Haqiqatan ham

$$\frac{df}{t - t'} = - \left(\frac{L}{kT^2} + \frac{AP}{E} \right). \quad (3.15)$$

(3.15) tenglamadan ko'rinish turibdiki, namlik aniqlanganda havo haroratiga qaraganda psixrometrik ayirma ancha aniqroq o'lchanishi kerak.

Aynan shu maqsadda elektr va termometrik chizmalı psixrometrlarda bevosita haroratlar farqi va t harorat o'lchanadi. Bunda psixrometrik farqni o'lchagich harorat o'lchagichdan aniqroq bo'lishi kerak.

(3.15) ga qaytib, uni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{d(t - t')}{df} = - \frac{1}{\frac{L}{kT^2} + \frac{AP}{E}} \quad (3.16)$$

Bu tenglama *psixrometrik usulning sezgirligi tenglamasi* deb atalishi mumkin. Bu tenglama yordamida nisbiy namlikni u yoki bu aniqlik bilan o'lchash uchun psixrometrik farqni qanday aniqlik bilan o'lchash kerakligini bilish mumkin.

Turli haroratlar uchun (3.16) formula bo'yicha hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki, yuqori haroratlarda (3.16) ikkinchi qo'shiluvchisining hissasi nisbatan kichik. Past haroratlarda uning hissasi ortib, asosiyga aylanadi. Shu sababli haroratning pasayishi bilan psixrometrik usulning sezgirligi keskin kamayadi, bu esa psixrometrik usulni (manfiy haroratlarda) qo'llash imkoniyatini cheklaydi.

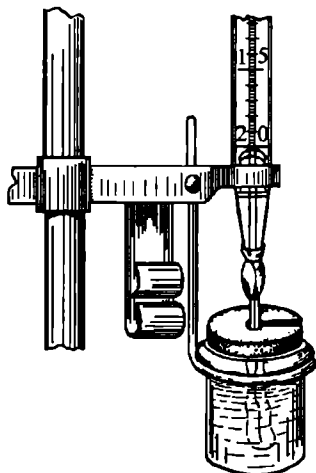
Havo namligini o'lchash uchun ikki turdagi psixrometrlar qo'llaniladi: stansion va aspiratsion psixrometrlar.

Stansion psixrometr. Stansion psixrometr psixrometrik budkada shtativda vertikal o'rnatilgan, shkalasi 0,2° bo'limlarga bo'lingan ikkita bir xil termometrlardan iborat. O'ng tomondagi termometrning rezervuari bo'z parchasi bilan bir qatlam o'ralib, uchi distillangan suv bilan to'ldirilgan stakanga botiriladi. Stakan qopqoq bilan berkitiladi (3.1-rasm).

Stansion psixrometr yordamida kuzatishlar. Termometrlardan kuzatish hisobini olish iloji boricha tez o'tkazilishi kerak, chunki kuzatuvchining hozir bo'lishi termometrlarning ko'rsatkichlariga xato kiritishi mumkin. Oldin o'ndan birlari, keyin butun graduslar yozib olinadi.

Psixrometrlar bo'yicha kuzatishlar havoning har qanday musbat haroratlarida, manfiy haroratlarda esa faqat -10° gacha haroratlargacha olib boriladi, chunki undan past haroratlarda kuzatish natijalari ishonchsiz bo'ladi. Havo harorati 0° dan past bo'lsa, bo'zning uchi qirqib tashlanadi. Bo'z kuzatishlardan 30 daqiqa oldin suv bilan to'ldirilgan stakanga botirilib namlanadi.

Manfiy haroratlarda bo'zdagi suv nafaqat qattiq holatda (muz), balki suyuq (o'ta sovugan) holatda ham bo'lishi mumkin. Tashqi



3.1-rasm. *Stakanli psixrometr.*

ko'rinishdan suvning holatini aniqlash qiyin. Uni aniqlash uchun, qalam yoki tayoqchanning uchiga qor yoki muzni yopishtirib, bo'zga tegizish kerak. Agar tegish paytida termometr ko'rsatkichi ko'tarilsa, demak bo'zdagi suv muzga aylandi. Bu suv muz holatiga o'tgan paytda yashirin issiqlik ajralib, buning hisobiga harorat biroz ko'tariladi. Agar tegish paytida termometr ko'rsatkichlari o'zgarmasa, demak agregat holatning o'zgarishi kuzatilmagan va bo'zda muz bo'lgan, deb xulosa qilamiz.

Ho'llangan termometrning rezervuarida suv agregat holatining hisobga olinishi muhimdir, chunki

psixrometrik formulaga kirgan suv bug'ining maksimal bosimi suv va muz ustida har xil bo'ladi.

Havo namligi xarakteristikalarini hisoblash, ya'ni suv bug'ining parsial bosimi e , nisbiy namlik f , shudring nuqtasi haroratini t_d va namlik defitsiti d ni psixrometr ko'rsatkichlari bo'yicha aniqlash psixrometrik jadval yordamida amalga oshiriladi.

(3.8) formuladagi A psixrometrik koeffitsiyentning qiymati 0,0007947 ga teng deb olinadi va bu psixrometrik budkadagi havo harakatining o'rtacha tezligiga (0,8 m/s) mos keladi. Psixrometrik jadvallarda A ning qiymati 0,0007947 ga, havo bosimi 1000 gPa ga teng bo'lganda, t va t' larning turli qiymatlari uchun t_d , e , f va d larning tayyor hisoblangan qiymatlari keltiriladi. Agar havo bosimi 1000 gPa dan farq qilsa, u holda namlik xarakteristikalariga tuzatmalar kiritiladi. Suv bug'ining parsial bosimiga tuzatma quruq va ho'llangan termometrlar ko'rsatkichlarining farqiga va havo bosimining qiymatiga qarab psixrometrik jadvaldan aniqlanadi. Havo bosimi 1000 gPa dan kichik bo'lsa tuzatma musbat, havo bosimi 1000 gPa dan katta bo'lsa tuzatma manfiy bo'ladi.

Bu tuzatmaning fizik ma'nosi quyidagicha. Havo bosimining o'zgarishi bilan havoda suv bug'ining miqdori o'zgarmas bo'lganda ho'llangan termometrdan bug'lanish tezligi va, demak, uning ko'rsatkichlari ham o'zgaradi. Agar kuzatish paytida bosim 1000 gPa dan kichik bo'lsa, bug'lanish tezligi 1000 gPa ga teng bo'lgan bosimdagidan katta bo'ladi. Ho'llangan termometrning ko'rsatkichi va suv bug'ining ko'rsatkichi kichraygan bo'ladi, shu sababli musbat tuzatmalar kiritiladi. Tabiiyki, havo bosimi 1000 gPa dan katta bo'lsa, tuzatmalar manfiy bo'ladi.

Namlikni o'lchashdagi xatoliklar. Quruq va ho'llangan termometrlar ko'rsatkichlarining farqi aniqlanganda yo'l qo'yilgan xatolik namlik xarakteristikalarini aniqlashdagi xatoliklarga olib keladi. Haroratning turli qiymatlari uchun bu xatoliklarning qiymati har xil bo'ladi. Masalan, haroratlar farqi o'lchanganda yo'l qo'yilgan 0,1° xatolik, turli haroratlarda nisbiy namlikni aniqlashda quyidagi xatoliklarga olib keladi:

Havo harorati, °C	-30	-20	-100	+10	+20	+30
Nisbiy namlik xatosi, %	18	8	4	2	1	11

Ko'rib turibmizki, manfiy haroratlarda xatolik tez ortib bormoqda, ayniqsa -10° dan keyin.

Stansion psixrometr yordamida havo namligini o'lgachanda xatolikka olib keladigan ikkinchi sabab, bu psixrometrik budkadagi havo harakati tezligining doimiy emasligidir. Yuqorida ko'rsatilganidek, psixrometrik *doimiy A* ni keltirib chiqarishda budkadagi havo harakati tezligi 0,8 m/s ga teng deb qabul qilingan. Amalda u budkadan tashqaridagi havoning tezligiga bog'liq bo'lib, bu qiymatdan ancha farq qilishi mumkin va bunga mos holda psixrometrik doimiy *A* ning qiymati ham o'zgaradi.

Tajribadan ma'lum bo'ldiki, shamol tezligi 0,3 m/s dan 4 m/s gacha o'zgarsa, suv bug'i parsial bosimi uchun xatolik ± 1 gPa, nisbiy namlik uchun $\pm 7\%$ gacha yetishi mumkin. Lekin shamol tezligiga tuzatmalar kiritilmaydi, bu esa ba'zida havo namligi xarakteristikalarini aniqlashda sezilarli xatoliklarga olib keladi.

Yuqorida sanab o'tilgan nuqsonlarga qaramay, stansion psixrometr, uning oddiyligi sababli, meteorologik stansiyalarda qo'llaniladigan asosiy asbob bo'lib xizmat qiladi.

Aspiratsion psixrometr (Assman psixrometri). Aspiratsion psixrometrning ishlash prinsipi stansion psixrometr bilan bir xil. Bu psixrometrning afzalligi shundaki, unda termometrlarning qabul qiluvchi qismlari atrofida havo harakatining o'zgarish tezligiga (2 m/s) sun'iy yo'l bilan erishiladi.

Asbobning tuzilishini ko'rib chiqaylik (3.2-rasm). Bu asbobning psixrometrik doimiysi 0,000662 ga teng. Stansion psixrometrning termometrlaridan kichikroq ikkita psixrometrik termometrlar (1, 2) temir gardishga o'rnatilgan. Termometr shkalasining bo'lakchalari qiymati $0,2^\circ$ ga teng. Gardish, pastda ikkita ajraladigan temir naychadan (3) va yon tomonida himoyalardan (4) iborat. Naychani (3) tepa qismi aspirator (7) ga ulangan. Aspirator yordamida tashqaridagi havo termometrlarning (10, 11) rezervuarlari joylashgan naychalardan (5, 6) haydaladi. Aspirator prujinali mexanizmga ega. Prujina kalit (8) bilan burab yurgiziladi. Naychalar (5, 6) ikki qavatli. Termometrlardan (o'ng tomondagi) birining rezervuari kalta kesilgan bo'z bilan o'ralgan.

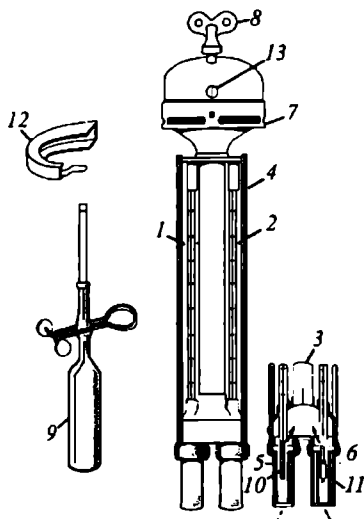
Psixrometrlarning nikellangan va silliqilgan sirtlari quyosh nurlarini yaxshi qaytaradi. Shuning uchun ham unga hech qanday qo'shimcha himoya kerak emas va ochiq havoda o'rnatilishi mumkin. Aspiratsion psixrometrlar meteorologik stansiyalar va dala mikroiqlimiy tadqiqotlarida gradiyent kuzatishlar uchun qo'llaniladi.

Aspiratsion psixrometr yordamida kuzatishlar. Psixrometrni qishda kuzatishdan 30 daqiqa, yozda 15 daqiqa oldin tashqariga olib chiqiladi. Termometrning bo'zi kuzatish muddatidan qishda 30 daqiqa, yozda 7 daqiqa oldin pipetkali rezina "grusha" (9) yordamida ho'llanadi. Ho'llangandan keyin aspirator yurgiziladi, u kuzatish muddatida maksimal kuch bilan havoni haydashi kerak. Shuning uchun qishda hisob olishdan 4 daqiqa oldin aspiratorni qayta burab, yurg'izish kerak.

Hisob olish paytida kuzatuvchi shunday turishi kerakki, havo harakati asbobdan kuzatuvchi tomonga yo'nalgan bo'lishi lozim. Agar kuzatish paytida kuchli shamol esib turgan bo'lsa, vertikal joylashtirilgan asbobda aspiratsiya tezligi buziladi. Bundan qutulish uchun, aspiratorning shamol esib turgan tomoniga shamoldan himoya (12) o'rnatiladi. Shamol tezligi 4 m/s dan ortganda himoya qo'llaniladi.

Havo namligi xarakteristikallari aspiratsion psixrometr ko'rsatgichlari bo'yicha psixrometrik jadvallar yordamida hisoblanadi. Suv bug'i bosimining ko'rsatgichlarini jadval sharoitiga keltirish uchun havo bosimiga bog'liq bo'lgan tuzatmadan tashqari, aspiratsiya tezligiga ham tuzatma kiritiladi. Bu tuzatma har qanday havo bosimida musbat bo'ladi, chunki aspiratsion psixrometr rezervuarlarini o'rab oqayotgan havo harakatining tezligi budkadagidan katta bo'ladi. Shuning uchun bug'lanish va unga sarflangan issiqlik ortadi, ho'llangan termometrning harorati xuddi shu sharoitdagi statsion psixrometr ko'rsatgichlariga nisbatan pastroq bo'ladi.

Mutlaq qiymatiga ko'ra aspiratsiya tezligiga tuzatma bosimga kiritiladigan tuzatmaga nisbatan ancha katta bo'ladi. Shuning uchun ham ularning yig'indisi, ya'ni aspiratsion psixrometrning ho'llangan termometriga kiritiladigan umumiy tuzatma, havo bosimining har qanday qiymatlarida musbat bo'ladi.



3.2-rasm. *Aspiratsion psixrometr.*

Psixrometrik jadvallarda (1981- y.) yig'indi tuzatma (aspiratsiya tezligiga va bosimga) bevosita suv bug'ining bosimiga kiritiladi. U 4-jadval (1981- y. psixrometrik jadvali) yordamida quruq va ho'llangan termometrlar ko'rsatgichlari farqiga va havo bosimi qiymatiga qarab aniqlanadi.

Aspiratsiya tezligini tekshirish. Aspiratsion psixrometr bo'yicha kuzatishlarda ishonchli natijalarni termometrlarning qabul qiluvchi qismida havo harakatining tezligi 2 m/s ga aynan teng bo'lgandagina olish mumkin. Psixrometrning boshida o'rnatilgan barabanning burama prujina yordamida aylanish tezligidan aspiratorning qoniqarli holati to'g'risida xulosa qilish mumkin. Barabanda chiziqcha yoki stryelka shaklida belgi mavjud bo'lib, uning aylanishini asbobdagi (13) oynachadan kuzatish mumkin.

Psixrometr barabanining aylanish davri quyidagicha aniqlanadi: 1) prujinani to'liq aylantirib yurg'iziladi; 2) psixrometrni vertikal holatga keltirib, barabandagi oynachadan belgi paydo bo'lishi kuzatiladi; 3) barabandagi belgi oynachadagi belgi bilan ustma-ust tushganda sekundomer ishga tushiriladi; 4) barabandagi belgi bir marta to'liq aylanib kelgandan so'ng sekundomer to'xtatiladi; 5) sekundomerdan barabanning bitta to'liq aylanish vaqti aniqlanadi (1 s anqlik bilan).

Tekshirilayotgan psixrometr barabanining aylanish davri ushbu psixrometrning hujjatlarida ko'rsatilgan vaqtdan 10 soniya dan ko'proqqa farq qilmasa, barabanning aylanish tezligi qoniqarli deb hisoblanadi.

Elektromotorli aspiratsion psixrometr. Ushbu aspiratsion psixrometrlarning ventilatori elektromotor yordamida aylantiriladi. Psixrometrning tashqi ko'rinishi va o'lchamlari aspiratsion psixrometr bilan bir xil. Psixrometrlar 127 va 220 V kuchlanishli tokda ishlaydigan motorlar bilan ishlab chiqariladi. Bu psixrometrlar termometrlarining rezervuarlari atrofida ventilatsiya tezligi 2 m/s ga teng bo'ladi.

3.2. Kondensatsion gigrometrlar

Bunday gigrometrlarning metrik xususiyati shudring (qirov) nuqtasi haroratining havo namligiga bog'liqligidadir, ya'ni suv bug'i kondensatsiya fazasi bilan muvozanatda bo'lgan haroraddir. Bu tarifdan kelib chiqadiki, suv bug'ining parsial bosimi e shudring nuqtasi haroratidagi suv bug'ining to'yimish parsial bosimiga teng:

$$e = E_{\tau} \quad (3.17)$$

Suv bug'i qaysi faza (suv yoki muz) bilan muvozanatda bo'lishiga qarab, shunga mos ravishda shudring nuqtasi va qirov (muz) nuqtasi haroratlari ajratiladi.

Kondensatsion gigrometr usulini amalga oshirish uchun suv bug'ining parsial bosimini o'zgartirmasdan uni bug'-kondensat tizimini sovutish yo'li bilan suv (yoki muz) bilan termodinamik muvozanatga keltirib, so'ng fazalar ajralib turgan sirtidagi haroratni o'lchash kerak. Bu harorat shudring nuqtasi harorati bo'ladi.

Past manfiy haroratlarda, suv bug'i kristallarga aylanmasdan tiniq amorf muzga kondensatlanganda kondensat ustidan kuzatish murakkablashadi. Bu holda suv va muzning fizik xususiyatlari, zichligi, qaytarish qobiliyati, kompleks dielektrik o'tkazuvchanligi va boshqalarning keskin farqlanishiga asoslangan ishonchli indikatsiya (aniqlash) zarur.

Muayyan asboblarni ko'rib chiqishdan avval shudring nuqtasi harorati va havoning nisbiy namligi orasidagi bog'lanishni ko'rib chiqaylik. Bu tadqiqot, usulni amalga oshirish uchun shudring nuqtasi harorati qanday aniqlik bilan o'lchanishi kerakligini aniqlashga imkon beradi.

Havoning harorati T bo'lganda nisbiy namlik f ga teng bo'lsin. Unda yuqoridagilarga muvofiq suv bug'i parsial bosimi quyidagicha bo'ladi:

$$e = f E_{\tau} = E_{\tau} \quad (3.18)$$

Bu tenglamani yechish uchun Klauzius-Klapeyron tenglamasi (3.11) va uning yechimi (3.12) dan foydalanamiz:

$$E_0 \exp \left[\frac{L}{k} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{\tau} \right) \right] = f E_0 \exp \left[\frac{L}{k} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{\tau} \right) \right] \quad (3.19)$$

(3.19) ni f ga nisbatn yechib va L ning haroratga (T va τ diapazonda) bog'liqligini hisobga olmasak, quyidagiga kelamiz:

$$\ln f = \frac{L}{k} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{\tau} \right) \quad (3.20)$$

(3.20) ni τ ga nisbatan yechib, uni f bo'yicha differensiallasak, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{d\tau}{df} = \frac{\frac{k}{L} \cdot \frac{1}{f}}{\left(\frac{1}{T} - \frac{k}{L} \ln f\right)} \quad (3.21)$$

Bu tenglama *shudring nuqtasi usulining sezgirlik tenglamasi* deb ataladi. Bu tenglama havoning nisbiy namligini u yoki bu aniqlik bilan topish uchun shudring nuqtasi qanday aniqlik bilan o'lchanishi kerakligini ko'rsatadigan tenglamadir.

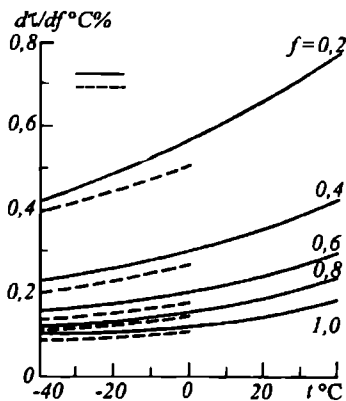
Turli haroratlarda va nisbiy namlikda hisoblangan sezgirliklar 3.3-rasmda keltirilgan. Rasmda ko'rinib turibdiki, shudring nuqtasi usulining sezgirligi nafaqat musbat, balki manfiy haroratlarda ham yuqori, shu sababli shudring nuqtasi haroratini o'lchash aniqligiga qo'yilgan talablar past haroratlarda ham, yuqori haroratlarda ham unchalik yuqori emas. Shudring nuqtasi haroratini o'lchash aniqligiga qo'yiladigan unchalik yuqori bo'lmagan talablar bu usulning asosiy ustunligidir.

3.4-rasmda aks ettirilgan gigrometr kondensatsion gigrometr namunasi bo'lishi mumkin.

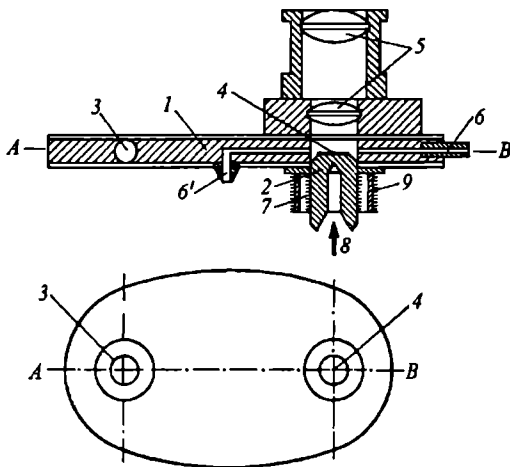
Ellips shaklidagi oynali qaytargichning qutblariga metall angishvona (2) va yorug'lik manbayi (3) o'rnatiladi. Yorug'lik, fokusda o'rnatilgan angishvonada yig'ilib, har tomonlardan kichik burchak ostida qoraytirilgan ko'zguga (4) bir tekis tushadi. Kondensat hosil bo'lmagunga qadar angishvonadan qaytarish ko'zguning qaytarishiga yaqin va lupaning ko'rish maydoni qora bo'ladi.

Ko'zgu ustida kondensat hosil bo'lganda yorug'likning bir qismi diffuzion qaytarilib, lupa okulariga (5) tushadi va kondensat aniq ko'rinadi.

Tekshirilayotgan havo angishvonaga shtutserlar (6 va 6') yordamida ingichka oqim ko'rinishda yetkaziladi va shu sababli angishvonada



3.3-rasm. Shudring nuqtasi usulining turli harorat va nisbiy namliklardagi sezgirligi.



3.4-rasm. Kondensatni qorong'i maydon usuli bo'yicha kuzatish kondensatsion gigrometri.

kondensat ko'zguning qora fonida yaqqol ko'rinadigan tor yo'lka ko'rinishda hosil bo'ladi.

Angishvona haroratini o'lchash uchun qarshilikli termometr qo'llaniladi. Uning datchigi - platinali sim (7) - angishvona sirtiga bir tekis o'raladi.

Angishvonaning sovutilishi sovuq reagent (8) oqim bilan amalga oshiriladi.

Sovuq reagent oqim angishvonaning ichki qismiga beriladi, shu sababli angishvona shudring nuqtasi haroratidan pastroq haroratlarga soviydi. Isitgich (9) o'ramidan elektrotok o'tkazib va uni boshqarib, angishvonaning haroratini shudring nuqtasi haroratiga yaqin intervalda bir tekisda ushlab turish mumkin.

Bu asbob raketa va samolyotlarda o'rnatilganda u avtomatik tarzda ishlaydi.

3.3. Deformatsion gigrometrlar

Deformatsion gigrometrlarning datchiklari sifatida hayvon ichki a'zolarining yupqa organik pardalari va yog'sizlantirilgan inson soch tolalari hamda ularning sintetik analoglari (membrana, tolalar)dan

foydalaniladi. Ular uchun umumiy xususiyat – nam havoda suv bilan to‘ladigan mikroskopik g‘ovaklarning mavjudligidir. Atrofdagi havoning namligi o‘zgarishi bilan g‘ovaklar deformatsiyalanadi. Ular namlik ortishi bilan kengayadi va aksincha, namlik kamayganda torayadi. Mos holda datchiklarning chiziqli o‘lchamlari ham o‘zgaradi.

Deformatsion gigrometrlar uchun sezgirlik formulasini keltirib chiqaraylik. Agar suv sirti botiqligining egriligi shunday o‘zgarsaki, ularning ustida suv bug‘ining to‘yinish bosimi doimo atrof havodagi suv bug‘ining parsial bosimiga teng bo‘lsa, ya’ni dinamik muvozanat mavjud bo‘lsa, u holda

$$e = E_r, \quad (3.22)$$

yoki

$$f = \frac{e}{E_0} = \frac{E_r}{E_0} \quad (3.23)$$

Tomson formulasidan foydalanamiz:

$$\ln \frac{E_r}{E_0} = a\sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (3.24)$$

bu yerda E_r – botiq sirt ustidagi to‘yingan suv bug‘ining bosimi, E – yassi sirt ustidagi to‘yingan suv bug‘ining bosimi, σ – suvning sirt taranglik koeffitsiyenti, R_1 va R_2 – botiq sirtlarning egrilik radiuslari, a – proporsionallik koeffitsiyenti.

Laplas formulasi bo‘yicha

$$P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (3.25)$$

bu yerda R – suv sirti botiqligidagi kapillar bosimi.

Soch (parda) uzunligining o‘zgarishini deformatsiyalovchi kuchga proporsional deb hisoblab, quyidagini yozish mumkin:

$$P = M \frac{\Delta l}{l}, \quad (3.26)$$

bu yerda M – sochning siqilish moduli, l – soch g‘ovaklarida suvning yassi sirtlari kuzatilgan paytdagi soch uzunligi, Δl – deformatsiyalovchi kuchlar ta’sirida soch uzunligining o‘zgarishi. (3.24), (3.25) va (3.26) ifodalarini birlashtirib, quyidagiga kelimiz:

$$\ln F = \frac{a \cdot M}{l} \cdot \Delta l. \quad (3.27)$$

Bu ifodadan f va l bo'yicha hosila olsak, deformatsion gigrometrlar uchun sezgirlik tenglamasini hosil qilamiz:

$$\frac{dl}{df} = \frac{l}{a \cdot M \cdot f}. \quad (3.28)$$

Sezgirlik tenglamasi nisbiy namlik o'zgarganda sochning uzunligi qanchaga o'zgarishini ko'rsatadi.

(3.28) da eng o'zgaruvchan kattalik elastiklik moduli M dir. Harorat pasayishi bilan u ortadi, bundan tashqari, u datchikning eskirishi bilan ham o'zgaradi. Lekin bunga qaramay yuqoridagi formulalar yetarli aniqlik bilan bajariladi.

Ipak va sintetik (masalan, neylon) tolalar ham havo namligining o'zgarishi bilan o'z uzunligini o'zgartiradi. Ular uchun ham yuqorida keltirilgan formulalarni qo'llash mumkin. Bundan tashqari turli xil namlikka ta'sirchan organik pardalar ham keng tarqalgan. Soch tolasi kabi parda ham havo namligi o'zgarishi bilan deformatsiyalanadi, qo'llanilayotgan pardalar o'lchamlarining nisbiy o'zgarishi tolalardagiga nisbatan birmuncha katta.

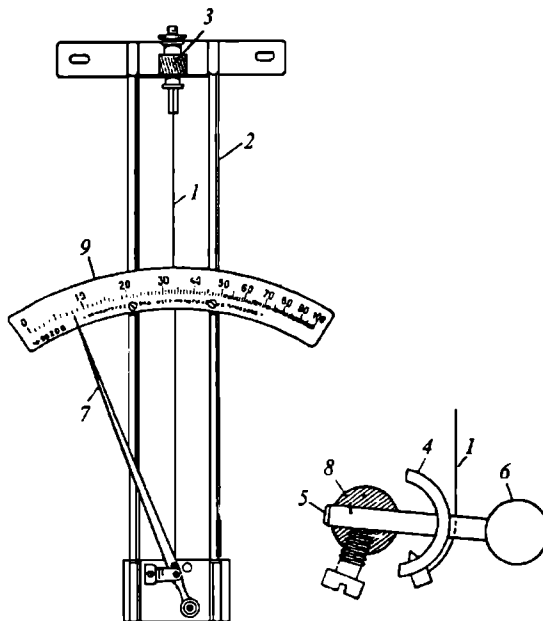
Deformatsion sezgir elementlarning shakli gigrometrlarga qo'yilgan talablarga javob beradigan ko'rinishda tanlanadi.

Soch tolali gigrometr. Soch tolali gigrometrning asosiy qismi - nisbiy namlik o'zgarishi bilan o'z uzunligini o'zgartirish xususiyatiga ega bo'lgan yog'sizlantirilgan (spirt yoki efir yordamida ishlov berilgan) inson sochidir (3.5-rasm). Nisbiy namlik kamayganda rama 2 da joylashtirilgan soch 1 kaltalashadi, namlik ortganda — uzayadi.

Sochning yuqori uchi sozlash vinti (3) ga ulanadi va uning yordamida gigrometrning shkalasi (9) dagi stryelka (7) ning joylashishini o'zgartirishi mumkin. Sochning pastki uchi sterjen (5) da o'rnatilgan yoysimon shakldagi blok (4) bilan ulangan. Bu blokda yuk (6) sochni tarang holatda ushlab turishga xizmat qiladi. Blok (8) ning o'qida stryelka (7) o'rnatilgan bo'lib, uning erkin uchi havoning namligi o'zgarganda shkala bo'yicha siljiydi.

Gigrometr shkalasining bo'laklari qiymati nisbiy namlikning 1%i ga to'g'ri keladi. Bo'laklarning uzunligi bir xil emas: namlikning kichik qiymatlarida bo'laklar kengroq, namlikning katta qiymatlarida ular

qisqaroq bo'ladi. Bunday shkalaning qo'llanilishi namlikning kichik qiymatlarida soch uzunligining tezroq, namlikning katta qiymatlarida sekinroq o'zgarishi bilan izohlanadi.



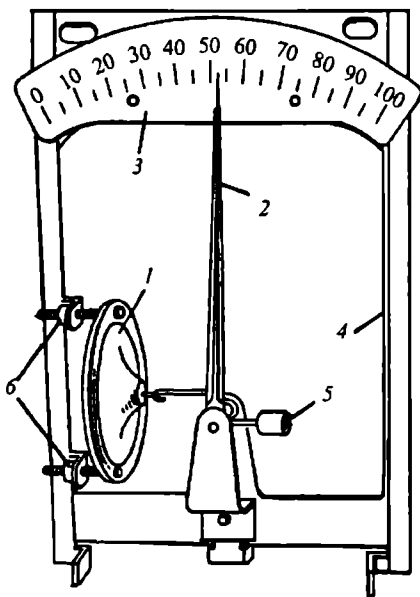
3.5-rasm. Soch tolali gigrometr.

Gigrometr havoning harorati -50°C dan $+59^{\circ}\text{C}$ gacha o'zgaradigan haroratlarda ishlashiga mo'ljallangan.

Pardali gigrometr. Uning ishlash prinsipi havoning nisbiy namligi o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan gigroskopik organik parda chiziqli o'lchamlarining o'zgarishi xususiyatiga asoslangan (3.6-rasm). Asbob namlikka sezgir element (1), uzatuvchi mexanizm, stryelka (2), shkala (3) va asbobning qismlari va detallari o'rnatiladigan temir ramka (7) dan iborat. Pardaning deformatsiyasi uzatuvchi mexanizm yordamida asbobning shkalasiga nisbatan stryelkaning siljishiga aylantiriladi. Pardaning doimiy tarangligi maxsus yuk (5) yordamida amalga oshiriladi. Asbob shkalasining bo'laklari bir xil. Asbobda stryelkaning shkaladagi kerakli bo'lakka dastlabki o'rnatilishi, sezgir elementni asbob ramkasiga o'rnatadigan vintlar yordamida bajariladi. Gigrometr -60°C

dan $+35^{\circ}\text{C}$ gacha haroratlar diapazonida ishlashiga mo'ljallangan. U nisbiy namligi katta, havo haroratlari esa past bo'lgan iqlimiy sharoitlarda (Arktika, Antarktida) yaxshi ishlaydi.

Gigrometrlar yordamida kuzatishlar. Gigrometr (soch tolali yoki pardali) stansion psixrometr o'rnatilgan psixrometrik budkada, quruq va ho'llangan termometrlar orasidagi shtativda o'rnatiladi. Gigrometrdan hisob olish (butun bir bo'lak aniqligida) psixrometrik termometrlardan hisob olish o'tkazilgandan so'ng darhol o'tkaziladi. Hisob olishlar orasida vaqt mumkin qadar kichik bo'lishi kerak.

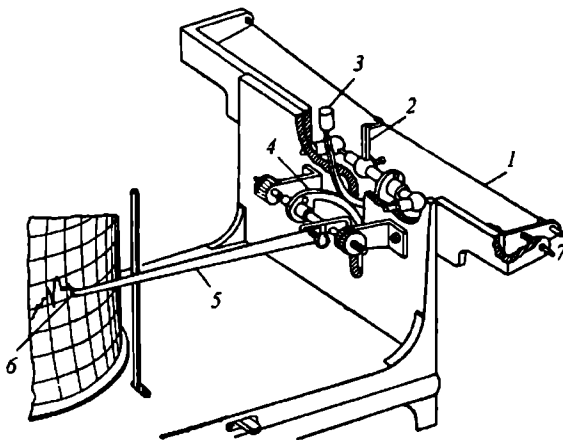


3.6-rasm. *Pardali gigrometr.*

Gigrometr tuzatmalari. Gigrometrning uzoq vaqt ishlatilishi, ularni namlik o'zgarishiga sezgirligini kamaytiradi, chunki soch tolasi uzun bo'lib, ifloslanadi, parda esa qurib qoladi. Shuni hisobga olib gigrometr ko'rsatkichlarini tez-tez psixrometr ko'rsatkichlari bilan taqqoslab, tuzatmalar kiritish lozim, bu maqsadda maxsus grafik usuli qo'llaniladi.

Gigrograflar. Nisbiy namlik o'zgarishlarini muntazam kuzatish uchun o'ziyozar gigrograflar qo'llaniladi (3.7-rasm).

Soch tolali gigrografning o'lchash qismi sifatida yog'sizlantirilgan inson sochlari bog'lami (1) xizmat qiladi. Bu bog'lami ramkaga o'rnatiladi, uning uzunligi o'zgarishi richaglar tizimi (3, 7) yordamida stryelka (5) va pero (6) ga uzatiladi. Bog'larning o'rta qismi gorizontil ilmoq (2) yordamida tortib qo'yiladi. Egri richag boshqa egri richag (4) bo'ylab sirpanadi, u esa umumiy o'q bilan, uchida pero (6) o'rnatilgan uzun strelka (5) bilan ulanadi. Richaglarining egriligi shundayki, ular soch bog'laminin notekis o'zgarishlarida ham peronin tasmda bir tekis siljishini ta'minlab beradi. Shunday qilib, gigrometr shkalasidan farqli o'laroq, butun shkala bo'yicha tasmdagi bo'laklar bir xil bo'ladi. Gigrograf perosini sozlash uchun vint (7) xizmat qiladi. Uning yordamida soch bog'laminin uchlarini yaqinlashtirish yoki uzoqlashtirish mumkin. Shunda stryelkanin joylashishi ham o'zgaradi. Gigrograf yozishini to'xtatish va barabandagi diagramma tasmasini almashtirish uchun soat mexanizmli baraban (6) dan pero strelkasi (5) ni ajratish lozim. Stryelkani ajratish uchun uni soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirigacha buriladi. Barabanga peroni tushirish uchun aksincha yo'nalishda buriladi. Asbob belgi qo'yadigan qurilma bilan ta'minlangan. Uning yordamida, asbob qopqog'ini ochmasdan, knopkaga yengil bosish yo'li bilan tasmda kuzatishlarning boshlanish vaqti haqida belgi o'rnatiladi. Gigrografning qayd qiluvchi qismi boshqa o'ziyozarlar kabi tuzilgan. Yozuv soat mexanizmli barabanga kiydirilgan



3.7-rasm. *Gigrograf.*

tasmaga tushiriladi. Gigrograf barabanning aylanish tezligiga qarab sutkalik yoki haftalik bo'lishi mumkin.

Pardali gigrograf korpus, o'lcaydigan qism, uzatish mexanizmi va sezgir elementdan iborat bo'ladi. Sezgir element sifatida pardali gigrometr kabi maxsus ishlangan, gigroskopik organik pardadan yasalgan dumaloq membrana qo'llaniladi. Membrananing egilishi maxsus uzatish mexanizmi yordamida soat mexanizmi barabanida o'rnatilgan tasmaga yozadigan peroli stryolkaga uzatiladi. Namlik o'lcagich mexanik ta'sirlardan maxsus qurilma bilan himoyalangan.

Gigrograf tasmlarini qayta ishlash grafik usuli bilan bajariladi. Bu maqsadda muddatli kuzatish soatlaridagi psixrometrdan olingan hisoblar va aynan shu soatlar uchun gigrograf tasmlaridan olingan hisoblar uchun grafik tuziladi. Keyin gigrograf tasmasidan olingan har bir hisob uchun jadvaldan nisbiy namlikning tuzatma kiritilgan qiymatlari aniqlanadi. Gigrograf tasmasidan hisoblar gigrometrlar kabi 1% aniqlik bilan olinadi. Gigrograf yozuvlarining o'zgartirilgan qiymatlari oylik jadvalga kiritiladi.

3.4. Radiatsion gigrometrlar

Radiatsion gigrometrlarda havodagi suv bug'i miqdori va optik nurlanishning havo muhitidan o'tishida suv bug'ida yutilishi natijasida kuchsizlanish darajasi orasidagi bog'lanishdan foydalaniladi va qo'llaniladi. An'ana bo'yicha ular radiatsion deb atalsa ham, ularni optik (optoelektrik) deb nomlash to'g'riroq bo'lardi.

Suv bug'i radiatsiya spektrining turli uchastkalarida chuqur yutish polosalariga ega. Aynan shu polosalar radiatsion gigrometrlarda qo'llaniladi. Odatda, $\lambda = 694,383 \text{ nm}$ ga teng bo'lgan to'liq uzunligi atrofidagi tor yutish polosasi qo'llaniladi. l masofada monoxromatik nurlanishning yutilishi Buger-Lambert-Beer qonuni bo'yicha hisoblanadi:

$$I_{\lambda} = I_{0,\lambda} \exp(-k_{\lambda} l), \quad (3.29)$$

bu yerda $I_{0,\lambda}$ – nurlanish oqimi zichligining dastlabki jadalligi, k – kuchsizlanish koeffitsiyenti.

Radiatsion gigrometrlarning sezgirliги deb, havoning mutlaq namligi a argument, l masofani o'tgandan so'ng nurlanish oqimining nisbiy zichligi funktsiya bo'lgan hosila tushuniladi.

(3.29) qonunni qabul qilsak, u holda sezgirlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{d}{da} \left(\frac{I_{\lambda}}{I_{0,\lambda}} \right) = -k_{\lambda} l e^{-k_{\lambda} \cdot L}. \quad (3.30)$$

$l \rightarrow 0$ bo'lganda, sezgirlik ham nolga intiladi, chunki cheksiz kichik masofada yutilish nolga teng bo'ladi. Masofa cheksizlikka intilganda ($l \rightarrow \infty$) sezgirlik nolga intiladi, chunki radiatsiya butunlay yutiladi.

Sezgirlikning maksimumi $k_{\lambda} l = 1$ teng bo'lganda erishiladi. Unda

$$\frac{d}{da} \left(\frac{I_{\lambda}}{I_{0,\lambda}} \right) = -\frac{1}{e}. \quad (3.31)$$

Radiatsion gigrometrlar tuzilishi bo'yicha radiatsion termometrlarga o'xshaydi. Lekin termometrlarda o'lchash obyektining o'zi radiatsiya manbasi bo'ladi, gigrometrlarda esa radiatsiya manbasi asbobning ichidagi detallardan biri bo'ladi. Radiatsion gigrometrlarda nurlanish manbasi sifatida lazerlar qo'llaniladi.

3.5. Namlikni o'lchashning boshqa usullari

3.5.1. Elektrokimyoviy gigrometr

Elektrokimyoviy gigrometrlar moddalarning gigroskopik xossalariga asoslanadi. Bu moddalar atrofdagi havo tarkibiga kiruvchi suv bug'i bilan dinamik muvozanat holatida shunday miqdordagi suv bug'ini yutadiki, bunda modda ustidagi bug'ning to'yinish bosimi havodagi bug'ning bosimiga teng bo'lib qoladi.

Gigroskopik moddaning (qarshilik, dielektrik o'tkazuvchanlik) undagi suv miqdori bilan maksimal darajada bir qiymatli bog'langan elektr parametrlaridan foydalanish qulay.

Islash prinsipiga ko'ra elektrokimyoviy gigrometrlarni ikki turga ajratish mumkin. Birinchi holda gigrometr datchigi gigroskopik modda eritmasi — elektrolitdan iborat bo'ladi. Elektrolitning konsentratsiyasi namlik funksiyasi hisoblanadi. Bular *elektrolitli namlik datchiklaridir*. Ikkinchi holda gigrometr qattiq holatdagi gigroskopik moddadan iborat bo'ladi. Bu turdagi datchiklar *sorbsion datchiklar* deb ataladi. O'z navbatida ularni *adsorbsion* va *absorbsion* guruhlariga ajratish mumkin. Adsorbsion datchiklarda suv faqat materialning tashqi qatlamida yutiladi (adsorbsiyalanadi). Absorbsion datchiklarda suvning yutilishi g'ovak

tuzilishga ega bo'lgan sezgir elementning butun hajmida sodir bo'ladi (suv bug'i absorbsiyasi). Sorbentning sirtida suv pardasining hosil bo'lishi butun materialning u yoki bu darajadagi namlanishiga olib kelganligi uchun bu bosim ma'lum darajada shartli hisoblanadi.

Ikkala turdagi elektrokimyoviy gigrometrlarning asosiy imkoniyatlarini ko'rib chiqamiz.

Elektrolitli gigrometrlar. Gigroskopik modda eritmasi – elektrolit shimdirilgan g'ovak parda elektrolitli gigrometrlarning datchiki bo'lib xizmat qiladi. Atrofdagi havoning namligi qancha katta bo'lsa, elektrolit shuncha ko'p suyuqlashadi va pardaning elektr o'tkazuvchanligi shuncha kamayadi. Miqdoriy bog'lanishni topish maqsadida gigroskopik modda eritmasining ustidagi suv bug'i uchun Raul qonunidan foydalanamiz:

$$E' = E \left(1 - ic' \frac{\mu}{\mu'} \right), \quad (3.32)$$

bu yerda E' – gigroskopik elektrolit eritmasining ustidagi suv bug'ining to'yinish bosimi, i – mazkur elektrolit uchun Vant-Goff koeffitsiyenti, c' – elektrolit eritmasidagi gigroskopik moddaning konsentratsiyasi, m' – gigroskopik moddaning nisbiy molekular massasi.

Gigroskopik muvozanat holatida havodagi suv bug'ining bosimi eritma ustidagi to'yinishi bosimiga teng:

$$f = \frac{e}{E} = \frac{E'}{E} = 1 - ic' \frac{\mu}{\mu'}. \quad (3.33)$$

Ikkinchi tomondan elektrolitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi quyidagicha teng:

$$\chi = A c' (U_+ + U_-) \quad (3.34)$$

bu yerda U_+ , U_- – berilgan haroratda eritmadagi kation va anionlarning harakatchanligi, A – elektrolitning kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'lgan o'lcham koeffitsiyenti.

(3.34) tenglamadan c' ni (3.33) tenglamaga qo'yamiz. U holda:

$$f = 1 - \chi \frac{i}{A(U_+ + U_-)\mu'} \frac{\mu}{\mu'} \quad (3.35)$$

Elektrolit pardaning qarshiligi R solishtirma elektr o'tkazuvchanlik bilan quyidagicha bog'langan:

$$R = \frac{l}{bd} \frac{1}{\chi}, \quad (3.36)$$

bu yerda l , b , d – mos ravishda pardaning bo‘yi, eni va qalinligi. U holda

$$f = 1 - \frac{i}{A(U_+ + U_-)} \frac{\mu}{\mu'} \frac{l}{Rbd}. \quad (3.37)$$

Namlikni elektrolitik usul bilan o‘lchashning *sezgirligini* nisbiy namlikning bir birlikka o‘zgarishiga mos keluvchi parda elektrolit qarshiligining o‘zgarishi sifatida aniqlaymiz:

$$\frac{dR}{df} = \frac{i}{A(U_+ + U_-)} \frac{\mu}{\mu'} \frac{l}{Rbd} \frac{1}{(1-f)^2}. \quad (3.38)$$

Bundan pardaning uzunligi qancha katta, qalinligi va eni qancha kichik bo‘lsa, elektrolitli gigrometrlarning sezgirliigi shuncha katta bo‘lishi ko‘rinib turibdi. Namlik ortganida sezgirlik ham ortadi.

Pardaning qarshiligini o‘lchash uchun odatda, yelkalaridan biri elektrolit datchikdan iborat bo‘lgan ko‘prik chizma qo‘llaniladi. Elektrolitning yemirilishi va elektrodlar qutblanishining oldini olish maqsadida ko‘prikka o‘zgaruvchan tok beriladi. Ko‘prikning signali nisbiy namlik birliklarida bo‘laklangan shkala va o‘ziyozar o‘lchash qurilmasiga uzatiladi.

Elektrolitli gigrometrlarning asosiy xatoliklar manbasi pardaning gisterezisi bilan bog‘liq. Ma’lum bo‘lgan materiallar ichida polivinilasetat yetarlicha mexanik mustahkamlikka ega bo‘lish bilan birga eng kichik gisterezisga ega.

Sorbsion gigrometrlar. Bu turdagi gigrometrlarda gigroskopik modda – sorbent qattiq taglikka qoplanadi. Nam havoda sorbent suvni gigroskopik muvozanatga kelgunga qadar yutadi. Bu holda sorbentning elektr qarshiligi sirt qatlamining o‘lchash parametri vazifasini bajarishi mumkin. Mutlaq quruq havoda sorbentning qarshiligi cheksizga yaqinlashadi. Nam havoda namlik qancha katta bo‘lsa, qarshilik shuncha kamayib boradi. Ular orasidagi bog‘lanish tajriba yo‘li bilan aniqlanadi.

Sorbsion gigrometrlarda faol qarshilik emas, balki sorbent bilan qoplangan taglikning dielektrik o‘tkazuvchanligi o‘lchanadi. Dielektrik o‘tkazuvchanlik sorbentdagi suv miqdoriga, u esa o‘z navbatida havoning nisbiy namligiga bog‘liq.

Hozirgi kunda generatorning tebranma konturiga kiritilgan kvarts plastinka sirtiga qoplangan sorbent sezuvchi element vazifasini bajaruvchi sorbsion gigrometr ishlab chiqilgan. Konturdagi elektr tebranishlarining chastotasi adsorbsiyalangan suvning massasiga bog'liq bo'ladi. Suv massasi esa, yuqorida ta'kidlanganidek, havoning namligi bilan bir qiymatli bog'liq.

3.5.2. O'ta yuqori chastotali (O'YuCh) rezonatorli gigrometr

O'YuCh gigrometrlarda havo dielektrik o'tkazuvchanligining namlikka bog'liqligidan foydalaniladi. Erkin atmosferada o'lchashlar o'tkazish uchun O'YuCh diapazoni hajmiy rezonatorlari qo'llaniladi. Gigrometrning nomi shundan olingan. Biroq elektromagnit O'YuCh signalining qattiq jismning sirti yaqinidagi yoki erkin fazodagi to'lqin o'tkazuvchidan o'tishida uning tadqiq etilayotgan havo namligining o'zgarishi bilan bog'liq transformatsiyasini ham kuzatish mumkin.

O'YuCh gigrometriya usullari namlikni 10^{-6} s tartibidagi vaqt doimiysi bilan aniqlashga imkon berishi, shuningdek ularning avtomatlashtirilgan o'lchash tizimlarida ishonchli ishlashi bilan qiziqish uyg'otadi. O'lchashlarning aniqligiga kelsak, u termobarik kompensatsiya sharoitlarida yoki havoning harorati va bosimi mustaqil o'lchanganda va ularning dielektrik o'tkazuvchanlikka ta'siri hisobga olinganda yetarlicha yuqori bo'lishi mumkin.

Namlikni dielektrik o'tkazuvchanlikning haqiqiy qismi bo'yicha ($\epsilon-1$) yoki dielektrik yo'qotishlar bo'yicha aniqlash mumkin.

Raqamli O'YuCh rezonansli gigrometrlarning zamonaviy variantlarida rezonans egri chizig'ini o'zgartirish bo'yicha barcha operatsiyalar mikroprotessor tomonidan bajariladi. Bundan tashqari mikroprotessor termometr va barometr ma'lumotlarini hisobga oladi va o'lchangan dielektrik o'tkazuvchanlikni havo namligining qidirilayotgan qiymatiga o'tkazishni amalga oshiradi.

3.5.3. Membranali (diffuzion) gigrometr

Membranali gigrometr ikkita bir xil kameradan iborat bo'lib, ularning har biridagi devorlardan bittasi g'ovak membranalaridan tashkil topadi. Kameralardagi bosim farqi yuqori sezgirlikka ega bo'lgan

mikromanometr yordamida o'lganadi. Agar kameralarning biriga suv bug'ini to'xtovsiz yutuvchi element o'rnatilsa, u holda bu yerda birinchi kameraga diffuziyalanayotgan atmosfera havosining namligi qancha katta bo'lsa, ikkinchi kameradagi bosimdan shuncha kichik bo'lgan bosim hosil bo'ladi. U holda kameralardagi bosimlarning farqi, demak, mikromanometrning ko'rsatkichlari atmosfera havosi namligi o'zgarishining o'lchovi bo'lib xizmat qiladi.

Membranali gigrometrlarda g'ovaklarining o'lchamlari havo molekulalarining erkin yugurish yo'lidan kichik bo'lgan membranalaridan foydalaniladi. Shu sababli bunday membranalar orqali o'tayotgan havo sekin harakatlanadi. Membrana materiali sifatida g'ovaklarining o'rtacha diametri 0,4–0,6 mkm bo'lgan mikrog'ovakli ebonitdan (mipor) foydalanish mumkin.

3.5.4. Issiqlik o'tkazuvchanlik gigrometrlari

Ma'lumki, havoning issiqlik o'tkazuvchanligi undagi suv bug'ining miqdoriga ma'lum darajada bog'liq bo'ladi. Bu holatdan issiqlik o'tkazuvchanlik gigrometrlarida foydalaniladi.

O'rganilayotgan havo changdan tozalanadi va ikkita kameradan parallel o'tkaziladi. Kameralarning birida havo 100% namlanadi yoki biror ma'lum qiymatgacha quriydi. Kameralarda elektr toki bilan isitiladigan termoqarshiliklar o'rnatilgan bo'lib, ular ko'prik chizmasining aralash yelkasiga qo'shilgan va termoanemometrlar rejimida ishlaydi.

Termoqarshiliklar iloji boricha bir xil qilib tanlanadi. Bu holda ko'prik muvozanatining buzilishi kameralardan o'tuvchi havo issiqlik o'tkazuvchanliklarining farqi, ya'ni (boshqa bir xil sharoitlarda) kameralardagi havo namliklarining farqi bilan belgilanadi.

Agar namlanish qo'llanilayotgan bo'lsa, u holda ko'prikning disbalansi havo namligining defitsitiga proporsional bo'ladi. Agar havoning qurishi qo'llanilayotgan bo'lsa, u holda disbalans o'rganilayotgan va quritilgan havo namliklarining farqiga proporsional bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik gigrometrlarining asosiy ustunligi sodda va ishonchli ishlovchi o'lchash chizmasini qo'llash imkoniyati bilan bog'liq. Bunda, albatta, havoning issiqlik o'tkazuvchanligi uning

namligiga nisbatan kuchsiz bog‘langanligi uchun signalning sezilarli kuchaytirilishi talab etiladi.

Issiqlik o‘tkazuvchanlik gigrometrlarining asosiy kamchiligi kameralarda aniq bir xil haroratni va havo harakati sharoitlarini ushlab turishning qiyinligi bilan bog‘liq. Kameralardagi termoqarshiliklar issiqlik sarfining jadalligi va, demak, ko‘prikning muvozanat darajasi yuqoridagi omillarga sezilarli bog‘liq.

3.5.5. Havo namligini o‘lchashning turli usullarini taqqoslash

Havo namligini o‘lchashning yuqorida ko‘rib chiqilgan asosiy usullari va ularga mos keluvchi asboblarning ko‘pchiligiga xos bo‘lgan asosiy kamchilik harorat pasayganda sezgirlikning keskin kamayishi hisoblanadi. Bunga muvofiq musbat haroratlarda turli usullar bilan namlikni o‘lchash nisbatan kichik xatolik bilan amalga oshirilishi mumkin. Past haroratlarda havoning namligini o‘lchash muammosi hozirgacha ma‘lum darajada hal qilinmagan. Boshqa gigrometrlardan farqli ham musbat, ham manfiy haroratlarda sezgirligi katta bo‘lgan kondensatsion gigrometrlar past haroratlar uchun eng istiqbolli hisoblanadi.

Yangi turdagi gigrometrlarni ishlab chiqish yoki mavjudlarini baholashda sezgirlikdan tashqari ularning inersiyasi, konstruksiyasining murakkabligi, o‘lchash chizmasi va boshqa xossalari e‘tiborga olishga to‘g‘ri keladi. Kondensatsion gigrometrlarning inersiyasi eng kichik. Deformatsion va membranali gigrometrlar, shuningdek psixrometrlar bilan ishlash eng soddahisoblanadi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

- 1. Psixrometrlar yordamida havo namligini o‘lchash qaysi prinsipga asoslanadi?*
- 2. Psixrometr doimiysi (psixrometrik koeffitsiyent) nima va u qanday parametrlarga bog‘liq?*
- 3. Stansion psixrometr qayerda o‘rnatiladi?*
- 4. Aspiratsion psixrometr qaysi hollarda qo‘llaniladi?*
- 5. Havoning manfiy haroratlarda ho‘llangan termometrning haroratini o‘lchashda qanday xususiyatlarni hisobga olish kerak?*
- 6. Agar quruq va ho‘llangan termometrlar o‘rtasidagi harorat farqini o‘lchashda 0,1°S noaniqlikka yo‘l qo‘yilgan bo‘lsa, havoning turli haroratlarda nisbiy namlikni o‘lchashdagi xatolik qanday o‘zgaradi?*

7. *Aspiratsion psixrometrlarda kuzatishlar qanday ketma-ketlikda bajarilishi kerak?*
8. *Aspiratsion psixrometrlarning aspiratsiya tezligini tekshirish qanday maqsadda bajariladi?*
9. *Sochli va pardali gigrograflar yordamida havo namligini o'lchash qaysi prinsipga asoslanadi?*
10. *Sochli va pardali gigrograflar yordamida nisbiy namlik qanday aniqlik bilan o'lchanadi?*
11. *Sochli va pardali gigrograflarni haroratning qanday oraliqlari uchun qo'llash mumkin?*
12. *Gigrograflar qanday maqsadlarda qo'llaniladi?*
13. *Gigrograf tasmasi qaysi tartibda qayta ishlanadi?*
14. *Kondensatsion gigrometrlarning ishlashi qaysi prinsipga asoslanadi?*
15. *Kondensatsion gigrometrlarning sezgirligi qaysi parametrlarga va qanday bog'liq? Haroratning qanday diapazonlarida ulardan foydalanish mumkin?*
16. *Radiatsion gigrometrlarning ishlashi qaysi prinsipga asoslanadi? Ularning sezgirligi qaysi parametrlarga bog'liq?*
17. *Elektrokimyoviy gigrometrlar qaysi prinsipga asoslanadi?*
18. *O'YuCh rezonatorli, membranali va issiqlik o'tkazuvchanlik gigrometrlari qaysi prinsiplarga asoslanadi?*

IV BOB. ATMOSFERA BOSIMINI O'LGHASH ASBOBLARI VA USULLARI

Ma'lum vaqt momentidagi ob-havo holatini aks yettiruvchi yer yaqini sinoptik xaritalarini tuzish uchun barcha meteorologik stansiyalarda o'lchanadigan atmosfera bosimini bilish zarur. Atmosfera bosimi haqidagi ma'lumotlardan fan va xalq xo'jaligining turli sohalarida foydalaniladi.

Atmosfera bosimini o'lchashda o'lchov birliklari bo'lib millimetr simob ustuni (mm s.u.) va gektopaskal (gPa) xizmat qiladi.

Millimetr simob ustuni – bu barometrdagi simob ustunining atmosfera bosimiga mos ravishda 1 mm ga ko'tarilishi yoki pasayishidir. Millimetr simob ustuni va gektopaskal orasidagi nisbat quyidagicha: 1 gPa – 0,75 mm s.u., 1 mm s.u. – 1,33 gPa.

Dengiz sathidagi o'rtacha bosim 760 mm s.u. yoki 1013,2 gPa ni tashkil qiladi. Bu qiymat *standart* yoki "*normal*" deb qabul qilingan. Bundan tashqari, 1000 gPa ga teng bo'lgan bosimni ham standart qiymat deb qabul qilish mumkin.

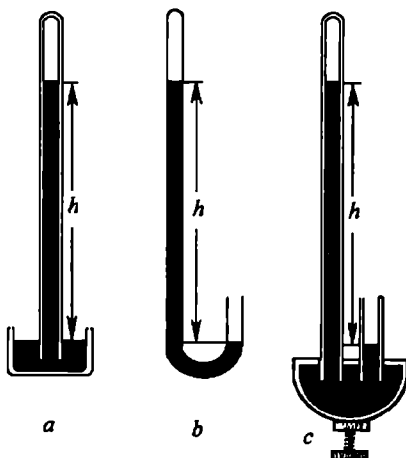
Atmosfera bosimini o'lchaydigan asboblarning belgilangan vazifalariga ko'ra har xil rumumda ishlab chiqariladi, biroq ularning barchasi uch asosiy turga bo'linadi: simobli barometrlar (yoki manometrlar), aneroidlar va gipsotermometrlar.

Simobli barometrlarning aniqligi katta va meteorologik stansiyalarda bosimni o'lchashda asosan shu asboblardan foydalaniladi. Barometrlar (simob bilan to'ldirilgan idishlarining tuzilishiga ko'ra) uch turga bo'linadi: kosali, sifon-kosali va sifonli (4.1-rasm). Ularning kosali va sifon-kosali turlaridan ko'proq foydalaniladi.

4.1. Simobli barometrlar

Meteorologik stansiyalarda kosali barometr o'rnatiladi.

Kosali barometr quyidagi tuzilishga ega (4.2-rasm): distirlangan (tozalangan) simob bilan to'ldirilgan va tepa tomoni kavsharlab

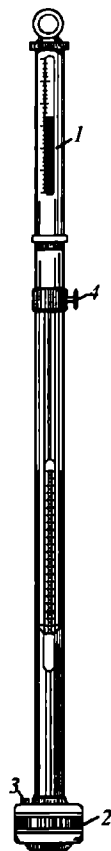


4.1-rasm. Simobli barometr turlari:
a – kosalı; b – sifonli; d – sifon-kosalı.

qo'yilgan, pastki ochiq tomoni bilan simob quyilgan platmassali yoki metall kosa (2) ga botirilgan shisha naycha. Kosa tashqi havo bilan vint (3) bilan berkitilgan teshik orqali bog'langan. Shisha naychanning yuqori qismida havo yo'q, shuning uchun kosaning ichidagi simob yuzasiga atmosfera bosimi ta'siri ostida naycha ichidagi simob ustuni ma'lum balandlikkacha ko'tariladi. Simob ustunining og'irligi atmosfera bosimiga teng.

Simobli shisha naycha kosaga vint bilan mahkamlangan gardishga o'rnatiladi.

Bu gardishning yuqori qismida naychanning ikki tomonida uzunasiga joylashgan teshiklar ochilgan. Bu teshiklar orqali naychadagi simob ustunining balandligi kuzatiladi. Bu bo'ylama teshikning bir tomoniga mm s.u. yoki gPa dagi shkala chizilgan. O'ndan bir bo'laklar hisobini olish uchun gardishning ichiga vint (4) yordamida shkala bo'yicha harakatlanadigan noniusli halqa o'rnatilgan. Gardishning o'rta qismiga termometr joylashtirilgan, bu termometr yordamida simob ustuni



4.2-rasm.
Kosalı
barometr.

balandligi hisobini olishdan oldin asbobning harorati o'lchanadi. Meteorologik stansiyalarda simobli barometr devorga qotirilgan maxsus shkafga o'rnatiladi.

Kosadagi simobning sathi atmosfera bosimining tebranishi natijasida shkalaning nolidan yuqoriroq yoki pastroq bo'lib qolishi mumkin. Simob ustuni balandligini aniqlashdagi xatolikni (siljish natijasida yuzaga keluvchi nomuvofiqlikni) bartaraf etish uchun bo'laklari 1 mm dan kichik bo'lgan maxsus kompensatsion shkaladan foydalaniladi.

U yoki bu punktda atmosfera bosimi qiymatiga mos keladigan simob ustuni balandligini aniqlash uchun simobli barometrdan olingan hisobga qator tuzatmalar kiritiladi: asbob tuzatmasi, haroratga bog'liq tuzatma, joyning geografik kengligi va dengiz sathidan balandligiga bog'liq bo'lgan og'irlik kuchi tezlanishiga tuzatma.

Simobli barometr tuzatmalari. Atmosfera bosimi R barometrik naychadagi simob ustuni og'irligiga teng. Biroq, sodda va qulay bo'lishi uchun atmosfera bosimi og'irlik bilan emas, balki simob ustunini balandligida xarakterlanadi. Bu simob ustunining og'irligi quyidagi ko'paytma ko'rinishida berilishi mumkin:

$$R = H \cdot d \cdot g, \quad (4.1)$$

bu yerda d – simob zichligi, g – og'irlik kuchi tezlanishi.

(4.1) dan ko'rinadiki, bosim dP kattalikka o'zgarganda simob ustuni balandligi dH kattalikka o'zgaradi. Shuning uchun

$$\frac{dH}{dP} = \frac{1}{\rho g}. \quad (4.2)$$

Bu *suyuqlik barometrlarining sezgirlik tenglamasi*. U bosim bir birlikka (1 mm c.u. yoki gPa) o'zgarganda suyuqlik ustuni balandligi qanchaga o'zgarishini ko'rsatadi. Suyuqlikli barometrlarning sezgirligi foydalanilayotgan suyuqlikning zichligiga teskari proporsional. Agar bunday barometrlarda suvdan foydalanilsa, uning sezgirligi simobli barometrga qaraganda 13,6 marta yuqori bo'ladi. Biroq bunday barometrlar amaliy jihatdan juda noqulay.

d va g kattaliklar to'liq doimiylikka ega emas. Shuning uchun har xil haroratlar va og'irlik kuchi tezlanishi har xil bo'lgan sharoitlarda barometr bo'yicha olingan simob ustuni balandliklari hisobini o'zaro taqqoslab bo'lmaydi. Ular mos tuzatmalar kiritish orqali standart ("normal") sharoitlarga keltiriladi.

Harorat ko'tarilganda simob kengayadi, uning zichligi kamayadi va simob ustunining balandligi "normal" deb qabul qilingan 0° haroratdagi kuzatuvlardagiga qaraganda ortiqroq bo'lib qoladi. Shuning uchun harorat bo'yicha kiritiladigan tuzatma noldan yuqori haroratlarda manfiy ishora, noldan past haroratlarda esa musbat ishoraga ega bo'ladi. Yer markazigacha bo'lgan masofa bilan aniqlanadigan og'irlik kuchi tezlanishi qutblarda eng katta qiymatga va ekvator atrofida esa eng kichik qiymatga ega. Bundan tashqari, dengiz sathidan yuqoriga uzoqlashgan sari bu qiymat kichrayib boradi. Turli kenglik va dengiz sathidan balandliklarda bosim bo'yicha olib borilgan kuzatuvlarni taqqoslash uchun ular standart og'irlik kuchiga keltiriladi.

Standart og'irlik kuchi tezlanishi deb 45° kenglikdagi dengiz sathi qiymati qabul qilingan. 45° kenglikdan nisbatan quyi kengliklarda (0 dan 45° gacha) simobli barometr ko'rsatkichi qiymatlari ortgan va yuqori kengliklarda (45° dan 90° gacha) ko'rsatkich qiymati kamaygan bo'lib qoladi. Dengiz sathidan ko'tarilgan sari simobli barometr ko'rsatkichi qiymati birmuncha ortgan bo'lib qoladi.

Shunday qilib, joyning kengligiga bog'liq bo'lgan og'irlik kuchi tezlanishi bo'yicha kiritiladigan tuzatma yuqori kengliklarda musbat va quyi kengliklarda manfiy bo'ladi. Joyning dengiz sathidan balandligiga bog'liq bo'lgan og'irlik kuchi tezlanishi bo'yicha kiritiladigan tuzatma dengiz sathidan absolut balandlikka ega balandliklarda musbat qiymatga ega bo'ladi.

Simobli barometrdan olingan hisobga sanab o'tilgan tuzatmalardan tashqari asbob tuzatmasi ham kiritiladi. U barometr ko'rsatkichlarining barometrni ishlab chiqarishdagi nomukammalligi bilan bog'liq. Masalan, shkalani kiritishdagi xatolik, naychaning turli qismlaridagi radiuslardagi farqlar va boshqalar.

Asbob tuzatmasi ushbu asbobni etalonga taqqoslash orqali topiladi va asbobga qo'shib beriladigan pasportga yozib qo'yiladi.

Bosimning tuzatilgan kattaligi (hisob+tuzatma) stansiya sathidagi atmosfera ustunining og'irligini anglatadi. Turli absolut balandliklarda joylashgan meteorologik stansiyalardagi atmosfera bosimi haqidagi ma'lumotlarni bir-biri bilan taqqoslash imkoniyatiga ega bo'lish uchun, odatda bosim dengiz sathiga "keltiriladi" Dengiz sathiga keltirish — bu stansiya sathidagi atmosfera bosimining tuzatma kiritilgan qiymatiga stansiya sathidan dengiz sathigacha bo'lgan havo ustunining bosim birliklarida ifodalangan og'irligini qo'shish demakdir:

$$P_{deng.s.} = P_{st.s} + \Delta P \quad (4.3)$$

Havo bosimi va haroratning turli qiymatlari uchun ΔP qiymati maxsus jadval yordamida topiladi.

4.2. Deformatsion barometrlar

Deformatsion barometrlarga barometr-aneroidlar kiradi.

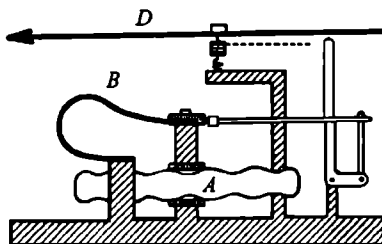
Aneroid. Aneroidning ishlash prinsipi atmosfera bosimi o'zgarishlarining ta'siri ostida qabul qiluvchi qismning elastik deformatsiyasiga asoslangan.

Qabul qiluvchi qism sifatida tagi va qopqog'i gofirovka qilingan metall aneroid quticha A qo'llaniladi (4.3-rasm). Quticha ichidagi havo deyarli to'liq so'rib olingan. Atmosferadagi havo bosimi ta'sirida quticha yopishib qolmasligi uchun kuchli prujina B quti qopqog'ini tortib, muvozanat holatiga keltirib turadi. Tashqi bosim ortganda qopqog' qutiga itariladi (siqiladi), tashqi bosim kichrayganda prujina ta'siri ostida yuqoriga ko'tariladi. Qutichaning bosim o'zgarishidagi deformatsiyasi kattaligi juda kichik (bosim 80 mm s.u. ga o'zgarganda 0,3 mm ga teng). Biroq quticha qopqog'ining bu juda kichik tebranishlari richaglar tizimi yordamida 200 dan 800 martagacha kattalashtirib, shkala bo'ylab harakatlanadigan strelkaga D uzatiladi. Asbob haroratini o'lchash uchun aneroidning tepa qismida yoysimon termometr o'rnatilgan. Aneroidning butun mexanizmi shisha qopqoqli metall yoki plastmassa korpus ichiga o'rnatilgan.

Hozirgi vaqtda prujinasiz aneroidlar ham ishlab chiqarilmoqda. Ularda prujina vazifasini qutichaning elastik qopqog'i bajaradi. Bu aneroidning bosimni qabul qiluvchi qismi 5–6 ta qutichadan tashkil topgan.

Aneroidlarga tuzatma. Aneroid bo'yicha hisoblarga uchta tuzatma kiritiladi: shkala tuzatmasi, harorat bo'yicha tuzatma va qo'shimcha tuzatma.

Shkala tuzatmasi aneroid shkalasining mazkur turidagi



4.3-rasm. Aneroidning tuzilishi.

barcha aneroidlar uchun standart qilib ishlanadi. Shunday bo'lsa ham, har bir aneroid uzatuvchi mexanizmning instrumental noaniqligi va u o'ziga xos bo'lishi, buning natijasida aneroidning ko'rsatkichi haqiqiy bosimdan farq qilishi mumkin. Bunda farqning qiymati shkalaning turli qismlarida bir xil bo'lmaydi. Bu xatolarni aniqlash maqsadida aneroidlar sun'iy sharoitda hosil qilinadigan turli bosimlarda aniq simobli manometr bilan taqqoslanadi. Shunday qilib shkala tuzatmasi topiladi.

Harorat bo'yicha tuzatma kiritish atrof-muhit harorati o'zgarganda quticha va prujinaning elastiklik xususiyatlarining o'zgarishi sababli amalga oshiriladi. Masalan, harorat ortganda ularning elastikligi kamayadi, buning natijasida quticha ko'proq siqiladi va aneroid bosimning ortganligini ko'rsatadi, haqiqatda esa u o'zgargan emas. Asbobning pasportida harorat koeffitsiyenti K beriladi. U harorat 1° ga ortganda yoki pasayganda aneroid ko'rsatkichining o'zgarishini ko'rsatadi. Aneroidlarda harorat koeffitsiyentlarining qiymatini kamaytirish maqsadida ikki xil kompensatsiya qo'llaniladi: a) bimetall plastinka-kompensatorlar, ular turli kengayish koeffitsiyentiga ega bo'lgan ikkita metallardan tashkil topgan; 2) gaz yordamida kompensatsiyalash, aneroid qutichasini yasash vaqtida uning ichida ozgina gaz (odatda azot) qoldiriladi. Hozirgi vaqtda asosan kompensatsiyaning ikkinchi usuli qo'llaniladi.

Aneroid ko'rsatkichini 0° ga keltirish uchun X orqali belgilangan tuzatma kattaligi

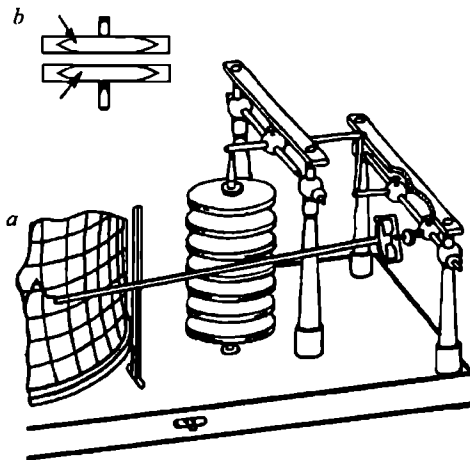
$$X = K \cdot t \quad (4.4)$$

ga teng, bu yerda t — asbob harorati.

Qo'shimcha tuzatma prujina va quticha metalli ichki tuzilishining muntazam o'zgarishi bilan bog'liq. Buning natijasida ularning elastikligi o'zgaradi. Vaqt o'tishi bilan tuzatma ham o'zgaradi. Shuning uchun aneroidlar asboblarni tekshirish byurosida davriy tekshiruvdan o'tkazib turiladi. U yerda aneroidni simobli barometr bilan taqqoslash yo'li bilan yangi qo'shimcha tuzatma topiladi.

Barograf. Barograf deb atmosfera bosimi tebranishlarini uzluksiz qayd qilib boruvchi asbobga aytiladi. Tuzilishiga ko'ra barograf uch qismga bo'linadi: qabul qiluvchi, uzatuvchi va qayd qiluvchi qismlar (4.4-rasm).

Bosim o'zgarishiga sezgir qabul qiluvchi qism bir-biriga vintlangan aneroid qutichalar tizimidan tashkil topgan. Ichidagi havo deyarli to'liq



4.4-rasm. Barografning tuzilishi.

soʻrib olingan qutilar tashqi bosim taʼsirida yopishib qolmasligi uchun, ularning ichiga prujina reszorlar (4.4 b-rasm) oʻrnatilgan. Prujina vazifasini maxsus tayyorlangan qutilarning devori bajarishi mumkin.

Yuqoridagi quticha uzatuvchi mexanizm richagiga ulangan. Qutichaning deformatsiya qiymati juda kichik, biroq peroga uzatishda u richaglar yordamida 80–100 marta kattalashtiriladi.

Barograf koʻrsatkichiga haroratning taʼsirini kamaytirish uchun uning ostki qismida bimetall kompensator oʻrnatilgan. Bu kompensator poʻlat va mis plastinkalarni kavsharlash yoʻli bilan tayyorlangan. Bir-biriga vintlangan aneroid qutichalar ustunining ostki qismi kompensatorga taqaladi. Harorat ortganda quti ichidagi prujinaning elastikligi kuchsizlanadi va barograf haqiqiy bosimdan katta qiymatni koʻrsatishi kerak. Biroq bunday boʻlmaydi, chunki harorat ortganda mis va poʻlatning kengayish koeffitsiyentlari farq qilganligi sababli bimetall plastinka biroz tepaga egiladi. U bilan birga butun qutilar ustuni koʻtariladi. Shunday qilib, qutilar ustunining harorat ortishi natijasida yuzaga kelgan qisqarishi kompensator yordamida kompensatsiyalanadi. Baʼzi hollarda bimetall kompensator oʻrniga aneroid qutichasining ichida ozgina gaz qoldiriladi va u ham kompensatsiyalovchi taʼsir koʻrsatadi.

Barografning qayd qiluvchi qismi ichida soat mexanizmi oʻrnatilgan gardishdan iborat (4.4 a-rasm). Gardish ustiga qogʻoz tasma oʻraladi. Bu tasmda gorizontaal va vertikal yoysimon chiziqlar tushirilgan: gorizontaal chiziqlar mm s.u. yoki gPa dagi atmofera bosimiga mos keladi. Agar oʻziyozgich haftalik boʻlsa bir haftada bir marta aylanib chiqadi va tasmdagi yoysimon boʻlaklar har 2 soatga mos keladi, sutkalik barograflarda esa har 15 daqiqaga mos keladi.

Aneroid qutichasiga ulangan stryelka oxiriga richaglar yordamida pero oʻrnatilgan. Bu pero oʻziyozgichni ishga tayyorlashda maxsus siyoh bilan toʻldiriladi. Baraban aylanganda tasmda tegib turgan pero atmofera bosimi tebranishlariga mos keluvchi yozuvni qoldiradi. Peroning tasmda bosimi stryelka asosiga qotirilgan gardish burilishi hisobiga boshqariladi.

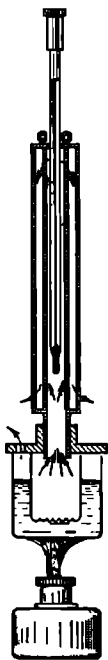
Qutining ostida teshik ochilgan boʻlib, bu teshik ichida toʻrt qirrali vint bor. Bu vintni maxsus kalit bilan burab, aneroid qutilarning butun ustunini siljutiladi va pero tasmaning kerakli boʻlagiga toʻgʻrilanadi.

Barograflar koʻrsatkichlarini muntazam ravishda simobli barometrda taqqoslab turish kerak. Buning uchun muddatli soatlardagi kuzatuvlarda barograf tasmasida kertiklab belgi qoʻyiladi (ehtiyotkorlik bilan pero 2–3 mm ga koʻtariladi). Sutkalik barograflar tasmasini qayta ishlash xuddi termograflar tasmasini qayta ishlash kabi oʻtkaziladi (2-bobga qarang).

Haftalik barograflarning yozuvlari boʻyicha kuzatish muddatlaridagi barik tendensiya, yaʼni oxirgi uch soatdagi bosim ishorasi va xarakterining kattaligi aniqlanadi.

4.3. Gipsotermometrlar

Gipsotermometrlar yordamida atmofera bosimini oʻlchash suyuqlik qaynash nuqtasining atmofera bosimiga bogʻliqligiga asoslangan. Suyuqlikning qaynashi toʻyingan bugʻ bosimining atmofera bosimiga tenglashgan vaqt momentida



4.5-rasm.
Gipsotermometr.

boshlanadi. Shunday qilib bosim ortganda suyuqlikning qaynash nuqtasi ko'tariladi va aksincha. Masalan, bosim 760 mm. s.u. ga teng bo'lganda qaynayotgan suv bug'ining harorati 100° ga teng, 800 mm. s.u. bo'lganda — 101,4°, 700 mm s.u. bo'lganda — 97,7° ga teng bo'ladi. Gipsotermometrlar maxsus termometr va qaynatgichdan tashkil topgan (4.6- rasm). Termometr Selsiy graduslarida 0,0° gacha yoki bosim birliklarida (mm s.u. yoki gPa) graduировкаlangan.

Qaynatgich metall idish bo'lib, distirlangan suv bilan to'ldirilgan, uning ustidan ikki qavat devorli metall naycha ulangan. Termometr shu naycha ichiga o'rnatiladi va suv qaynaganda suv bug'i bilan yuvilib turadi. Qaynatgichdagi suv "spirtovka" yordamida isitiladi (qizdiriladi).

Nazorat savollari va topshiriqlar

- 1. Nima uchun suyuqlikli barometrlarga simob quyiladi?*
- 2. 20° sh.k. da va 60° j.k. da tortish kuchi bo'yicha kiritiladigan tuzatmalar qanday ishoralarga ega bo'ladi?*
- 3. Simobli barometr ko'rsatkichi nima maqsadda 0° haroratga va 45° kenglikka keltiriladi?*
- 4. Bosimni dengiz sathiga keltirish nimani anglatadi?*
- 5. Aneroid yordamida atmosfera bosimini o'lchash qanday prinsipga asoslanadi?*
- 6. Barometr aneroidlar ko'rsatkichlariga qanday tuzatmalar kiritiladi?*
- 7. Aneroidlar ko'rsatkichlariga haroratning ta'siri qanday qilib kompensatsiyalanadi?*
- 8. Barograflar nima maqsadda qo'llaniladi?*
- 9. Barograf tasmasi qanday qilib qayta ishlanadi?*
- 10. Gipsotermometrlar qaysi prinsipga asoslangan?*

V BOB. SHAMOLNING TEZLIGI VA YO'NALISHINI O'LCHASH ASBOBLARI VA USULLARI

Havoning yer sirtiga nisbatan gorizonttal harakati *shamol* deb ataladi. Odatda shamolning yo'nalishi — gorizontning shamol kelayotgan tomoni va uning m/s lardagi tezligi aniqlanadi. Meteorologik stansiyalardagi kuzatishlarda, shuningdek yo'nalish (doimiy yoki o'zgaruvchan) va tezlik (bir tekis va kuchayuvchan) bo'yicha shamolning o'zgaruvchanlik darajasiga sifat xarakteristikalarini beriladi.

Tadqiqot vazifalariga bog'liq ravishda shamolni kuzatishning turli asboblari va usullari qo'llaniladi. Dala sharoitlarida havoning yer yaqinidagi qatlamida shamol tezligini aniqlash uchun *kosali, kontaktli va induksion anemometrlardan* foydalaniladi. Kosali va kontaktli anemometrlar odatda atmosferaning quyi qatlamidagi issiqlik va namlikning turbulent oqimlarini hisoblash uchun zarur bo'lgan gradiyent o'lchashlarida qo'llaniladi. Ularning yordamida vaqtning kerakli oralig'i (bir necha daqiqadan 1–3 soatgacha) uchun shamolning o'rtacha tezligini aniqlash mumkin. Induksion anemometrlar shamolning oniy (2–3 s) tezligini aniqlashda qo'llaniladi. Bunday kuzatishlar, masalan, balanso'lchagich ko'rsatkichlariga shamol tuzatmalarini kiritish uchun zarur.

Shamol xarakteristikalarini aniqlash uchun hozirgi vaqtda meteorologik stansiyalarda *anemorumbometrlar* qo'llaniladi. Shamolni kuzatish quyidagilarni o'z ichiga oladi: a) vaqtning 2 yoki 10 daqiqa oraliqlarida (o'lchashlarda foydalanilayotgan asbobning texnik imkoniyatlariga bog'liq holda) shamolning o'rtacha tezligini o'lchash; b) vaqtning shu oralig'idagi oniy shamol tezligining maksimal qiymatini aniqlash (kuchayuvchi shamol tezligi); d) 2 daqiqa ichidagi shamolning o'rtacha yo'nalishini aniqlash. Shamol tezligi va yo'nalishini uzluksiz qayd qilib borish uchun *anemorumbograflardan* foydalaniladi. Ularning yordamida shamol tezligining 1 soat ichidagi o'rtacha qiymati, oniy tezlikning 1 soat ichidagi maksimal qiymati va 1 soat ichidagi o'rtacha tezlikka mos keluvchi shamol yo'nalishi aniqlanadi.

Shamol tezligi datchiklarining konstruksiyasiga bog'liq ravishda anemometrlarning quyidagi turlari ajratiladi:

–havo oqimining bosimini qayd etuvchi plastinka yoki boshqa shakldagi jism (flyuger, shamolo'chagich);

–shamol ta'sirida vertikal o'q atrofida aylanuvchi bir nechta kosa yoki parraklardan tashkil topgan tizim (rotoanemometrlar, qanotli anemometrlar);

–harorati atrofda havo haroratidan farq qiluvchi jismlar (issiqlik anemometrlari).

Bu anemometrlarning har birini ko'rib chiqamiz.

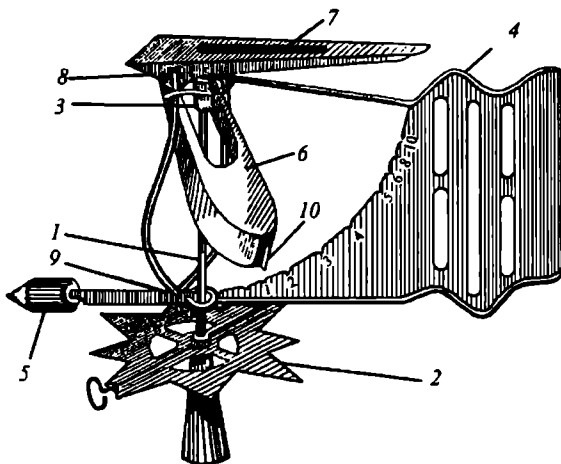
5.1. Tretyakov shamolo'chagichi

Bu asbob dala sharoitida shamolning tezligi va yo'nalishini aniqlashga xizmat qiladi.

Flyuger kabi bu asbobning ishlashi ham erkin osib qo'yilgan qoshiqsimon shaklli metall plastinaning aylanishiga asoslangan (5.1-rasm). Shamolning yo'nalishi flyugarka yordamida aniqlanadi.

Asbob quyidagi tuzilishga ega.

Uchli nayza bilan tugovchi vertikal o'q (1) da rumblarning nomi tushirilgan sakkiz qirrali yig'ma yulduz (2) mahkamlangan.



5.1-rasm. Tretyakov shamolo'chagichi.

Kuzatishlarda hisoblash oson bo'lsin uchun yozuvlar yulduzning pastki yuzasiga tushirilgan. Vertikal o'q (1) ga kichkina silindr (3) yordamida (5) posongili flyugarka (4) va o'zaro 76° burchak ostida qattiq mahkamlanib, o'q (8) da erkin aylana oladigan (6 va 7) plastinkalardan iborat harakatchan tizim kiydiriladi. Flyugarka (4) qirqimlarga ega bo'lgan to'lqinsimon egilgan plastina ko'rinishida tayyorlangan. Posongi (5) sharnirli tirsak (9) ga ega va asbob qutiga yig'ilgan vaqtda yuqoriga ko'tariladi. Plastinka (6) ning pastki qismida uchli nayza ko'rinishidagi ko'rsatgich (10) o'rnatilgan bo'lib, qoshiqsimon ko'rinishga ega va botiqlik tomoni bilan shamolga qaratib qo'yilgan (6 va 7) plastinkalarning o'rta qismida qirqimlari bor.

Shamol ta'sirida butun tizim shamol bo'ylab buriladi hamda (6 va 7) plastinkalar kuzatish vaqtidagi shamol tezligiga bog'liq holda biror burchakka og'adi. Plastinka (6) ning ko'rsatgichi (10) flyugarka tekisligiga tushirilgan shkala bo'ylab harakatlanadi. Bu shkala bo'limlariga shamolning m/s lardagi qiymatini ifodalovchi 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 raqamlari tushirilgan.

Bu shamolo'lchagichning shkalasi V.D. Tretyakov tomonidan tajribada aerodinamik trubada berilgan shamol tezliklarida qoshiqsimon plastinka (6) ning og'ish burchagini ko'p marta aniqlash yo'li bilan hosil qilingan.

Tretyakov shamolo'lchagichi yordamida kuzatishlarni o'tkazish. Yog'och tayoq vertikal o'rnatiladi va unga yo'nalish ko'rsatkichiga ega bo'lgan o'q (1) kiydiriladi. Bundan keyin asbobning harakatchan qismi — flyugarka kiydiriladi. Kompas yordamida yulduz (2) ning uchlari dunyo tomonlari yo'nalishida o'rnatiladi. Kuzatishlar oldidan vertikal o'q (1) ni, shuningdek flyugarka hamda (6 va 7) plastinkalarning harakatida ishqalanishning yo'qligini tekshirish lozim.

Asbob o'rnatilganidan so'ng kuzatishlarga kirishiladi. Shamolning yo'nalishini aniqlash uchun flyugarka posongisi (5) ning ko'rsatgichi holati 1–2 daqiqa davomida kuzatiladi va uning o'rtacha holati yozib olinadi.

Shamolning tezligi shamolning yo'nalishi aniqlangan vaqt oralig'i uchun ko'rsatgich (10) ning shkaladagi o'rtacha holati bo'yicha aniqlanadi. Shamol o'lchagichning aniqligi shkalaning 1–6 m/s oralig'ida 0,5 m/s, bundan katta tezliklarda 1 m/s ni tashkil etadi.

10 m/s dan katta shamol tezliklarini o'lchash uchun plastinka (7) ning o'rtasiga tilcha yordamida yuk qo'yiladi. Yuk bilan kuzatishlar

olib borilganda shkala bo'yicha hisoblangan barcha shamol tezliklari ikkiga ko'paytirilishi kerak.

Kuzatishlardan keyin asbob sochiladi va yassi yog'och qutiga joylanadi.

Dala sharoitlarida kuzatishlarga mo'ljallangan Tretyakov shamolo'lchagichi qo'l anemometrilaridan ustunlikka ega. Uning ko'rsatkichlari vaqt o'tishi bilan o'zgarishi mumkin bo'lgan o'tkazish ko'paytiruvchilariga bog'liq emas. Dala sharoitlarida asbobni tekshirish va o'tkazuvchi ko'paytiruvchilarning o'zgarish qiymatlarini aniqlab bo'lmasligi tufayli bu holat dala kuzatishlarida muhim hisoblanadi.

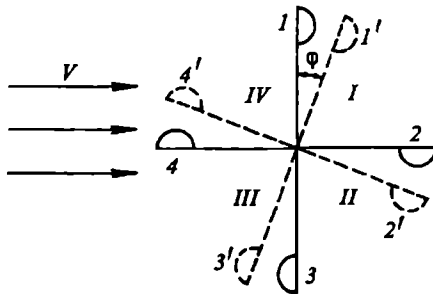
Tretyakov shamolo'lchagichi ko'rsatkichlarining to'g'riligini saqlash uchun (6 va 7) plastinkalar orasidagi burchakning doim bir xil, ya'ni 76° ga teng bo'lishini nazorat qilish kerak bo'ladi. Faqat shu burchakdagina shkala o'z qiymatini saqlab qoladi. Shuningdek (6 va 7) plastinkalar shaklining o'zgarmasligiga ham ahamiyat berish lozim.

Ta'kidlash lozimki, Tretyakov shamolo'lchagichida yetarli sezgirlikni saqlagan holda yo'nalish ko'rsatgichi va shamol kuchining tebranishlarini kamaytirish choralari ko'rilgan. Shakli bo'yicha plastinka (6) dan farq qiluvchi yuqoridagi plastinka (7) plastinka (6) ning dinamik posongisi hisoblanadi va shamolning kuchayishlarida shamol tezligi ko'rsatgichining tebranishlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Flyugarkaning dum qismi uning tebranishlarini tinchlantirish maqsadida to'liqsimon shaklda yasalgan.

5.2. Rotoanemometrlar

Rotoanemometrlarda shakli bo'yicha yarimsfera yoki yarimsilindrlarga yaqin keluvchi kosa yoki havo parragi ko'rinishida tayyorlangan "kurakchali" parraklar shamol tezligining birlamchi datchigi vazifasini bajaradi. Havo oqimining parrakka bosimi oqim tezligi qancha katta bo'lsa, parrakni shuncha tez aylanishga majbur qiluvchi aerodinamik kuch momentini hosil qiladi. Biror yo'l bilan parrakning aylanish tezligini o'lchab, uni aylanib o'tuvchi havo tezligini aniqlash mumkin.

Shunday qilib, aylanish tezligini o'lchovchi taxometr rotoanemometrning ikkilamchi datchigi vazifasini bajaradi. Aniqlik maqsadida to'rtta kosali parrak uchun havo oqimining tezligi va parrakning aylanish tezligi orasidagi bog'liqlikni o'rganamiz (5.2-rasm).



5.2-rasm. Rotoanemometr tenglamasini keltirib chiqarish.

Oqim tezligining kosa aylanish trayektoriyasining urinmasiga proyeksiyasi V va kosaning chiziqli tezligi U ning algebraik farqiga teng bo'lgan nisbiy tezlikni kiritamiz:

$$V = V - U \cos \varphi \quad (5.1)$$

Oqimning kosaga ko'rsatayotgan dinamik bosimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$P = \frac{1}{2} c_a S \rho (V')^2 = \frac{1}{2} c_a S \rho (V - U \cos \varphi)^2, \quad (5.2)$$

bu yerda, S – kosaning oqim tezligi vektoriga perpendikular bo'yicha ko'ndalang kesimi yuzasi, c_a – kosaning oqimga aerodinamik qarshiligi ko'effitsiyenti, ρ – havoning zichligi.

Xususan, 1-holatda kosa maksimal tezlik bilan oqimdan “uzoqlashadi”. Undagi bosim

$$P_1 = \frac{1}{2} c_a^{(1)} S \rho (V - U)^2 \quad (5.3)$$

ga teng, aerodinamik kuchlar momenti esa soat strelkasi bo'yicha yo'nalgan. 3- holatda, aksincha, kosa maksimal tezlik bilan oqimga qarshi harakatlanadi. Undagi bosim

$$P_3 = \frac{1}{2} c_a^{(3)} S \rho (V - U)^2 \quad (5.4)$$

ga teng, aerodinamik kuchlar momenti esa soat strelkasiga qarshi yo'nalgan. Tinch holatda $V = V'$, biroq ko'ndalang kesim yuzalari teng $S_1 = S_2$ bo'lganda oqimga botiq tomoni (I va IV choraklar) bilan turgan kosalar uchun aerodinamik qarshilik ko'effitsiyentlari qavariq

tomoni (II va III choraklar) bilan turgan kosolardagiga nisbatan katta $c_a^{(1)} > c_a^{(3)}$ bo'lgani uchun $P_1 > P_3$ bo'ladi.

Shu sababli datchikni o'z o'qi atrofida (5.2-rasmda soat strelkasi bo'yicha) aylanishga majbur qiluvchi natijalovchi kuch momenti hosil bo'ladi. Parrak tezlashib borgan sari nisbiy tezlik, demak, oqimning I va IV choraklarda kosalarga bosimi aylanishidan aylangan sari kamayib, II va III choraklarda esa ortib boradi. Bu bosimlar tenglashgunga qadar davom etadi. Bundan keyin datchik turg'unlashgan oqimda turg'unlashgan oqim tezligini qabul qila boshlaydi.

Havo oqimining tezligi va datchik aylanishining tezligi orasidagi miqdoriy munosabatlarni aniqlashga o'tamiz. Rotoanemometning harakat tenglamasini hosil qilish uchun mexanikadan ma'lum bo'lgan qonundan foydalanamiz. Unga muvofiq *aylanayotgan tizim uchun uning aylanish o'qiga nisbatan mexanik inersiya momentining burchak tezlanishiga ko'paytmasi tizimga ta'sir etuvchi kuchlar momentlarining yig'indisiga teng*. n ta kurakchali parrak uchun

$$K \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} + M_u + \sum_{i=1}^n R P_i = K \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} + M_i + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} R c_a^{(i)} S_i \rho (V - U \cos\varphi_i)^2 = 0, (5.5)$$

bu yerda, $\varphi_i = \varphi + (i-1) \frac{2\pi}{n}$, K – aylanish o'qiga nisbatan tizimning mexanik inersiya momenti, M_i – parrakning o'q atrofida aylanishida va harakatni asbob ko'rsatgichiga uzatuvchi mexanizmida hosil bo'luvchi mexanik ishqalanishga bog'liq bo'lgan kuchlar momenti, R – parrakning yelkasi.

$$U = R \frac{d\varphi}{d\tau} = R\omega \quad (5.6)$$

(bu yerda ω – aylanishning burchak tezligi) almashtirishni bajarsak:

$$K \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} + M_i + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} R c_a^{(i)} S_i \rho \left(V - R \frac{d\varphi}{d\tau} \cos\varphi_i \right)^2 = 0. \quad (5.7)$$

$c_a^{(i)}$ burilish burchagi va kurakchalar sonining, shuningdek havo oqimi turbulentsligining murakkab funksiyasi bo'lganligi uchun bu tenglamaning umumiy ko'rinishdagi yechimi juda murakkab. Ikki ideallashtirilgan hol uchun yechimlarni ko'rib chiqamiz.

Birinchi holda (5.7) tenglamaga quyidagi shartlar qo'yiladi:

a) havo oqimining tezligi o'zgarmas, parrakning harakati esa

turg'unlashgan, ya'ni $V=const$, $\frac{d^2\varphi}{d\tau^2} = \frac{d\omega}{d\tau} = 0$. Demak $\omega=const$;

b) aerodinamik kuch momentlari vaqt bo'yicha o'zgarmas va 5.2-rasmda ko'rsatilgan holatga mos. U holda (5.7) tenglamaning oxirgi hadi soddalashtirilishi mumkin:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} R c_a^{(i)} S_i \rho (V - R\omega \cos\varphi_i)^2 = \\ = \frac{1}{2} R S \left[c_a^{(1)} (V - R\Omega)^2 - c_a^{(3)} (V + R\Omega)^2 \right] = 0. \end{aligned} \quad (5.8)$$

Bu yerda Ω ni ω ning turg'unlashgan qiymati deb tushunish kerak; v) ishqalanish o'ta kichik:

$$M_i = 0. \quad (5.9)$$

U holda (5.8) ni e'tiborga olib, (5.7) tenglama sezilarli soddalashadi:

$$c_a^{(1)} (V - R\Omega)^2 = c_a^{(3)} (V + R\Omega)^2 \quad (5.10)$$

$$\sigma = \frac{V}{R\Omega} \quad (5.11)$$

munosabat rotoanemometr koeffitsiyenti deb ataladi.

Turli shakl va o'lchamga ega bo'lgan kosalarni tajriba yo'li bilan o'rganish aerodinamik qarshilik koeffitsiyentlarining kosalar shakli va o'lchamiga sezilarli bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Kosalarning parametri o'zgarganda $c_a^{(1)}$ va $c_a^{(3)}$ koeffitsiyentlarning qanday o'zgarishidan qat'iy nazar ularning nisbati taxminan doimiy bo'lib, quyidagi qiymatni tashkil etadi:

$$\frac{c_a^{(1)}}{c_a^{(3)}} = 4 \quad (5.12)$$

(5.11) va (5.12) larni (5.10) ga qo'yib, σ ga nisbatan hosil bo'lgan kvadrat tenglamani yechamiz va $\sigma=3$ ekanligini topamiz. Bu munosabat

ham kosali, ham vintli rotoanemometrlarning parametrlarini taqribiy hisoblashda foydalaniladi.

Anemometrlarni chuqur o'rganishda σ koeffitsiyentining havoning zichligi, parrakning parametrlari, uning oqimga nisbatan burilish burchagi va, nihoyat oqimning tezligiga kuchsiz, biroq yaqqol ifodalangan bog'lanishi aniqlanadi.

Ikkinchi holda parrakning inersion xarakteristikalarini aniqlash uchun (5.7) tenglama quyidagi shartlarda yechiladi:

a) ishqalanish o'ta kichik;

b) aerodinamik kuchlarning (bir marta aylanish davri uchun) o'rtacha momenti havo oqimi tezligining kvadrati va sirpanishga proporsional:

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{2} R c_a^{(i)} S_i \rho \left(V - R \frac{d\varphi}{d\tau} \cos \varphi_i \right)^2 = k V^2 \frac{\omega - \Omega}{\Omega}. \quad (5.13)$$

Bu yerda k – anemometr datchigining individual xossalarini xarakterlovchi o'lchamli proporsionallik koeffitsiyenti, $\frac{\omega - \Omega}{\Omega}$ – qaralayotgan havo oqimiga mos keluvchi datchik aylanishi burchak tezligi oniy qiymati ω ning turg'unlashgan qiymati Ω dan nisbiy chetlanishiga teng bo'lgan sirpanish.

Shunday qilib, ikkinchi holda turg'unlashgan harakatdan sezilarli farq qiluvchi harakat yaraladi. Bu tabiiy, chunki ikkinchi holda bizni harakatning turg'unlashishi uchun kerak bo'lgan vaqt qiziqtiradi.

Agar (5.13) shartni qabul qilsak, u holda asosiy (5.7) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$K \frac{d^2 \varphi}{d\tau^2} + k V^2 \frac{\omega - \Omega}{\Omega} = 0. \quad (5.14)$$

Faqat datchikning konstruksiyasi bilan aniqlanuvchi $L = \frac{K}{\sigma k R}$ sinxronizatsiya yo'li deb ataladigan kattalikni kiritamiz. U holda (5.14) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d^2 \varphi}{d\tau^2} + \frac{\sigma K}{L} (\Omega \omega - \Omega^2) = 0. \quad (5.15)$$

Havo oqimining fiktiv tezligini kiritamiz:

$$\vartheta = \sigma k \omega. \quad (5.16)$$

U holda (5.15) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{d\vartheta}{d\tau} + \frac{1}{L} (V\vartheta - V^2) = 0. \quad (5.17)$$

ϑ kattalikni anemometrning "ko'rsatishi" deb tushunish kerak, negaki bu datchik aylanishining turg'unlashgan tezliklarida bo'limlangan asbob ko'rsatuvchi datchik aylanishining berilgan burchak tezligi ω dagi tezlikdir.

(5.15) va (5.17) tenglamalarning xususiy hollardagi yechimlarini ko'rib chiqamiz. Birinchi holda havo oqimining tezligini o'zgarmas ($V, \Omega = \text{const}$) deb faraz qilamiz. U holda ϑ va τ o'zgaruvchilari ajraladi va (5.17) tenglamaning yechimi quyidagicha bo'ladi:

$$\vartheta(\tau) - V = (\vartheta_0 - V) e^{\frac{V\tau}{L}}, \quad (5.18)$$

bu yerda $\vartheta = \vartheta(\tau)$ ($\tau = 0$ bo'lganda), yoki $\vartheta = \vartheta(0)$.

(5.15) tenglamaning yechimi ham shunga o'xshash topiladi:

$$\omega(\tau) - \Omega = (\omega_0 - \Omega) e^{\frac{\sigma R \Omega \tau}{L}} = (\omega_0 - \Omega) e^{\frac{V L \tau}{L}}, \quad \omega_0 = \omega(0). \quad (5.19)$$

Ikkinchi holda (5.18) va (5.19) yechimlarda $L=0$ deb qabul qilib, $\vartheta=V$, $\omega=\Omega$ larni hosil qilamiz. Bu natija oqim tezligining o'zgarishlarini darhol qabul qiluvchi ideallashtirilgan inersiyasiz parraklarga taalluqli.

(5.18) va (5.19) da $\tau \rightarrow \infty$ deb qabul qilib, $\omega \rightarrow \Omega$ va $\vartheta \rightarrow V$ ($V = \text{const}$ bo'lganda) ni hosil qilamiz, ya'ni vaqt o'tishi bilan rotoanemometr datchigining aylanish tezligi qaralayotgan havo oqimining tezligiga mos keluvchi turg'unlashgan tezlikka yaqinlashadi.

(5.19) yechim sinxronizatsiya yo'lining fizik mohiyatini ko'rgazmali aniqlashga imkon beradi. $L=V\tau$ deb qabul qilib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{\omega - \Omega}{\omega^0 - \Omega} = \frac{1}{e}. \quad (5.20)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, sinxronizatsiya yo'li son jihatidan o'zgarmas havo oqimining parrakning boshlang'ich va turg'unlashgan

tezliklari orasidagi farq e marta kamaygunga qadar bosib o'tishi kerak

bo'lgan yo'lga teng. Bu yo'lga muvofiq keluvchi $\tau = \frac{L}{V}$ vaqt

sinxronizatsiya vaqti deb ataladi. Termometrlarda bo'lgani kabi bu kattalik parrakning inersiya koeffitsiyenti deb ham ataladi.

Sinxronizatsiya yo'lining kamayishi bilan parrak havo oqimining yangi, o'zgargan tezligini (berilgan xatolik aniqligi bilan) qabul qila boshlaydigan vaqt davomiyligi ham kamayadi.

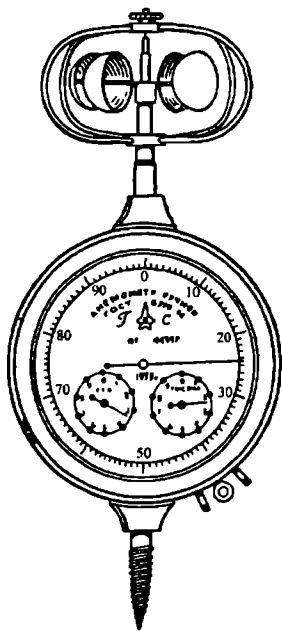
Havo vintli rotoanemometrlarning nazariyasi ham shunga o'xshash. Vintlarning qo'llanilishi sinxronizatsiya yo'lini kamaytirishga imkon beradi. Tez o'zgaruvchi havo oqimlarini o'lchashda buning ahamiyati katta. Havo vintlari kichik inersiya bilan bir qatorda katta mexanik mustahkamlik, xususan, shamolning katta tezliklarini o'lchash talab qilinganda qo'llaniladi. Datchik aylanishining sonini hisoblash qurilmalari bo'yicha farqlanuvchi anemometrlarning ko'psonli turlari mavjud. Ularning asosiylarini ko'rib chiqamiz.

5.2.1. Kosali anemometrlar

Kosali anemometr ma'lum vaqt oraliq'idagi shamolning o'rtacha tezligini o'lchashga mo'ljallangan asbobdir.

Qabul qiluvchi qismining tuzilishiga ko'ra anemometrlarning ikkita asosiy turi ajratiladi: a) ixtiyoriy yo'nalishli shamolning 1 dan 20 m/s gacha chegaralarda o'rtacha tezligini o'lchashga mo'ljallangan kosali (yarimsharli) anemometrlar; b) bir yo'nalishli havo oqimining 0,3 dan 5 m/s gacha o'rtacha tezligini o'lchashga mo'ljallangan qanotli (parrakli) anemometrlar.

Kosali qo'l anemometrlarining qabul qiluvchi qismi metall krestovinadan iborat bo'lib, uning uchlariga qavariqliklari bir tomonga qaratilgan to'rtta botiq yarimsharlar o'rnatilgan (5.3-rasm). Yarimsharlar mexanik ta'sirlardan maxsus ramka yordamida himoyalangan bo'lib, o'qqa o'rnatilgan. O'qning quyi qismi vintli qirqimga ega bo'lib, plastmassa yoki metall korpus ichiga o'rnatilgan uzatuvchi mexanizmning bir qator "shestemalariga" ulangan. Hisoblash mexanizmi uchta siferblatga ega. Ularning biriga (eng kattasi) 0 dan 100 gacha bo'limlar, ikkinchisiga — yuzliklar va uchinchisiga mingliklar tushirilgan.



5.3-rasm. Qo'l anemometri.

Korpusning pastki qismida arretir o'rnatilgan bo'lib, uning yordamida uzatuvchi mexanizmning birinchi sherternasi o'qning vintli qirqimi bilan ulanadi yoki ajratiladi. Dastlabki holda yarimsharlarning shamol ta'siridagi aylanishini sryelkaga uzatiladi (hisoblagich qo'shilgan). Ikkinchi holda esa erkin aylanish (hisoblagich uzilgan) yuz beradi. Arretirning ikki tomonida qo'zg'almas qilib o'rnatilgan halqalar mavjud. Ulardan anemometr balandga joylashtirilganda arretirga qo'l yetmaydigan hollarda hisoblagichni ip yordamida ulash uchun foydalaniladi. Ipning o'rtasi arretirga bog'lanadi, uchlari esa halqalar orqali o'tkaziladi. Korpusning tagida vint qirqimli mix bo'lib, u anemometrni yog'och tayoqqa vertikal holatda o'rnatish uchun xizmat qiladi.

Anemometr yordamida kuzatishlar quyidagicha olib boriladi. Kuzatuvchi shamolga yuzlanib turadi va anemometr kerakli balandlikka o'rnatiladiki, bunda shkala shamolga teskari tomonda, siferblat tekisligi esa shamol yo'nalishiga perpendikular joylashishi kerak. So'ngra barcha sryelkalarning ko'rsatkichini yozib olish lozim (boshlang'ich hisob). Bunda juda e'tiborli bo'lish kerak, chunki sryelka to'g'ri o'rnatilmagan bo'lishi va buning oqibatida yuz va mingliklardagi hisob olishlar xatolikka olib kelishi mumkin. Bundan keyin arretir yuqori holatga o'tkazilib, anemometr hisoblagichi ishga tushiriladi va shu bilan bir vaqtda ma'lum oraliqdagi (1, 2, ..., 10 daqiqa) vaqtga sekundomer ishlatib yuboriladi. Vaqt tugagach asbob va sekundomer to'xtatiladi hamda yakuniy hisob yozib olinadi.

O'lchash natijalarini qayta ishlash. Yakuniy hisob N_{ya} dan boshlang'ich hisob N_b ni ayirib, farqni daqiqalar soni t_c ga bo'lamiz va bir daqiqaga to'g'ri keluvchi bo'limlar sonini hosil qilamiz:

$$V_{b/s} = \frac{N_{ya} - N_b}{t_s}.$$

Har bir anemometrğa o'tkazish jadvali yoki grafigi ko'rinishidagi sertifikat ilova qilinadi. Bir daqiqaga to'g'ri keluvchi bo'laklar sonini bilgan holda ular bo'yicha shamol tezligini m/s larda aniqlash mumkin. Agar $V_{b/s}$ butun songa teng bo'lmasa, o'nli interpolatsiya qo'llaniladi.

5.2.2. Aylanishlar sonini elektromexanik hisoblagichli rotoanemometrlar

Rotoanemometrlarning bu turida rotorning ma'lum sondagi aylanishlaridan keyin ishga tushuvchi elektromexanik kontakt juftlik mavjud. Rotorning aylanishi kamaytiruvchi reduktor yordamida elektromagnit relega uzatiladi. Birlik vaqt davomidagi kontaktlar soni parrakning aylanish tezligiga to'g'ri proporsional. Tezlikning reduksiya koeffitsiyenti proporsionallik koeffitsiyenti hisoblanadi. Aylanishlarni qayd qilish kontaktlarning o'ziyozar datchigi yordamida bajariladi. Ulardan raqamli qayd qiluvchi qurilmalarni ishlatish maqsadga muvofiq.

5.2.3. Optoelektron taxometrli rotoanemometrlar

Optik nurlanish manbasi sifatida yorug'lik diodlari, qattiq jismlı o'ta kichkina lazerlar va boshqalardan foydalaniladi. Fotodiodlar, fototranzistorlar, fotorezistorlar va boshqalar qabul qiluvchi qism vazifasini bajaradi.

Yorug'lik diod iva fotodiod orasidagi optik signal aylanish o'qi anemometr rotoriga mahkam biriktirilgan uzgich (obtyurator) yordamida uziladi. Har safar obtyurator diskdagi teshik optik signalning yo'lini ochganda fotodiodning ichki qarshiligi keskin kamayadi. *Ergashish* davomiyligi va chastotasi, shuningdek impulslar frontining egriligi anemometr rotorining aylanish tezligiga bog'liq. O'lchash chizmasi shamolning o'rtacha tezligiga proporsional bo'lgan obtyurator aylanishining o'rtacha tezligini qayd qiluvchi raqamli chastota o'lchagichning kirishiga keluvchi impulsarga asoslangan. Optoelektron rotoanemometrning chizmasiga impuls larni hisoblash va qat'iy belgilangan o'rtachalash oralig'iga ega bo'lgan integrator vazifasini bajaruvchi mikroprotessor ham qo'shilishi mumkin. Integrator shamol tezligining tarkibiy xarakteristikalarini aniqlaydi va axborotni kerakli ko'rinishda chiqarib berish uchun tayyorlaydi.

5.3. Induksion rotoanemometrlar

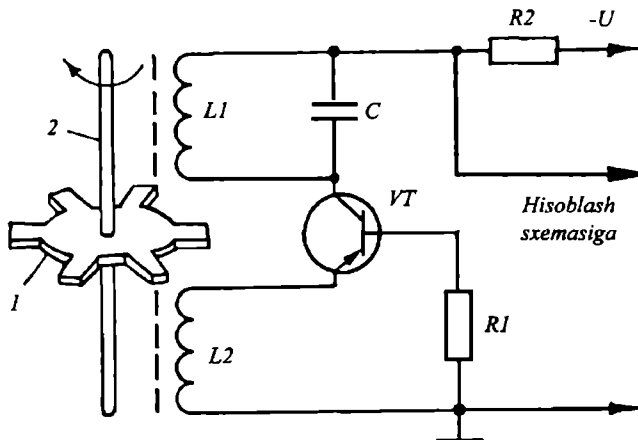
Induksion rotoanemometrlar parrakka biriktirilgan rotorning aylanish tezligiga proporsional bo'lgan tokni hosil qiluvchi taxogeneratorlardan iborat. Tok bevosita elektr o'lchovchi asbob yordamida o'lchanadi yoki spiral prujina bilan tormozlangan yengil metall diskni (yoki kosa) burish uchun foydalaniladi.

Elektr o'lchovchi asbobli induksion rotoanemometrlarda (5.4-rasm) doimiy magnit (1) rotor, temir o'zakli g'altak (2) stator vazifasini bajaradi. G'altak o'ramlari izolatsiyalangan mis simdan yasaladi.

Agar g'altakning magnit maydonida hosil bo'ladigan induksiya B , bitta g'altakdagi barcha o'ramlarning yig'indi yuzasi S ga teng bo'lsa, u holda bitta g'altak orqali o'tayotgan induksiya oqimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$F = BS \quad (5.21)$$

Bir aylanishda induksiya oqimi magnit qutblari o'q ustida bo'lganda – maksimumdan, magnit g'altaklar o'zaklarini tutashtiruvchi chiziqqa perpendikular bo'lganda – minimumgacha o'zgaradi. Rotoanemometrlarning rotori aylanganda magnit maydoni induksiyasining



5.4-rasm. Tebranishlarning "uzilishi" asosida ishlovchi yuqori chastota generatorli rotoanemometr.

o'zgarish qonuni garmonik qonunga yaqin bo'ladi va quyidagicha yozilishi mumkin:

$$B = B_{max} \cos \varphi, \quad (5.22)$$

bu yerda φ – g'altak o'qlarini tutashtiruvchi chiziq va magnitning o'qi orasidagi burchak.

Agar magnit aylanishining burchak tezligi (radianda) ω ga teng bo'lsa, u holda

$$\varphi = \omega \tau \quad (5.23)$$

va mos holda

$$F = B_{max} S \cos(\omega \tau) \quad (5.24)$$

Magnitning aylanishi natijasida g'altakda hosil bo'ladigan induksiya elektr yurituvchi kuchining (EYuK) oniy qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$\varepsilon = - \frac{dF}{d\tau} = B_{max} S \omega \sin(\omega \tau). \quad (5.25)$$

Agar g'altaklar ketma-ket ulangan bo'lsa, u holda EYuK lar bir-biriga qo'shiladi va yig'indi EYuK quyidagiga teng bo'ladi:

$$\varepsilon = 2 B_{max} S \omega \sin(\omega \tau). \quad (5.26)$$

Generatorni o'z ichiga olgan zanjirning yig'indi qarshiligi r ga teng bo'lsa, zanjirdagi tokning kuchida quyidagiga teng bo'ladi:

$$\bar{I} = \frac{2}{r} B_{max} S \omega \sin(\omega \tau). \quad (5.27)$$

Tokning to'g'rilanishi ikki yarimdavrli chizma bo'yicha bajarilganligi uchun, magnitning bitta aylanishida paydo bo'ladigan o'rtacha tok quyidagiga teng bo'ladi:

$$\bar{I} = \frac{4}{r} B_{max} S \omega \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(\omega \tau) d(\omega \tau) = \frac{8}{\pi r} B_{max} S \omega. \quad (5.28)$$

Shunday qilib, rotoanemometr zanjiridagi o'rtacha tok aylanayotgan magnitning burchak tezligiga to'g'ri proporsional yoki magnit parrakning o'qiga qattiq mahkamlangan bo'lsa, parrakning burchak tezligiga proporsional bo'ladi.

Elektroo'Ichagichli induksion rotoanemometrning sezgirliги deb havo oqimi tezligining birlik o'zgarishiga to'g'ri keladigan tok kuchining o'zgarishi tushuniladi:

$$\frac{d\bar{I}}{dV} = \frac{d\bar{I}}{d\omega} \frac{d\omega}{dV}. \quad (5.29)$$

$d\omega/dV$ ni aniqlash uchun $V=U\sigma=R\omega\sigma$ munosabatdan foydalanib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{d\bar{I}}{dV} = \frac{8}{\pi r} B_{\max} S \frac{I}{\sigma k} \quad (5.30)$$

Havo oqimi tezligining birlik o'zgarishiga mos keladigan elektro'l-chagich asbobning strelkasini siljishida ifodalangan sezgirlikka $\frac{dN}{dV}$ o'tishi uchun elektroo'Ichagich asbobning amperlarda ifodalangan bo'lak qiymatiga $C_a = dI/H/dN$ ni kiritish lozim. Unda sezgirlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{dN}{dV} = \frac{d\bar{I}}{dV} \frac{dN}{d\bar{I}} = \frac{8B_{\max}S}{C_a \pi r \sigma R}. \quad (5.31)$$

Parrakning bir aylanishidagi tok tebranishini kamaytirish uchun va u bilan birga rotoanemometrning sezgirligini orttirish maqsadida ko'p qutbli magnitlar va ularga mos juft miqdordagi g'altaklar qo'llaniladi.

Tormozlanadigan metall indikator kosali induktiv rotoanemometrlarda, parrak bilan bir o'qda o'tiradigan doimiy magnitning aylanishi natijasida induksiya toki paydo bo'ladi. Parrakning aylanish tezligi qancha katta bo'lsa, tok shuncha katta bo'ladi. Doimiy magnit va kosadagi induksion toklar atrofida yuzaga kelgan magnit maydonlarining o'zaro ta'siri ikkita bir-biri bilan bog'liq bo'lgan effektga — parrakning tormozlanishiga va kosaning magnitga tortilishiga olib keladi.

Magnit kuchlari orqali parrakning tormozlanishi nihoyatda kichik, chunki ularga aks ta'sir qilayotgan aerodinamik kuchlar qiymatlarining o'zi kichik. Kosaning aylanishiga faqat spiralli prujina qarshilik ko'rsatadi, u esa yetarlicha yumshoq ishlanishi mumkin. Shunday qilib, rotoanemometrning havo oqimi tezligining birlik

o'zgarishiga kosa burilishining burchak qiymatida ifodalangan sezgirliigi, magnit kuchlari va spiralli prujinaning elastikligi orasidagi munosabat bilan aniqlanadi.

Induksion (tormozlanmaydigan) rotoanemometrлар impuls rejimida ham ishlashi mumkin. Impuls rejimining bir variantida rotoanemometr ishlab chiqaruvchi garmonik elektr signal impulslar seriyasiga o'zgartiriladi. Ulardan har biri signal ishorasi o'zgaradigan paytda yuzaga keladi. Shunda birlik vaqtдаgi impulslar soni parrakning aylanish tezligiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

5.4. Havo oqimlari yo'nalishining o'Ichagichlari

Havo yo'nalishini aniqlovchi asboblار *rumbometrлар* deb ataladi. Yo'nalish datchiklari harakatchan (aylanadigan) va harakatsiz bo'lishi mumkin.

Aylanadigan datchiklar sifatida suyri shakldagi jismlar yoki oqim yo'nalishining o'zgarishiga sezgir, ikkita bir-biri bilan kinematik bog'langan tezlik datchiklari qo'llanilishi mumkin. Harakatsiz yo'nalish datchiki sifatida ikkita yoki uchta mustaqil tezlik datchiklaridan iborat bo'lgan tizim qo'llaniladi. Ularning ko'rsatkichlari taqqoslanib, havo oqimining tezlik vektori aniqlanadi.

Yo'nalish datchiki sifatida qo'llaniladigan *flyugarka* deb ataladigan asbob keng tarqalgan. Oqim yo'nalishining o'zgarishiga sezgirlikka qo'yilgan talablardan va bunda yuzaga keladigan inersiyadan kelib chiqib, flyugarkaning shakli va o'lchamlari tanlanadi. Flyugarkaning sezgirliigi, uning qanotlariga ta'sir ko'rsatayotgan havo oqimi dinamik bosimi kuchlarining momenti va flyugarka aylanishida yuzaga keladigan qarshilik kuchlarining momenti orasidagi proporsionallik bilan aniqlanadi.

Oqim tezligi ortishi bilan dinamik bosim ortganligi sababli flyugarkaning sezgirliigi ham ortadi.

Flyugarka turidagi yo'nalish datchiklarining harakat tenglamasi quyidagi kuchlardan tashkil topadi:

– *inersiya kuchlari*, ularning momenti $K \frac{d^2\varphi}{d\tau^2}$ ga teng, bu yerda

K – burilish o'qiga nisbatan yo'nalish datchigi mexanik inersiyasining momenti, φ – flyugarkaning burilish burchagi;

– *ishqalanish kuchlari*, ularning momenti $k_1 \frac{d\varphi}{d\tau}$, bu yerda k_1 – ishqalanish koeffitsiyenti;

– *parrak qanotiga dinamik bosim kuchlari*, ularning momenti $k(\varphi - \varphi_0)$, bu yerda k – dinamik bosim koeffitsiyenti, $\varphi - \varphi_0$ – havo oqimi yoʻnalishi va flyugarka orasidagi burchak;

– *aerodinamik dempferlash kuchlari*, ularning momenti $k_3 \frac{d(\varphi - \varphi_0)}{d\tau}$, bu yerda k_3 – aerodinamik dempferlash koeffitsiyenti.

Koʻrsatib oʻtilgan kuchlarni hisobga olsak, flyugarkaning harakat tenglamasi quyidagi koʻrinishga keladi:

$$K \frac{d^2\varphi}{d\tau^2} + k_1 \frac{d\varphi}{d\tau} + k_3 \frac{d}{d\tau}(\varphi - \varphi_0) + k_2(\varphi - \varphi_0) = 0, \quad (5.32)$$

k va k_3 koeffitsiyentlarga taʼsir etuvchi havo oqimi tezligi va turbulentsligini oʻzgarimas deb hisoblab, havo oqimi yoʻnalishining vaqt boʻyicha oʻzgarishini koʻrib chiqaylik. Oqim yoʻnalishi qandaydir vaqt momentida sakrab oʻzgarib, keyinchalik oʻz yoʻnalishini saqlab turadi.

Faraz qilaylik, boshlangʻich vaqt momentida flyugarka oqim yoʻnalishidan φ_0 burchakka ogʻgan, boshlangʻich tezlik esa nolga teng boʻlsin. Unda, (5.32) ifodada $\varphi_0 = 0$ va $\frac{d\varphi_0}{d\tau} = 0$ teng deb olinsa, hosil boʻlgan ikkinchi darajali chiziqli birjinsli tenglamaning yechimi quyidagicha boʻladi:

$$\varphi = \varphi_0 e^{-\gamma\lambda} \left[\frac{1}{\lambda\omega_c} \sin(\omega_c \tau) + \cos(\omega_c \tau) \right], \quad (5.33)$$

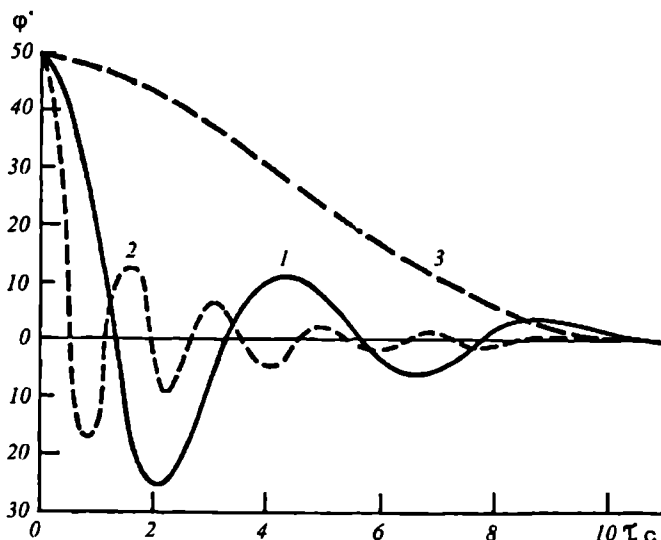
$$\text{bu yerda } \omega_c = \sqrt{\frac{k_2}{K} - \left(\frac{k_1 + k_3}{2K} \right)^2} \quad \lambda = \frac{2K}{k_1 + k_3}, \quad \omega_c - \text{flyugarkaning}$$

erkin tebranish chastotasi, λ – flyugarkaning inersiya koeffitsiyenti (yoki flyugarkaning vaqt doimiysi).

Oqim yoʻnalishini aniqlashda yuqori aniqlikka erishish uchun oʻzgaruvchan ishqalanish kuchlarining qiymatlari nisbatan kichik boʻlishi kerak ($k \ll k_3$). Shuning uchun ham ($k + k_3$) koeffitsiyent, asosan, flyugarka qanotlarining dempferlash xususiyatini xarakterlaydi. Aerodinamik dempferlash, yuqorida taʼkidlanganidek,

oqim tezligi ortishi bilan kattalashadi. Mos holda flyugarkaning vaqt doimiysi kamayadi. (5.33) ifodadan shu kelib chiqadiki, mexanik inersiya momenti K qancha kichik va aerodinamik dempferlash koeffitsiyenti k_3 qancha katta bo'lsa, flyugarkaning inersiyasi shuncha katta bo'ladi. Oqimning tezligi ortishi bilan k_2 kattalik ortadi va birinchi yaqinlashishda u tezlikning kvadratiga proporsional bo'ladi. Mos holda tebranish davri taxminan oqim tezligiga teskari proporsional bo'ladi, chunki real hollarda, odatda, $k_1 + k_3 \approx k_3$, $k_3 \ll \sqrt{Kk_2}$ va shu sababli (5.33) ifodada tebranish davri va tezlik orasidagi bog'lanishni baholash uchun ildiz ostidagi ikkinchi qo'shiluvchini hisobga olmasa ham bo'ladi.

Shunday qilib, flyugarkaning inersion xarakteristikallari faqat ularning konstruksiyasiga bog'liq. 5.5-rasmda massasi va o'lchamlari taxminan bir xil bo'lgan uchta turli yo'nalish datchiklarining havo oqimining tezligi 2 m/s ga teng bo'lgandagi harakatlanish xarakteri ko'rsatilgan. Dastlabki vaqt momentida datchiklar oqim yo'nalishidan



5.5-rasm. *Shamol yo'nalishi datchiklarining o'zgaras havo oqimidagi harakatlanish xarakteri. 1 – flyugarka, 2 – bifyugarka, 3 – vindroza.*

50° burchakka ogʻan. Oddiy flyugarkalar (1 va 2) soʻnuvchi tebranishda boʻlib, yangi muvozanat holatiga yaqinlashadi. Agar aerodinamik dempferlash katta boʻlsa (3), yoʻnalish datchigining harakati aperiodik boʻlib qoladi.

Konkret yoʻnalish datchiklari uchun grafiklar tuzilganda, yuqorida koʻrsatilgan inersiyani belgilaydigan parametrlarni aniq koʻrsatish kerak. Bu maqsadda, havo oqimining turli tezliklarida, shu jumladan, tezlik nolga teng boʻlganda, yaʼni aerodinamik qarshilik hisobga olinmaydigan tinch havoda erkin tebranishlarning soʻnish davri va tezligi aniqlanadi. Bu kattaliklar yordamida ω va λ uchun keltirilgan formulalardan qidirilayotgan parametrlarni topish mumkin.

Havo oqimining gorizontaal va vertikal tashkil etuvchilarining yoʻnalish tebranishlarini oʻlchash uchun *biflyugarkalar* (qoʻshaloq flyugarkalar) qoʻllaniladi. Biflyugarkalar — bu ikkita erkinlik darajasiga va halqali stabilizatorga ega boʻlgan flyugarkalar. Bunday flyugarka, avtomatik sinxronizatsiyalanadigan tizimi datchiklarning oʻqlari bilan ustma-ust tushadigan oʻzaro perpendikular boʻlgan oʻqlar atrofida aylanishi mumkin.

5.5. Elektr issiqlik anemometrlar

Elektr issiqlik anemometrlarining ishlashi havo oqimi tezligi va oqimda joylashgan elektr toki bilan isitiladigan jismning issiqlik qaytaruvchanlik jadalligi orasidagi bogʻlanishga asoslangan. Quyida issiqlik anemometrlarining ikki turi koʻriladi.

Termoelektrik anemometrda issiqlik qaytaruvchanlikning oʻlchagichi sifatida termoelektrik termometr, qarshilikli anemometrlarda — isitiladigan jism sifatida qarshilikli termometr chizmasiga kiritilgan termoqarshilik xizmat qiladi.

Issiqlik anemometrlarining asosiy ustunligi ularning kichik inersiyaga ega ekanligidir.

Bu maqsadda datchiklar kichik issiqlik inersiyasiga ega boʻlgan ingichka metall tolalar shaklida ishlanadi. Issiqlik anemometrlari boshqa turdagi anemometrlarga nisbatan havo oqimi tezligining alohida tashkil etuvchilarni, shu jumladan, vertikal tashkil etuvchisi oʻlchashga kattaroq imkoniyat beradi.

5.5.1. Termoelektr issiqlik anemometrlar

5.6-rasmda sezgir element sifatida metall tola qo'llanilgan termoelektr issiqlik anemometrning sxemasi keltirilgan. Sezgir element sifatida elektr toki bilan qizitiladigan konstantli tola (1) xizmat qiladi, unda termojuftlik (2) ning kavsharlangan joyi (3) havo haroratini qabul qiladi. Tola (1) ning isitish manbasi sifatida batareya xizmat qiladi. Agar tola havo oqimiga perpendikular joylashgan bo'lsa, u holda toladan havo oqimiga issiqlik uzatilishining oqim tezligi va haroratga hamda tolaning diametriga bog'liqligi bir qator mezoniylar sonlarning o'zaro munosabati bilan aniqlanadi:

$$\text{Nusselt soni} - Nu = \frac{\alpha}{d\lambda}, \quad (5.34)$$

$$\text{Reynolds soni} - Re = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\nu} \quad (5.35)$$

$$\text{Prandtl soni} - Pr = \frac{\nu\rho c}{\lambda} = \frac{\mu c}{\nu} \quad (5.36)$$

bu yerda d – tola diametri, ρ , μ , ν – mos ravishda havo zichligi, dinamik va kinematik qovushqoqliklari, α – issiqlik uzatish koeffitsiyenti, λ – molekular issiqlik o'tkazuvchanligi koeffitsiyenti.

Laboratoriya tajribalariga asosan, oqimdagi tola uchun quyidagini qabul qilish mumkin:

$$Nu = nRe^m, \quad (5.37)$$

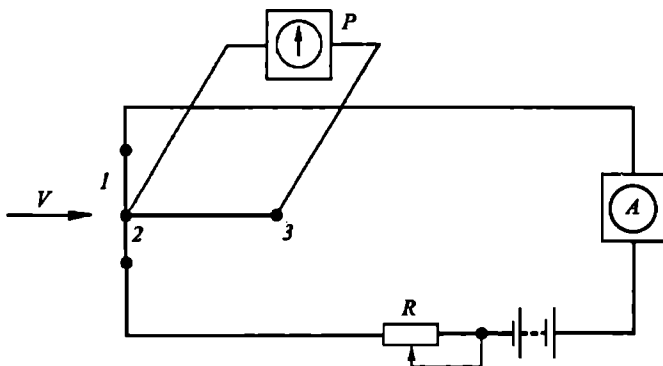
bu yerda n va m – yetarlicha turli sharoitlar uchun o'zgarmas sonlar.

Termoelektr issiqlik anemometrining sezgirligini aniqlaylik. Bu havo oqimi tezligining bir birlikka o'zgarishida galvanometrning strelkasi necha bo'lakka siljishini ko'rsatadigan son.

Ikkita kavsharlangan joylar haroratining farqi ($T-\theta$) ga teng bo'lsa, termojuftlik zanjirida quyidagi tok paydo bo'ladi:

$$I = \frac{e(T-\theta)}{R_n + R_g} \quad (5.38)$$

bu yerda e – mazkur juftlikning jadvalda ko‘rsatilgan termoEYuKsi, R_n – termojuftlikning qarshiligi, R_g – galvanometrning qarshiligi.



5.6-rasm. Termoelektr issiqlik anemometrining sxemasi.

$\frac{dN}{dV} = \frac{1}{c_a} \cdot \frac{dI}{dV}$ ifodani va (5.38) ni hisobga olgan holda, sezgirlik tenglamasi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\frac{dN}{dV} = \frac{c}{c_a} I_t^2 \frac{1}{V^{m+1}}, \quad (5.39)$$

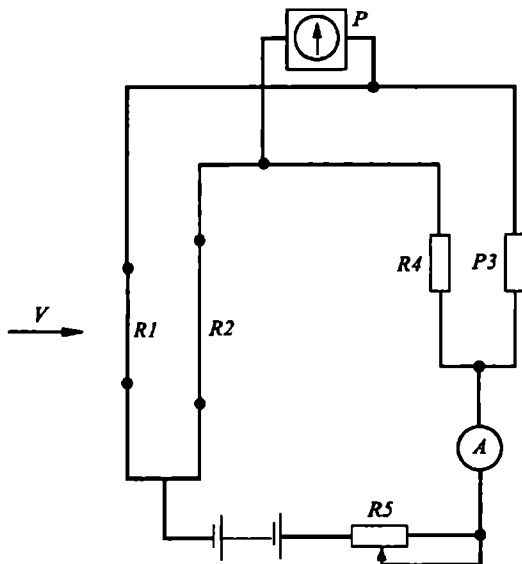
bu yerda c_a – galvanometr bo‘lagining qiymati, I_t – tolani qizitadigan tok kuchi, c – mazkur o‘lchash chizmasini xarakterlaydigan doimiy.

(5.39) dan ko‘rib turibmizki, qizitish tok kuchi va galvanometrning sezgirligi qancha katta bo‘lsa, chizmaning sezgirligi shuncha katta bo‘ladi. Shamol tezligi ortishi bilan sezgirlik tez kamayadi, shamolning kichik tezliklarida u tez ortadi. Bu xususiyat, shu turdagi issiqlik anemometrlarining vertikal tezliklarini o‘lchashda qo‘llashga imkon beradi.

5.5.2. Issiqlik qarshilikli anemometrlar

Qarshilikli anemometrlarning tipik chizmasi 5.7-rasmda ko‘rsatilgan. Havo oqimi tezligining datchiklari elektr toki bilan qizitiladigan, uzunligi har xil bo‘lgan ikkita platinali tolalar tizimidan iborat. Platinali tolalarning

R_1 va R_2 qarshiliklari hamda batareya va galvanometrlarning R_3 va R_4 o'zgarmas qarshiliklari qarshilik ko'prigini hosil qiladi.



5.7-rasm. Qarshilikli anemometrning sxemasi.

Havo oqimi tezligini o'lchash prinsipi quyidagicha. R_1 va R_2 tolalardan elektr toki o'tkaziladi. R_1 va R_2 bir xil bo'lmaganligi uchun ular har xil haroratlargacha qiziydi. Shamol tezligining o'zgarishi orqali yuzaga kelgan issiqlik yo'qotilishi tolalarning qizishiga bog'liq. Tolalar qizishining farqi ulardan har xil tok o'tishi bilan izohlanadi. Qarshilik anemometrning sezgirliги tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$d\left(\frac{R_1}{R_2}\right) = -c_1(R_1 I_1^2 - R_2 I_2^2) \frac{dV}{V^{m+1}}, \quad (5.40)$$

bu yerda I_1 va I_2 – tolalardan o'tayotgan tok kuchi, c_1 - asbobning konstruktiv xususiyatlariga bog'liq bo'lgan doimiy.

Qarshilikli anemometrlar yordamida oqim yo'nalishi o'lchanganda, qo'shni yelkalar sifatida qarshilikli termometrlar chizmasiga kiritilgan, bir-biriga nisbatan ma'lum burchak ostida joylashgan, ikkita bir xil qizitiladigan tolalar tizimi qo'llaniladi. Bunday ko'priк shamol

vektorining tolalar orasidagi burchakning bissekrissasidan og'ishlariga aks ta'sir ko'rsatadi.

Issiqlik qarshilikli anemometrlar termoelektr anemometrlardan murakkabroq bo'lsa-da, ular kichik issiqlik inersiyasi va tezliklarning keng diapazonida yuqori sezgirlikka erishishda kattaroq imkoniyatlarga ega.

5.5.3. Yarimo'tkazgich qarshilikli anemometrlar

Yarimo'tkazgich termovarshiliklarning anemometr datchiklari sifatida qo'llanilishi ikki jihati bilan qiziqish uyg'otadi. Birinchidan, termometriyada bo'lgani kabi qarshiligining katta harorat koeffitsiyenti bilan xarakterlanadigan yarimo'tkazgichli datchiklarning qo'llanilishi kuzatishlarni katta masofadan bajarishga imkon beradi. Ikkinchidan, anemometrlarda yarimo'tkazgichlarning qo'llanilishi, o'lchamlari kichik bo'lgan va yetarlicha yuqori omli sferik, oqim yo'nalishidan qat'iy nazar, tezlik vektorini o'lchaydigan datchiklarni ishlab chiqishga imkon beradi. Lekin termistorlarning qo'llanilishi asbobni harorat kompensatsiyasi bilan bog'liq bo'lgan qiyinchiliklarni yuzaga keltiradi, chunki termometrlarning qarshilik harorat koeffitsiyenti o'zgarmas kattalik emas va u yuqorida aytib o'tilgan metall termovarshiliklarga tegishli oddiy hisob amallari, yarimo'tkazgichli termovarshiliklarga to'g'ri kelmaydi. Qarshilik anemometrlarida bo'lganidek, yarimo'tkazgich qarshilikli anemometrlarda ham chizmani qo'shimcha murakkablashtirish yo'li bilan harorat kompensatsiyasiga erishish mumkin.

5.6. Akustik anemometrlar

Akustik anemometrlar ikki qabulqilgichli akustik termometrlar kabi prinsipial tuzilishga ega. Farqi shundaki, ularning metrik xususiyati sifatida yig'indi emas, balki qabul qilgichga yetib kelgan akustik signallar orasidagi vaqt yoki fazalarning ayirmasi olinadi. Shunda impulsli anemometr uchun

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{2VL}{c_{ak}^2 - V^2}, \quad (5.41)$$

bu yerda, τ_1 va $\tau_2 - L$ bazasi bo'yicha ikkita qarama-qarshi yo'nalishlarda o'tayotgan signallarning vaqti.

Shunday qilib, $(\tau_1 - \tau_2)$ ayirma havo oqimi tezligining nur tarqatgich va qabul qilgichlarini tutashtiruvchi chiziqli bo'yicha tashkil etuvchisiga to'g'ri proporsional.

Impulsli anemometrning sezgirligi deb quyidagi tushuniladi:

$$\frac{d(\tau_2 - \tau_1)}{dV} = \frac{2V}{c_{ak}^2} \quad (5.42)$$

$(\tau_1 - \tau_2)$ kattalik havo haroratiga kuchsiz bog'langan.

Fazali akustik anemometrlar o'z tuzilishi bo'yicha ikkita qabul qilgichli fazali akustik termometrlarga o'xshash, lekin anemometrlarda yig'indi emas, balki fazalar ayirmasi o'lchanadi. Nur tarqatgich va qabul qilgichlar bir xil. Ular tovush o'tkazishga to'sqinlik qiladigan prokladalar yordamida shtangaga o'rnatiladi. Qabul qilgichga kelayotgan akustik signallar uchun L masofada nechta to'liq uzunliklari joylashishini ko'rsatadigan sonlar ayirmasi N quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta N = \frac{2Lv_{ak}V}{c_{ak}^2 - V^2}, \quad (5.43)$$

bu yerda v_{ak} — akustik tebranishlar chastotasi.

Agar $V^2 \ll c_{ak}^2$ bo'lsa, unda

$$\frac{d(\Delta N)}{dV} = \frac{2Lv_{ak}}{c_{ak}^2} \quad (5.44)$$

(5.44) ifoda *fazali akustik anemometrning sezgirlik tenglamasidir*. Sezgirlik yuqori chastotali nur tarqatgich qo'llanilganda ortadi. Shuning uchun ham akustik anemometrlarda ultratovush nur tarqatgich qo'llaniladi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. *Shamol tezligini, shamol yo'nalishini, shamol tezligi va yo'nalishini o'lchaydigan asboblarni qanday nomlanadi?*
2. *Tretyakov shamoli uchun qanday prinsipga asoslangan? Uning xarakteristik birligi.*
3. *Rotoanemometrlar qanday prinsipga asoslangan? Sinxronizatsiya yo'li, sinxronizatsiya vaqti nima?*

4. Kosali anemometrning tuzilishini tushuntirib bering. Bu asbob yordamida shamol tezligini o'lchash tartibini aytib bering.
5. Qanotli va kosali anemometrlardan olingan kuzatish natijalarini qayta ishlash nimadan iborat?
6. Rotoanemometrlarda aylanish sonini o'lchash uchun qanday usullar mavjud?
7. Induksion anemometrlarda shamol tezligini o'lchash qaysi prinsipga asoslangan? Ularning sezgirligi qanday kattaliklarga bog'liq?
8. Flyugerkaning sezgirligi qanday parametrlarga bog'liq?
9. Issiqlik anemometrlari yordamida shamol tezligini o'lchash qaysi prinsipga asoslanadi?
10. Issiqlik anemometrlarining qanday turlari mavjud? Ularning sezgirligi qanday?
11. Akustik anemometrlar qanday prinsip asosida ishlaydi? Ularning sezgirligi qanday parametrlarga bog'liq?

Meteorologiyada quyoshning qisqa to'liqinli radiatsiyasi va yer yuzasining infraqizil (yoki uzun to'liqinli) nurlanishi va atmosferaning qarshi nurlanishini ajratish qabul qilingan. Quyosh radiatsiyasi va uzun to'liqinli radiatsiyaning barcha turlari Vt/m^2 da o'lchanadi.

6.1. To'g'ri quyosh radiatsiyasini o'lchash

To'g'ri quyosh radiatsiyasini o'lchash uchun mutlaq (Ongistrem kompensatsion pirlgeliometri) va nisbiy (aktinometrlar) asboblari qo'llaniladi. Meteorologik stansiyalarda Savinov-Yanishevskiy termoelektrik aktinometri ishlatiladi.

Bu aktinometrning ishlash prinsipi asbobning qabul qiluvchi qismiga kelayotgan quyosh energiyasini termoelektrik batareya yordamida elektr energiyasiga o'zgartirishga asoslangan. Termoelektr yurituvchi tok kuchining (termotok EYuK) kattaligi GSA-1 rusumidagi maxsus sezgir galvanometrlar yordamida o'lchanadi. Quyosh radiatsiyasi ta'sirida galvanometrning strelkasi N bo'laklar soniga buriladi. Shunday qilib to'g'ri radiatsiyaning kattaligi S quyidagiga teng:

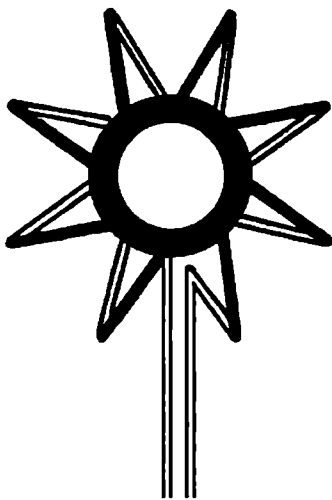
$$S = \alpha(N - N_0), \quad (6.1)$$

bu yerda N_0 — galvanometr strelkasining nol holati, α — radiatsiya qabul qilgich — galvanometr juftligining o'tkazish ko'paytuvchisi.

O'tkazish ko'paytuvchisi aktinometr ko'rsatkichini absolut asbob — piranometr ko'rsatkichiga yoki namunaviy aktinometr ko'rsatkichiga taqqoslash orqali topiladi.

Savinov-Yanishevskiy termoelektrik aktinometri. Aktinometrning qabul qiluvchi qismi kumush folgadan yasalgan. Bu gardish markazida dumaloq teshik ishlangan. Gardishning quyoshga qaragan tomoni

qoraga bo'yalgan (6.1-rasm). Boshqa tomoniga yulduzcha shakliga ega termoelektrik batareyaning ichki faol kavsharlari yopishtirilgan. Tashqi (passiv) kavshar mis halqaga yopishtirilgan. Bu halqa termoyulduzchaga qo'yilgan va asbob korpusining ichiga siqilgan. Kavsharni yopishtirishda termoyulduzcha disk va korpusdan papiros qog'ozi bilan izolatsiyalanadi. Gardish (aktinometrning qabul qiluvchi qismi) aktinometrning naychasi (2) dagi kosa (1) ichiga o'rnatilgan (6.2-rasm). Naycha ichida qabul qiluvchi qismni shamol hamda tarqoq va qaytgan radiatsiya kirishidan saqlovchi beshta diafragma bor. O'lchash vaqtida kumush gardish Quyosh radiatsiyasini yutadi. Buning natijasida gardish va ichki faol termobatareya kavsharining harorati ortadi. Tashqi passiv kavshar tashqi havo haroratiga yaqin bo'lgan asbob korpusi haroratiga ega. Ichki va tashqi kavsharlar haroratlari farqi ta'siri ostida termobatareya zanjirida galvanometr bilan o'lchanadigan termoelektrik tok yuzaga keladi. O'lchovlar orasida aktinometr naychasi qopqoq (3) bilan

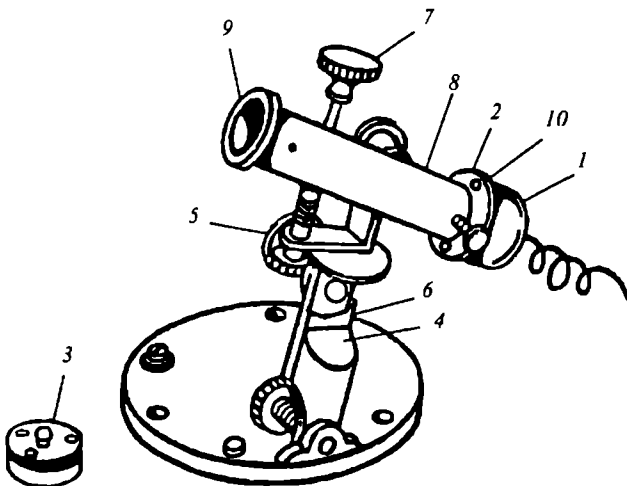


6.1-rasm. Termoelektrik aktinometr qabul qiluvchi qismining sxemasi (termoyulduzcha).

yopib qo'yiladi. Va bu bilan gardish ifloslanishdan himoya qilinadi. Termoelektrik aktinometr katta bo'lmagan shtativ (4) ga o'rnatiladi. Bu shtativ asboblarni joyning kengligiga, balandligiga va quyosh azimuti bo'yicha o'rnatish imkoniyatini beradi.

Aktinometr joyning kengligi bo'yicha quyidagicha o'rnatiladi: Vint (5) bo'shatiladi va sektor (6) ning bo'laklari indeksiga keltiriladi, shundan so'ng vint (5) burab qotirilib qo'yiladi. Atrofida naychaning gorizontaal burilishi sodir bo'ladigan o'q meridian tekisligida joylashgan bo'lib, kenglikka mos holda shimolga egilgan bo'lishi kerak.

Naycha vint (7 va 8) yordamida quyoshga qaratib mo'ljallanadi. Aniq yo'naltirish uchun tashqi diafragmada kichkina dumaloq teshik



6.2-rasm. Savinov-Yanishevskiy termoelektrik aktinometri.

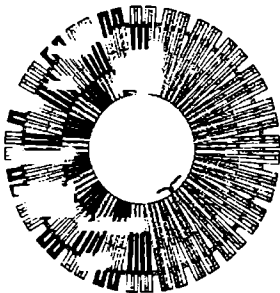
(9) ishlangan. Bu teshik to'g'risida oq ekran (10) bor. Asbob to'g'ri o'rnatilganda quyosh nuri teshikdan o'tib, ekranning markazida yorug' dog' hosil qiladi.

6.2. Tarqoq, yalpi va qaytgan radiatsiyani o'lchash

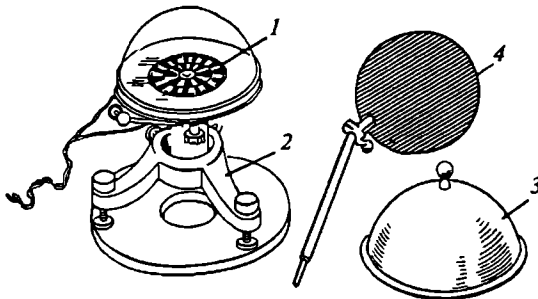
Radiatsiyaning bu turlari Yanishevskiy termoelektrik piranometri yordamida o'lchanadi. Bu nisbiy asbob ham xuddi Savinov-Yanishevskiy aktinometri prinsipida ishlaydi.

Piranometrning qabul qiluvchi qismi manganin va konstantan parchasidan tashkil topgan termoelektrik batareyadan iborat (6.3-rasm). Termobatareyaning hamma juft kavsharlari magneziy bilan oqlangan, toqlari esa qora kuya bilan qoraytirilgan. Taglik (2) ga qotirilgan qabul qiluvchi qismi (1) uzun to'liqinli radiatsiya va shamol ta'siridan himoya qilish uchun shisha qopqoq bilan berkitilgan (6.4-rasm).

Faqat tarqoq radiatsiyani o'lchash uchun soya ekrani (4) dan foydalaniladi. U bilan asbobning qabul qiluvchi qismi to'g'ri radiatsiya



6.3-rasm. *Radial termobatareya sxemasi.*



6.4-rasm. *Yanishevskiy piranometri.*

ta'siridan himoya qilinadi. Ekran va sterjen o'lchamlari shunday hisob qilinganki, piranometrning qabul qiluvchi qismi markazidan ekran 10° burchak ostida ko'rinib tursin, ya'ni ekran quyosh atrofida 5° osmon qismini berkitib tursin. Buning uchun ekranning diametri shisha qopqoq diametriga teng bo'lishi kerak. Asbobning qabul qiluvchi qismi va ekran orasidagi masofa ekran diametridan 5–7 marta katta bo'lishi kerak.

Asbobga kelib tushayotgan quyosh radiatsiyasi qoraytirilgan qismda oqidagiga nisbatan ancha ko'p yutiladi. Oq va qora termokavsharlar orasida qabul qiluvchi qismga tushayotgan radiatsiya kattaligiga proporsional harorat farqi yuzaga keladi. Termobatareyadagi harorat farqi termotok hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Bu tok GSA-1 galvanometri yordamida o'lchanadi. Asbobga tushayotgan radiatsiya kattaligi galvanometr strelkasi siljigan N bo'lak soniga proporsional. Quyosh Θ^2 va Θ nuqtada bo'lganida yalpi radiatsiyani, odatda bir vaqtda ikkita asbob yordamida, ya'ni to'g'ri radiatsiya (S) aktinomert bo'yicha va tarqoq radiatsiya (D) piranometr bo'yicha kuzatiladi, so'ngra ular qo'shiladi.

$$Q = S + D \quad (6.2)$$

$$S = S \sinh_{\theta} \quad (6.3)$$

Agar yalpi radiatsiya faqat piranometr yordamida o'lchansa (aktinomert yo'qligida), unda ochiq piranometrda N hisob olinadi va yopiq piranometrda n hisob olinadi. Bu holda tarqoq radiatsiya quyidagi formula yordamida hisoblab topiladi.

$$D = an, \quad (6.4)$$

bu yerda $n=(N - N_0)$, a – piranometr-galvanometr juftligining o'tkazuvchi ko'paytmasi.

To'g'ri radiatsiyani hisoblab topish quyidagicha amalga oshiriladi. Faqat to'g'ri radiatsiyaga mos keluvchi $(N-n)$ hisoblar farqiga teng ko'rsatkichni o'tkazuvchi ko'paytma a ga va asbob sezgirligining quyosh radiatsiyasi tushish burchagiga bog'liqligini hisobga oluvchi tuzatma ko'paytma Fh_0 ga ko'paytiriladi. Bu tuzatma ko'paytma piranometr pasportidagi grafikdan topiladi. Shunday qilib

$$S = a(N-n)Fh_0 \quad (6.5)$$

Yalpi radiatsiya bu D va S kattaliklar yig'indisi. Quyoshning kuchsiz nur sochishida va bulutli ob-havoda yalpi radiatsiya tarqoq radiatsiyaga teng:

$$Q=D.$$

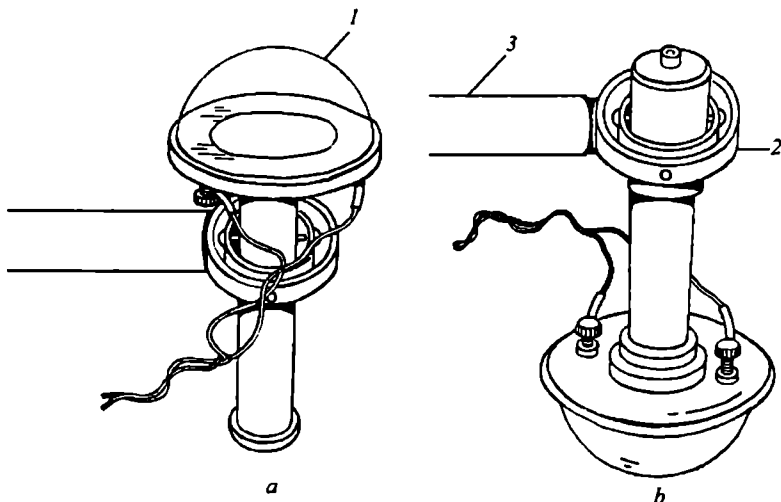
Piranograf tarqoq radiatsiyani uzluksiz yozib borish uchun xizmat qiladi. U piranometr va unga ulangan galvanometr (yoki boshqa tipdagi qayd qiluvchi) dan tashkil topgan.

Qaytgan quyosh radiatsiyasi *albedometr* yordamida o'lchanadi. Statsionar va dala albedometrilaridan foydalanish mumkin. Statsionar albedometr – bu Yanishevskiyning universal termoelektrik piranometridir. Uning konstruksiyasi shunday tuzilganki, asbobning qabul qiluvchi qismini past tomonga aylantirib, yer yuzasidan qaytgan radiatsiyani o'lchash mumkin.

Dala albedometri (6.5-rasm) marshrut kuzatuvlarida qo'llaniladi. U albedometr kallagi (1), kallakni pastga qaratish imkonini beruvchi dastakli (3) qurilma (2) dan tashkil topgan. Bunday qurilma dastakni gorizontal o'q atrofida aylantirganda qabul qiluvchi qism yuzasining gizontalligini ta'minlaydi.

Kuzatuv vaqtida dastak tayoqqa o'rnatiladi va bu dastakning bir uchi kuzatuvchi qo'lida bo'ladi. Asbobning qabul qiluvchi qismi yuqoriga qaragan holatda yalpi radiatsiyani o'lchaydi. So'ngra qaytgan radiatsiya R ni o'lchash uchun albedometr 180° ga aylantiriladi. Bu qiymatlamil bilgan holda quyidagi formula yordamida albedoni aniqlash mumkin:

$$A = \frac{B}{Q}$$



6.5-rasm. Dala albedometri: a — yuqoriga qaratilgan holat; b — pastga qaratilgan holat.

6.3. Yer yuzasi radiatsiya balansini o'lchash

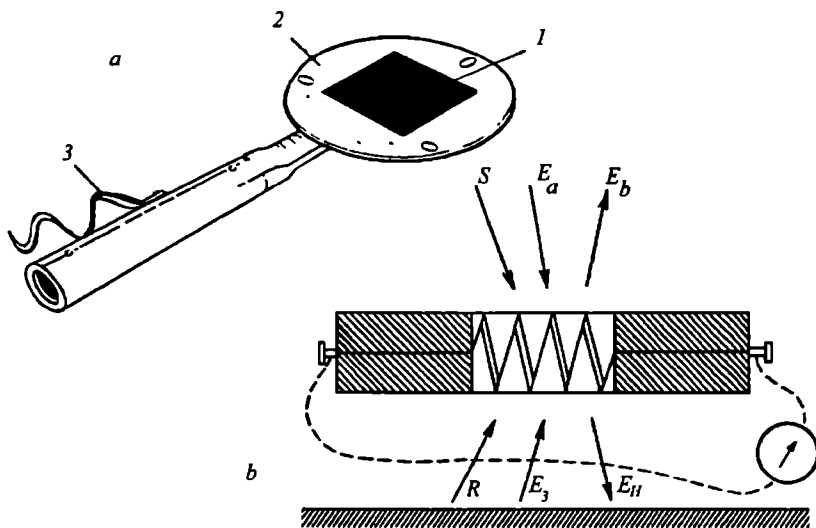
Yer yuzasi radiatsiya balansini o'lchash balans o'lchagich yordamida amalga oshiriladi. Bu nisbiy asbobning ishlash prinsipi yuqorida ko'rib chiqilgan aktinometr va piranometrlarning prinsipi kabi.

Yanishevskiy termoelektrik balans o'lchagichi. Balans o'lchagichning qabul qiluvchi qismi vazifasini tashqi yuzasi qoraytirilgan ikkita yupqa mis plastinka (1) bajaradi (6.6-rasm). Plastinkalar dastali disk shaklidagi dumaloq gardish (2) ichiga o'rnatilgan. Bu yerda plastinkalarning biri yuqoriga, ikkinchisi pastga qaratib joylashtirilgan. Plastinkalar orasida 10 ta maxsus termobatareya o'rnatilgan. Har bir batareya mis parchasi bo'lib, izolatsiya qoplami bilan qoplangan. Uning ustiga konstantan tasma o'ralgan. Konstantan tasma har o'rami yarmining bir bo'lagi kumush bilan qoplangan, kumush qoplamining boshi va oxiri termokavshar bo'lib xizmat qiladi. Hamma batareyalar o'zaro ketma-ketlikda ulangan. Birinchi va oxirgi batareyalarning simlari asbob dastagi

(3) ichidan tashqariga chiqarilgan. Balans o'lhagichning qabul qiluvchi qismi gardish (7) bilan birgalikda ikki tabaqali qopqoq bilan berkitiladi. Balans o'lhagichni o'rnatish uchun uning komplektida ikki oshiq-moshiqli dasta mavjud.

Asbob dastasi oxirida rezbalı vtulka bor. U balans o'lhagichni katta oshiq-moshiqqa burab qotirish uchun xizmat qiladi. Kichik oshiq-moshiq asbobni to'g'ri radiatsiyadan himoyalovchi soya ekranini o'rnatishga xizmat qiladi. Balans o'lhagich qat'iy gorizontall o'rnatiladi, keyin GSA-1 tipidagi galvanometrga ulanadi. Balans o'lhagichning sezgirliğı shamol tezliğı ortishi bilan kamayadi (chunki qabul qiluvchi qism yuzasi shisha qopqoq bilan himoyalangan), shuning uchun o'lchash vaqtida shamol tezliğı bo'yicha ham kuzatuv olib borish lozim.

Kunduzgi vaqtda yuqoridagi plastinkaga quyidagi radiatsion oqimlar yetib keladi (6.6.b-rasm): yalpi quyosh radiatsiyasi $Q=SG'+D$, atmosfera uchrashma nurlanishi E_a ; plastinkadan uning o'zining nurlanishi E_v .



6.6-rasm. Termoelektrik balans o'lhagich: a – umumiy ko'rinishi;
b – sxemasi.

Pastki plastinkaga esa quyidagi radiatsiya oqimlari yetib keladi. Yer yuzasidan qaytgan radiatsiya R ; yer yuzasining xususiy nurlanishi E_z ; plastinkadan uning o'zining xususiy nurlanishi E_n .

Galvanometr strelkasining siljishi N ustki va ostki plastinkalarga kelayotgan "toza" radiatsiyalar farqiga proporsional bo'ladi.

$$(Q + E_a - E_v) - (R + E_z - E_n) = aF_v(N - N_0), \quad (6.6)$$

bu yerda a – asbobning o'tkazuvchi ko'paytmasi, F_v – shamol tezligini hisobga oluvchi tuzatma-ko'paytma. Balans o'lchagich ko'rsatkichi ushbu tezlikda shu qiymatga ko'paytiriladi. Bunda balans o'lchagichning ko'rsatkichi shtil holatidagiga keltiriladi.

Ustki E_v va E_n plastinkalar nurlanishini bir xil deb hisoblash mumkin, unda (6.6) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q + E_a - R_k - E_a = Q - R - (E_z - E_n) = aF_v(N - N_0). \quad (6.7)$$

Chunki $E_z - E_a$ effektiv nurlanish E_{ef} ni bildiradi. Unda

$$Q - R_k - E_{ef} = aF_v(N - N_0) = V \quad (6.8)$$

(6.8) formula yer yuzasi radiatsiya balansi V ni ifodalaydi.

Yalpi radiatsiya va atmosferaning uchrashma nurlanishi yer yuzasiga issiqlik kelishini hosil qiladi, qaytgan radiatsiya va yer yuzasining xususiy nurlanishi issiqlik sarfini hosil qiladi.

Radiatsiya balansi musbat, manfiy va nol bo'lishi mumkin. Q va R nolga teng bo'lgan tungi vaqtda faqat effektiv nurlanish kuzatiladi. Kunduzi uzun to'liqlik radiatsiya balansi o'lchanmaydi, biroq uni hisoblash orqali topish mumkin.

$$B_d = B - (1 - A)Q = -E_{ef}, \text{ ya'ni } B_d = -E_e \quad (6.9)$$

Izoh: barcha aktinometrik asboblarda maxsus aktinometrik tirgakka (ustunga) o'rnatiladi.

6.4. Quyoshning nur sochib turishi davomiyligini o'lchash

Quyoshning nur sochib turishi davomiyligini o'lchash *geliograf* yordamida amalga oshiriladi.

Quyoshning nur sochib turishi davomiyligini uzluksiz yozib borish uchun xizmat qiladigan asbob *geliograf* deb ataladi. Geliograflarning

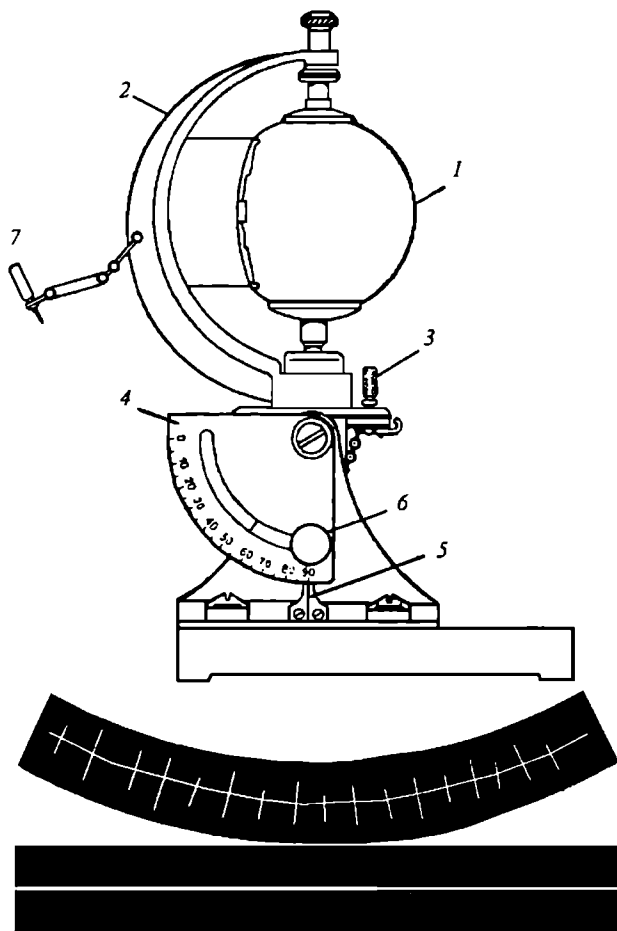
bir nechta tizimlari mavjud. Hozirgi vaqtda asosan Kempbell – Stoks universal geliograflaridan foydalaniladi (6.7-rasm).

Asbobning qabul qiluvchi qismi vazifasini shisha shar (1) bajaradi, uning fokusida choʻyanli yoysimon plastinka kosa (2) oʻrnatilgan. U karton tasmani oʻrnatish uchun xizmat qiladigan uchta oʻyiqqa ega. Har bir oʻyiq yilning maʼlum vaqtida tasmani joylashtirish uchun xizmat qiladi: oʻrtadagisi – kuz va bahor uchun, tepadagisi – qish uchun, pastkisi – yoz uchun. Tasma shunday oʻrnatiladiki, uning oʻrtadagi boʻlimi asbob kosasidagi oʻrta chiziqli bilan mos tushishi lozim. Tasma oʻzakdagi igna (7) yordamida oʻrnatiladi.

Bu igna kosadagi maxsus teshikka oʻrnatiladi va bu bilan tasmaning toʻgʻri holati fiksatsiyalanadi. Tasma toʻgʻri oʻrnatilganda igna hosil qiladigan teshik oʻrtadagi ikkinchi soat boʻlagiga toʻgʻri keladi. Geliograf kosasi vertikal oʻq atrofida aylanadi va kerakli holatida oʻzak (3) bilan qotirib qoʻyiladi. Mumkin boʻlgan quyoshning nur sochib turishi davomiyligiga qarab turli sondagi tasmalardan foydalanishi mumkin. Qisqa kunduzlarda (9 soatdan koʻp boʻlmagan) kosa sharning shimoliy tomoniga qilib oʻrnatiladi va shtift bilan qotiriladi, tasma sutka davomida bir marta quyosh botgandan soʻng almashtiriladi va tasmaga *B* belgisi qoʻyiladi. Kunduzning davomiyligi 9 soatdan 18 soatgacha boʻlganida tasma ikki marta almashtiriladi; oʻrtacha soat vaqti boʻyicha 11 dan 12 gacha va quyosh botgandan soʻng. Kechqurun tasmaga *A* belgisi qoʻyiladi, kunduz kungi vaqtda *B* belgisi qoʻyiladi. Agar bir sutkadagi quyoshning mumkin boʻlgan nur sochib turishi davomiyligi 18 soatdan ortiq boʻlsa, kosa holati va tasma 3 marta almashtiriladi; oʻrtacha vaqt boʻyicha soat 4, 12 va 20 da. Ketma-ket almashadigan tasmalar boʻyicha yozuvlar mos ravishda 4-12, 12-20, 20-4 soat davrlariga olinadi. Tasma birinchi almashtirilganda unga *A* belgisi qoʻyiladi, ikkinchisida *B* belgisi va uchinchisida *D* belgisi qoʻyiladi.

Agar quyosh bulutlar bilan toʻsilgan boʻlsa, uning nurlari shar ichidan oʻtib fokusda yigʻiladi va tasmani kuydiradi. Kuyish polosasi tasmaning oʻrta chizigʻi boʻylab yuradi. Quyosh diski bulut bilan toʻsilganda kuyish kuchsiz boʻladi yoki umuman kuymaydi. Tasmadagi kuyishlarning yalpi uzunligi boʻyicha sutkadagi quyoshning nur sochib turishi davomiyligi soatlarda aniqlanadi.

Geliograf mustahkam ustunda yoki bino tomida oʻrnatiladi. Asbob kosasi stansiyaning geografik kengligiga mos holda ogʻdirib qoʻyiladi. Bu koʻrsatkich (5) indeksi boʻyicha shkala (4) dan hisoblanadi, soʻngra



6.7-rasm. Universal geliograf va uning tasmalari.

kosa vint (6) yordamida qotirib qo'yiladi. Bundan so'ng geliograf shunday o'rnatiladiki, haqiqiy peshin vaqtida tasmadagi quyosh nurlari dastasining fokusi asbob kosasining markaziy chizig'iga mos kelsin. Geliograf odatda quyoshli kunda o'rnatiladi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

- 1. Meteorologik stansiyalarda o'rnatiladigan aktinometrik asboblarning qaysi prinsipga asoslangan?*
- 2. Aktinometrik stansiyalar tarmog'ida quyosh radiatsiyasi va uzun to'liqinli radiatsiyaning qaysi oqimlari o'lchanadi?*
- 3. Termoelektrik aktinometrlarning tuzilishini tushuntirib bering. Nimaga u mutlaq asbob emas?*
- 4. Piranometrning tuzilishini tushuntiring. Nimaga u mutlaq asbob emas?*
- 5. Balans o'lchagichning tuzilishini tushuntiring. Nimaga u mutlaq asbob emas?*
- 6. Aktinometrning naychasi qanday funksiyani bajaradi?*
- 7. Piranometr ustidagi shisha qalpoq nima maqsadda o'rnatiladi?*
- 8. Nima sababdan aktinometrik kuzatuvlar bilan birga shamol tezligi ham o'lchanadi?*
- 9. Nisbiy aktinometrik asboblarning o'lkazuvchi ko'paytmasi qanday aniqlanadi?*
- 10. Geliograf yordamida qanday kattalik o'lchanadi?*
- 11. Termograf tasmlari qanday qayta ishlanadi?*

VII BOB. BULUTLAR, YOG'INLAR, METEOROLOGIK KO'RINUVCHANLIK UZOQLIGI VA UNI YOMONLASHTIRUVCHI HODISALAR HAMDA QOR QOPLAMINI KUZATISHLAR

7.1. Bulutlarni kuzatish

Bulutlilikni kuzatishlar ularning miqdori, shakli va stansiya sathidan balandligini aniqlashdan iborat.

Meteorologik kuzatishlarda bulutlarni morfologik belgisi bo'yicha (tashqi ko'rinishiga asoslangan) xalqaro tasnifi qabul qilingan. U bulut asosining balandligi bo'yicha o'z ichiga bulutlarning 3 ta qatlami va 10 ta turi hamda vertikal bo'yicha rivojlanadigan bulutlarni oladi.

7.1.1. Bulutlar tasnifi

Yuqori qavat. Bu qavatdagi bulutlarga patsimon (Si), patsimon to'p-to'p (Ss) va patsimon qatlamli (Ss) bulutlar kiradi. Ularning balandligi geografik kenglikka bog'liqlik holda 5 dan 13 km gacha o'zgaradi.

“Bulutlar Atlasi”dan (1979) foydalanib, bulutlarning har bir turiga qisqacha xarakteristika beramiz.

1. *Patsimon bulutlar – Cirrus (Ci)* oq, ingichka, soyasiz tolasimon, patlar, taramlar, iplar va yuqoriga egilgan tirmoqlar shaklidagi bulutlar. Ular ko'pincha butun osmondan o'tib ufqning bir nuqtasida yig'iladigan polosalar shaklida joylashgan bo'ladi. Patsimon bulutlar troposferaning eng yuqori qismida, o'rta kenglikda 7–13 km, tropiklarda 18 km gacha balandlikda, muz kristallaridan iborat bo'lib yuzaga keladi.

Patsimon tolalali Cirrus fibatus (Cu fib), Ci filosus (Ci fil) bulutlari eng ko'p kuzatiladi. Tolalar birmuncha parallel (front sirti ustida) yoki chigallashgan o'ram ko'rinishida joylashgan bo'lishi mumkin.

Cirrus spissatus (Ci spi), noto'g'ri shakldagi ko'p sonli oq zichlanishlarga ega bo'lgan, patsimon zich bulutlar ham tez-tez uchraydi. Tolasimon patsimon bulutlarga qaraganda ularda tolasimon tuzilish nisbatan kamroq ifodalangan. Ko'pincha, zich patsimon bulutlar parchalanayotgan yomg'irli to'p-to'p bulutlarning qoldiqlari (parchalari) bo'ladi.

2. *Patsimon to'p-to'p bulutlar* — *Cirrusumulus* (Ss) juda mayda yarimshaffof parchalar yoki jingalaklardan tashkil topgan qatorlar yoki qatlamlardan iborat. Ular 5–6 km dan yuqorida joylashgan bo'ladi. Bu bulutlar noturg'un, ular tez paydo bo'ladi, o'zgaradi va yo'qoladi. Patsimon to'p-to'p bulutlar ko'pincha patsimon qatlamli bulutlar bilan bog'liq. Patsimon to'p-to'p bulutlar, yuqori troposferadagi havoning konvektivligi va to'liqlik harakatlar yuzaga kelganda hosil bo'ladi. Ular ham muz kristallaridan iborat.

3. *Patsimon qatlamli bulutlar* — *Cirrustratus* (Cs) Oy va quyosh gardishini chaplashtirmaydigan yupqa oqish pardadir. Bu bulutlar ham kristallardan iborat. Patsimon qatlamli bulutlar mavjudligida Oy va quyosh atrofida katta oq aylanalar — galo hosil qiladi. Bu optik hodisa bulut kristallarida quyosh nurlarining sinishi natijasida yuzaga keladi. Patsimon qatlamli bulutlar patsimon bulutlar bilan bir paytda yoki ulardan keyin, bir xil yoki biroz pastroq balandliklarda kuzatiladi. Patsimon qatlamli bulutlarning paydo bo'lishi ob-havo yomonlashishining alomatidir. Ular ko'pincha bulutli yomg'irli ob-havodan keyin ham ko'rinishi mumkin. Bu bulutlar atmosfera frontlari zonasida, yuqori troposferada havoning ko'tariluvchi harakati paytida uning adiabatik sovushi natijasida hosil bo'ladi. Patsimon qatlamli bulutlar, ayniqsa iliq okklyuziya frontlari uchun xarakterli.

O'rta qavat. Bu qavatda yuqori to'p-to'p (Ac) va yuqori qatlamli (As) bulutlari joylashadi. Ular quyi chegarasining balandligi 2 km dan 6–7 km gacha yetishi mumkin.

4. *Yuqori to'p-to'p bulutlar* — *Alto cumulus* (Ac) kulrang yoki oq rangdagi bulutlar qatlami yoki qatoridan iboratdir. Ular nur o'tkazadigan *Alto cumulus translucidus* (Ac tr) yuqori to'p-to'p bulutlarining bir turidir. Bulutlar qatlami yoki qatoridan osmon ko'rinadi. Ba'zida yuqori to'p-to'p bulutlar zichlanib, quyosh nurlarini o'tkazmaydigan to'liqsimon tuzilishli uzluksiz qatlamni hosil qiladi. Ular *Alto cumulus opacus* (Ac op) zich bulutlarining bir turidir. Bu bulutlarning ko'plab turlari va ko'rinishlari mavjud.

Yuqori to'p-to'p bulutlar, ko'pincha mayda o'ta sovuq holatdagi suv tomchilaridan iborat bo'ladi. O'rta kengliklarda bu bulutlarning balandligi 2–6 km.

Bu bulutlar ob-havoning yomonlashishiga olib kelmaydi va yog'inlar bermaydi. Lekin yuqori to'p-to'p bulutlar ulardan kuchliroq boshqa bulutlarning yo'ldoshi bo'ladi.

Yuqori to'p-to'p bulutlarning hosil bo'lishi inversiya ostida havoning to'liqlik harakatlari, xususan, sovuq va okklyuziya frontlarining oldida, qiyalik burchagi kichik bo'lgan frontal sirtidagi va tog' to'siqlari ustidagi to'liqlik harakatlar hamda 2 km dan yuqori qatlamlardagi konvektiv harakatlar ta'sirida kuzatiladi.

5. *Yuqori qatlamli bulutlar* — *Altostratus (As)* ko'pincha patsimon qatlamli bulutlarga qaraganda pastroq va zichroq, uzluksiz tekis yoki to'liqlik kulrang, yoki ko'kish rangdagi qoplamni hosil qiladi. Galo hodisasi ularda kuzatilmaydi. Bunday qoplamdan Quyosh va Oy xuddi xira oynadan ko'ringanday, soya bermasdan ko'rinadi. Bu bulutlar nur o'tkazadigan yuqori qatlamli *Altostratus translucidus (Ac tr)* bulutlari deb ataladi. Quyosh nurlarini o'tkazmaydigan zichroq bulutlar — *Altostratus opacus (Ac op)* bulutlari deb ataladi. Ular atmosferaning 2 km dan 7 km gacha qatlamida hosil bo'ladi. Ularning qalinligi 2–3 km va undan ortiq bo'lishi mumkin. Yuqori qatlamli bulutlar mayda qorchalar va o'ta sovuq holatdagi tomchilardan iborat.

Yuqori qatlamli bulutlardan yog'inlar yog'adi, lekin yozda, odatda, ular bulutosti havosida bug'lanib, yer sirtiga yetib bormaydi. Qishda hatto yupqa *As* lardan ham qor yog'adi. Iliq frontning bulutlar tizimida yuqori qatlamli bulutlar patsimon qatlamli bulutlardan so'ng kelib, zichlanib yomg'irli qatlamli bulutlarga o'tadi. Sovuq front tizimida *As* lar yomg'irli qatlamli bulutlardan keyin kelib, yupqalashib patsimon qatlamli bulutlarga o'tadi.

Quyi qavat. Bu qavatda yomg'irli qatlamli (*Ns*), to'p-to'p qatlamli (*Sc*) va qatlamli (*St*) bulutlar joylashadi. Ular quyi chegarasining balandligi yer sirtidan bir necha o'n metrdan 2–3 km gacha yetishi mumkin.

6. *Yomg'irli qatlamli bulutlar* — *Nimbostratus (N)* pastdan qaraganda shaksiz uzluksiz to'q kulrang bulut qoplami ko'rinishida bo'lib, undan burkama yog'inlar (qor yoki yomg'ir) yog'adi. Bulutlar qoplami ostidan quyosh va Oy ko'rinmaydi. Yomg'irli qatlamli bulutlar yakka holda kamdan-kam kuzatiladi, ko'pincha ularning ostida uzoq-yuluq qatlamli, yomg'irli qatlamli bulutlarning asosiy qatlamini qisman yoki butunlay to'sadigan, quyi chegarasining balandligi pastki 1 km orasida joylashgan bulutlar hosil bo'ladi. Ular tomchi va muz kristallaridan iborat. Manfiy haroratlarda tomchilar o'ta sovuq holatda bo'ladi.

Yomg'irli qatlamli bulutlar havoning front sirti bo'ylab ko'tariluvchi harakatida uning adiabatik sovishi natijasida hosil bo'ladi.

7. *To'p-to'p qatlamli bulutlar — Stratocumulus (Sc)* yirik va past joylashgan kulrang yoki to'q kulrang, to'g'ri qator tashkil qiladigan to'liqlar jo'yaklari yoki parchalarini hosil qiladi. Ba'zida ular orasidan osmon ko'rinadi — bu nurlarni o'tkazadigan to'p-to'p qatlamli *Stratocumulus translucidus (St tr)* bulutlaridir. Boshqa hollarda ular po'rtana yoki yirik parchalardan iborat bo'lgan, to'q kulrang tusdagi qoplam — zich to'p-to'p qatlamli *Stratocumulus opacus (Sc op)* bulutlarini hosil qiladi.

To'p-to'p qatlamli bulutlar, ko'pincha mayda, qishda o'ta sovuq holatdagi suv tomchilardan iborat bo'ladi. Nurni o'tkazadigan to'p-to'p qatlamli bulutlar hech qachon yog'in bermaydi va ob-havoning yomonlashish alomati bo'lmaydi. Aksincha, ular ko'pincha turg'un va tinch ob-havoda hosil bo'lib, ularning paydo bo'lishi havo namligining kattaligidan dalolat beradi. To'p-to'p zich qatlamli bulutlar ko'pincha yomg'irli ob-havoda, yong'in beradigan kuchli (yomg'irli qatlam yoki to'p-to'p yomg'irli) bulutlar bilan birga kuzatiladi.

To'p-to'p qatlamli bulutlar 2 km dan pastda joylashgan inversiya qatlamlarida yuzaga kelgan to'liqli harakatlar, 2 km dan pastroqda joylashgan inversiya qatlami ostida to'p-to'p bulutlarning tarqalishi hamda kechqurun konveksiyaning susayishi natijasida hosil bo'ladi. To'p-to'p bulutlarning tarqalishidan hosil bo'lgan to'p-to'p qatlamli bulutlar *Stratocumulus cumulogenitus (Sc cug)* bulutlari deb ataladi.

8. *Qatlamli bulutlar — Stratus (St)* yer sirtidan ko'tarilgan, to'plamga o'xshagan, kulrang tusdagi birjinsli qatlamdir. Ular, odatda butun osmonni qoplaydi. Bu bulutlar quyi chegarasining balandligi bir necha o'n yoki yuz metr balandlikda joylashadi. Ba'zida ular yer sirtidagi tumanlar bilan qo'shilib ketadi. St larning qalinligi katta emas — bir necha o'n va yuz metrlar. Qatlamli bulutlar juda mayda, manfiy haroratlarda o'ta sovuq holatdagi suv tomchilaridan iborat. Ular ichida mayda muz kristallar ham kuzatilishi mumkin. Bu bulutlardan shivalama, qishda qor donalari va muz ignalar yog'ishi mumkin.

Qatlamli uzoq bulutlar *Stratus fractus (St fra)* qatlamli bulutlarning bir turi hisoblanadi. *Fractonimbus (Fr nb)* uzoq yomg'irli bulut qatlamli uzoq bulutlarning ko'rinishlaridan biri hisoblanadi. Ular past, to'q kulrang, yomon ob-havoning uzoq bulutlaridir. Ular yog'inlar beradigan yuqori qatlamli, yomg'irli qatlamli va to'p-to'p yomg'irli bulutlar ostidagi turbulent harakatlar natijasida hosil bo'ladi. Ularning o'zi yog'in bermaydi.

Qatlamli bulutlar, asosan, birjinsli havo massalarining quyi qatlamlarida hosil bo'ladi. Ularning hosil bo'lishiga olib keladigan asosiy jarayonlar quyidagilar: 1) sovuq sirt ustidan harakatlanayotgan nisbatan iliq havoning sovishi; 2) tunda havoning radiatsion sovishi; 3) inversiya osti qatlamida bug'ning turbulent harakatlar bilan ko'chishi.

Vertikal bo'yicha rivojlanadigan bulutlar. Bu bulutlarga to'p-to'p (Cu) va yomg'irli to'p-to'p (Cb) bulutlari kiradi. Bu bulutlarning quyi chegarasi quyi qavatda, yuqori chegarasi esa o'rta, hatto, yuqori qavatgacha yetib borishi mumkin.

9. *To'p-to'p bulutlar — Cumulus (Cu)* — zich, alohida joylashgan, vertikal bo'yicha rivojlangan oq gumbazsimon tepalari va yassi kulrang yoki ko'kish quyi chegarasi bilan ajraladigan bulutlar massasidir. Shamolning kuchayishlarida to'p-to'p bulutlarning chetlari uzuq bo'lishi mumkin. Yer sirtidan quyi chegarasining balandligi 1–2 km. Bu bulutlar suv, manfiy haroratlarda o'ta sovuq holatdagi tomchilardan iborat bo'ladi. Odatda, o'rta kengliklarda to'p-to'p bulutlardan yomg'inlar yog'maydi, tropiklarda ulardan kuchsiz yomg'inlar yog'ishi mumkin.

Kuchsiz konveksiya yoki baland bo'lmagan inversiya mavjudligida, vertikal bo'yicha kuchsiz rivojlangan to'p-to'p bulutlar hosil bo'lishi mumkin. Bular Cumulus humilis (Cu hum) yassi to'p-to'p bulutlardir. Ularning balandligi gorizontol o'lchamlaridan kichik. Ular, odatda, kunduzi hosil bo'ladi va yaxshi, turg'un ob-havo alomatidir. Kechqurun bu bulutlar tarqalib, to'p-to'p qatlamli bulutlarga aylanadi, kechasiga borib umuman yo'qoladi.

To'p-to'p uzuq bulutlar — Cumulus fractus (Cu fra) — to'p-to'p bulutlarning bir turidir. Bu oq, tutamsimon, uzuq shakldagi bulutlar bo'lib, ularning yassi quyi chegarasi aniq rivojlanmagan yoki umuman yo'q. Bu bulutlar yassi to'p-to'p bulutlardan oldin yoki ular parchalanishida yuzaga keladi. Konveksiyaning jadal rivojlanishi vertikal bo'yicha kuchli rivojlangan to'p-to'p bulutlarning hosil bo'lishiga olib keladi. Bu kuchli to'p-to'p bulutlar — Cumulus congestus (Cu cong). Juda kuchli rivojlangan konveksiyada ular alohida massa bo'lib qolmasdan, katta guruhlarga birlashib, rivojlanishda davom etadi va yomg'irli to'p-to'p bulutlarga aylanadi.

10. *Yomg'irli to'p-to'p bulutlar — Cumulonimbus (Cb)* — tog' yoki minora ko'rinishida bir necha kilometr balandlikka ko'tariladigan, to'p-to'p bulutlarning juda kuchli rivojlanishi natijasida yuzaga keladigan kuchli bulutlar tizimidir. Bunday bulutlarning tepa qismlari,

patsimon bulutlar kabi tolali va kristall tuzilishiga ega. Bulutlarning tepa qismlari ko'pincha troposferaning eng yuqori qatlamlariga o'tadi, uzoqdan kuzatilganda ular sandon shaklini eslatadi. Quyi qismlarida bu bulutlar suv tomchilaridan iborat bo'ladi, ba'zida muz donalari, do'l yoki qor bilan aralash bo'ladi.

To'p-to'p bulutlardan jala yog'inlari (yomg'ir, qor, donalar, do'l) yog'adi, yozda tez-tez momaqaldiroq bilan kuzatiladi. To'p-to'p bulutlarning o'tishi ob-havoning keskin o'zgarishiga olib keladi: qorong'i bo'lib qoladi, qasirg'a shamol ko'tariladi, jala yog'inlar yog'adi.

To'p-to'p bulutlar kuchli ko'tariluvchi havo harakatlarida (konvektiv yoki frontlarda) uning adiabtik sovishi natijasida yuzaga keladi.

7.1.2. Bulutlar miqdorini aniqlash

Bulutlar miqdorini, ya'ni osmonning bulutlar bilan qoplanganlik darajasini aniqlash 10 balli shkala bo'yicha vizual kuzatish orqali bajariladi. Osmon gumbazi qay darajada bulutlar bilan qoplanganligini va bulutlar orasidagi ochiq joylarni hisobga olib, bulutlilikni o'ndan bir aniqlikda baholash lozim. Juda kichik Ci, Cs va As larning ba'zi shakllariga xos bo'lgan ochiq joylar hisobga olmaydi.

Osmonda bulutlar bo'lmaganda yoki ularning miqdori 0,5 balldan kichik bo'lsa, bulutlar miqdori 0 ball deb hisoblanadi. Agar bulutlar osmon gumbazining 0,1 qismini egallasa, bulutlar miqdori 1–2 ballga teng deb olinadi va h.k. Osmon butunlay bulut bilan qoplangan bo'lsa, bulutlar miqdori 10 ballga teng deb hisoblanadi. Bulutlar qoplamida ochiq joylar 0,5 ball va undan kichik qiymatlarni tashkil qilsa, ball raqamini 10 kvadratga olib 10 ko'rinishda yoziladi.

Kuzatish boshida birinchi navbatda bulutlarning umumiy miqdori aniqlanadi. So'ng quyi qavat bulutlarining miqdori vertikal rivojlanadigan bulutlarni qo'shgan holda alohida aniqlanadi. Kuzatuv natijalari kasr ko'rinishida yoziladi: suratda – umumiy bulutlilik, maxrajda – quyi qavat bulutligi yoziladi. Agar alohida bulutlar kuzatilib, lekin ularning miqdori 0,5 balldan kam bo'lsa, “bulutlar miqdori” grafasida 0/0, “shakli” grafasida esa bulutlarning turi yozib “izlar” degan so'z qo'shiladi, masalan 0/0 Ci (izl.).

Kuzatish paytida Quyosh va Oyning bor-yo'qligi va ularning nurlanish jadalligini ko'rsatiladi. Quyosh yog'dusi uchun maxsus belgilar quyidagicha:

- ² – Quyosh ochiq, buyumlarning soyasi aniq;
- – Quyosh yupqa bulutlar yoki parda bilan qoplangan, buyumlarning soyasi hali ko‘rinadi.
- ⁰ – bulutlar, tuman yoki g‘ubor orqasidan Quyosh kuchsiz ko‘rinadi, buyumlarning soyasi yo‘q.
- Oyning yog‘dusining barcha fazalari uchun ..., to‘lin oy uchun esa O belgilari bilan belgilanadi:
- ⋈², O² – Oy ochiq;
- ⋈, O – yupqa bulutlar yoki parda (dimka) orqali Oy ko‘rinadi;
- ⋈⁰, O⁰ – bulutlar, tuman yoki g‘ubor orqasidan Oy kuchsiz ko‘rinadi.

7.1.3. Bulutlar shaklini aniqlash va yozish

Bulutlar shakli “Bulutlar atlası” yordamida aniqlanadi va qabul qilingan tasnif bo‘yicha belgilanadi. “Bulutlar shakli” grafasi to‘ldirilganda dastlab eng ko‘p miqdordagi bulutlar yoziladi, keyin kamroq bo‘lganlari va h.k. Bulutlarning miqdori 0,5 balldan kam bo‘lmagandagina ularning shakli yoziladi. Bulutlarning gorizontga nisbatan burchak balandligi 5–6° dan kichik bo‘lsa, ularning shaklini aniqlamaslikka ruxsat etiladi. Lekin tashqi ko‘rinishi keskin ifodalangan bulutlar (to‘p-to‘p, yomg‘irli to‘p-to‘p, ba‘zi patsimon bulutlar ham) albatta yozilishi kerak. Quyi qavat bulutlari kuzatilmasa, o‘rta qavat bulutlari qatorida bu bulutlarning miqdori ko‘rsatiladi.

7.1.4. Bulutlarning balandligini aniqlash

Stansiya sathiga nisbatan bulutlar quyi chegarasining balandligi *bulutlar balandligi* deb ataladi. Agar quyi va o‘rta qavat bulutlarining balandligi stansiya sathidan 2500 m dan baland bo‘lmasa, ularning balandligi aniqlanadi.

Bulutlar quyi chegarasining balandligini aniqlash uchun bulutlar balandligining impulsli o‘lchagichlari (BBO‘) qo‘llaniladi. BBO‘ bo‘lmaganda bulutlar balandligi shar-pilot yordamida, kechasi esa proyektor yordamida aniqlanadi. Agar asbob yordamida bulutlar balandligini aniqlash mumkin bo‘lmasa, (tikkada bulutlar yo‘q yoki ularning miqdori shar-pilot usulini qo‘llash uchun yetarli bo‘lmasa) ularning quyi chegarasi balandligi vizual aniqlanadi.

7.2. Atmosfera hodisalari va yog'inlarni kuzatishlar

Meteorologik stansiyalarda bulutlardan yog'adigan atmosfera yog'inlari (yomg'ir, qor, do'l, donalar, shivalama va boshq.), shuningdek, yer sirtida yoki buyumlarda havodagi suv bug'ining kondensatsiya yoki sublimatsiyasi natijasida hosil bo'lgan yog'inlar (shudring, qirov, bulduriq, yaxmalak va h.k.) o'lchanadi.

Yog'inlar miqdori yog'ayotgan yoki kondensatsiyalanayotgan suv qatlamiining mm larida o'lchanadi.

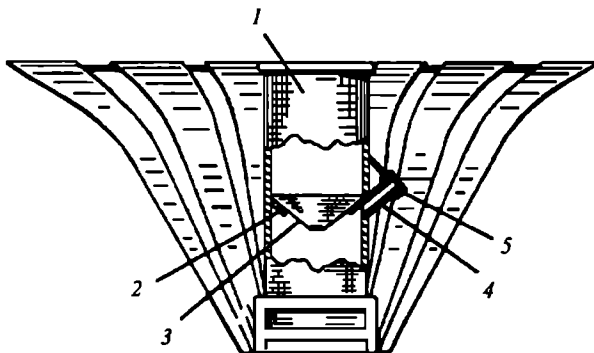
7.2.1. Bulutlardan yog'ayotgan yog'inlarni kuzatish

Yog'inlar miqdori suvning oqib ketishi va suvning tuproqqa shimilishi mavjud bo'lmagan holda gorizontaal yuzaga yog'in paytida tushuvchi suv hosil qilgan qatlamning millimetrda o'lchangan balandligidir.

Yog'inlar miqdori *yog'in o'lchagich* (yomg'ir o'lchagich) deb ataladigan asbob yordamida o'lchanadi. O'z konstruksiyasi bo'yicha bu asbob oddiy: qabul qiluvchi idish sifatida yuqori qirrasi yer sirtidan 2 m balandlikda ustunga o'rnatilgan, ma'lum yuzali ko'ngdalang kesimli silindrik chelak xizmat qiladi. Yog'in o'lchagichning zaruriy qismi — bu qabul qiluvchi chelak atrofida havo oqimida hosil bo'ladigan uyurmalarini kamaytirish maqsadida va chelakka yog'inlarning, ayniqsa, qattiq ko'rinishdagi yog'inlarning tushishidan himoyalashga xizmat qiladigan konus shaklidagi himoyadir. Bu himoya yog'in o'lchagichdan qorning shamol bilan olib chiqib ketilishini ham kamaytiradi. Shamol ta'siridan ikki xil: yaxlit (Nifer himoyasi) va taxtachali (Tretyakov himoyasi) himoyalar qo'llaniladi.

Taxtachali himoya yog'in o'lchagich chelakning atrofida havo oqimining kuchliroq bo'linib, kuchsizlanishiga olib keladi. Bu esa yig'iladigan yog'inlarning ortishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun meteorologik stansiyalar tarmog'ida yaxlit himoyali yog'in o'lchagichlar taxtachali yog'in o'lchagichlarga (Tretyakov yomg'ir o'lchagichi) almashtirilgan. Yetib borish qiyin bo'lgan joylarda ma'lum uzoq vaqt davomida (mavsum, yil) yog'inlarni yig'adigan *yig'indi yog'in o'lchagichlar* o'rnatiladi.

Agrometeorologik va mikroiqlimiy tadqiqotlarda F.F. Davitaya ishlab chiqqan dala yog'in o'lchagichi qo'llanilishi mumkin.



7.1-rasm. Tretyakov yog'in o'lchagichining sxemasi.

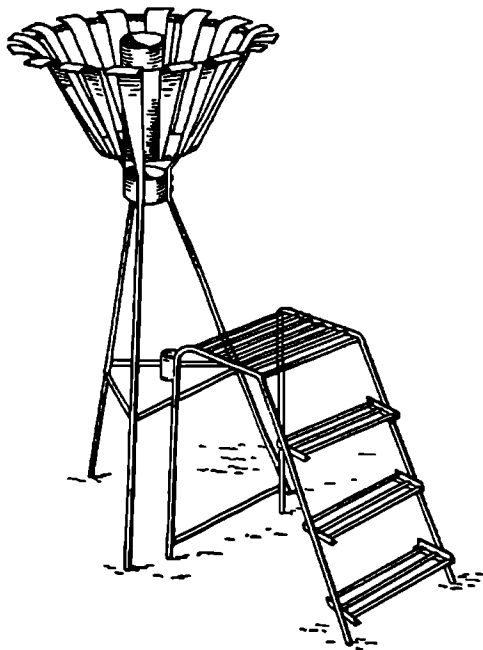
Ba'zi meteorologik stansiyalarda suyuq yog'inlarning miqdorini va davomiyligini aniqlash uchun yog'in o'lchagichlardan tashqari o'ziyozar yog'in o'lchagichlar — *plyuviograflar* o'rnatiladi.

Hozir meteorologik stansiyalarda yog'inlar miqdorini o'lchash uchun asosiy asbob sifatida taxtachali himoya bilan ta'minlangan Tretyakov yog'in o'lchagichi qo'llaniladi (7.1-rasm).

Yog'in o'lchagich komplektiga taxtachali himoya usulida chelak o'rnatish uchun uchoyoq, ikkita chelak, bitta chelak qopqog'i va o'lchash stakani kiradi. Chelakning (1) qabul qiluvchi yuzasi 200 sm², balandligi 40 sm ga teng. Yog'inlarning bug'lanishi va shamol bilan uchirib ketilishining oldini olish uchun chelakning o'rta qismida konus (2) shaklidagi diafragma payvandlashgan. Yozda uning teshigi voronka (3) bilan yopiladi. Yog'inlarni chelakdan oqizib tushirish uchun diafragmaning ostida qopqoq (5) bilan yopiladigan jo'mrakli teshik (4) bor. Chelak uchoyoq ustiga mustahkam o'rnatiladi. Kuzatish muddatlarida chelaklar almashtirilganda, ular qopqoq bilan yopiladi.

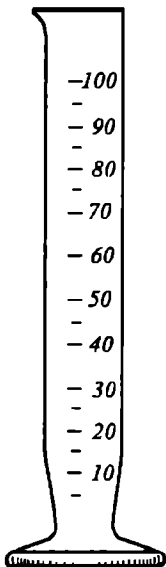
Tretyakov yog'in o'lchagichining himoyasi 16 ta egri trapetsiya ko'rinishidagi taxtachalardan iborat. Ularning tepa va quyi asoslari maxsus halqalarga mustahkamlanadi (7.2-rasm). Biroq himoyaning qo'llanilishi shamol ta'sirini butunlay yo'qotmaydi, ya'ni yog'in o'lchaydigan chelakka shamol bilan yog'in tomchilari va, ayniqsa, qattiq ko'rinishdagi yog'inlarning kelib tushishi haqiqiy yog'inlar miqdorini o'zgartirdi. Shuning uchun, agar meteorologik stansiya

maydonchasi ochiq joyda joylashgan bo'lsa, yog'in o'lchagichni shamol tezligi kichikroq bo'lgan joyga o'rnatishga harakat qilinadi. Shunda yog'in o'lchagich atrofdagi buyumlardan shunday masofada joylashgan bo'lishi kerakki, qiya yoqqan yomg'irda ular chelakka yomg'irning tushishiga to'sqinlik qilmasligi va unga baland joylardan (daraxtlar, tomlar va h.k.) qor tushmasligi kerak.



7.2-rasm. Yog'in o'lchagich qurilmasi.

Yog'in miqdori sutkada ikki marta o'lchanadi. O'lchashda uchoyoqqa o'rnatilgan chelakka qopqoq yopib olinadi, uning o'rniga ikkinchi chelak o'rnatiladi. Yog'in to'plangan chelak stansiya binosiga olib kelinib, yog'inlar jo'mrakdan o'lchash stakaniga quyiladi. Agar yog'inlar qattiq holatda bo'lsa, ular eritilib, keyin o'lchanadi. Qattiq yog'inlar yig'ilgan chelakni issiq buyumlar (plita, isitish radiatori) oldiga qo'ymaslik kerak, chunki ularning yonida yog'inlar bug'lanishi mumkin.



7.3-rasm. Yog'in o'lchagichning o'lchash stakani.

Yog'in o'lchagichning o'lchash stakani 100 ta bo'laklarga ega (7.3-rasm) bo'lib, har bir bo'lakning qiymati 2 sm^2 ga teng. Chelakning qabul qiluvchi yuzasi 200 sm^2 ga teng bo'lganda, bitta bo'lak 0,1 mm suv qatlami balandligiga mos keladi. Agar yog'inlar miqdori o'lchash stakanining hajmidan katta bo'lsa, yog'in miqdori 2–3 bosqichda o'lchanadi. Har bir o'lchashdan keyin bo'laklar soni yozib boriladi. Barcha o'lchashlar tugagach, yog'inlarning umumiy miqdori (bo'laklar soni) hisoblanadi va mm ga aylantirib yoziladi.

7.2.2. Yer ustidagi yog'inlarni kuzatish

Shudring musbat haroratlarda tunda tuproq, o't va gorizontal buyumlarda paydo bo'lgan suvning mayda tomchilaridir. Shudringning hosil bo'lishi yer sirtining radiatsion nurlanishi va sovishi natijasida havodagi suv bug'ining kondensatsiyasi bilan bog'liq.

Shudring, ko'pincha, ochiq havoda nurlanish kuchayganda va tinch yoki kuchsiz shamolda kuzatiladi.

Tushgan shudringni uzluksiz qayd etish uchun maxsus asbob — *rosograf* qo'llanilishi mumkin. Uning ishlash prinsipi qabul qiluvchi plastinkada hosil bo'lgan shudring massasining og'irligini tortish va plastinka massasining o'zgarishini muntazam qayd qilib borishga asoslangan.

Asbobning asosiy o'lchash qismi — kvadrant tarozidir. Tarozi shayinining bir uchida shudring qabul qilgich sifatida ishlatiladigan viniplastdan konus shaklida tayyorlangan palla, ikkinchisida esa muvozanatlaydigan yuk o'rnatiladi. O'lchagichning quyi sirtiga tushgan shudringni aniqlash uchun uning ostida ikkinchi kichik qabul qilgich o'rnatiladi. Tushgan shudringning miqdori tarozi shayinining og'iridan aniqlanadi. U peroli stryelka bilan ulanadi, pero esa soat mexanizmi yordamida aylanadigan barabanning tasmasida yozuv qoldiradi.

Qirov – gorizontali sirtlarda manfiy haroratlarda radiatsion sovihi natijasida hosil bo‘ladigan qattiq mayda kristall yog‘indir.

Daraxtlarning shoxlarida, simlarda, sim to‘rlarda va boshqa ingichka buyumlarda kuchsiz sovuq shamolli ob-havoda hosil bo‘ladigan kristallar yoki donalar tuzilishidagi oq yumshoq yog‘in *bulduruq* deb ataladi. Havoning nisbiy namligi 100% ga yaqin bo‘lganda muzli tuman yoki havoda uchib yurgan muz ignachalarining mavjudligi kristalli bulduruqning hosil bo‘lishiga olib keladi. Bunda buyumlarda o‘tirgan kristallar sublimatsiya yadrolari bo‘lib, ularda muzli kristallardan iborat bo‘lgan yumshoq popukning tez ko‘payishi kuzatiladi. Ular qo‘l tekkizilganda oson to‘kilib ketadi. Kristalli bulduruq, ko‘pincha, havo harorati -15°S dan past bo‘lganda kuzatiladi.

Donali bulduruq tumanlarning o‘ta sovuq holatdagi tomchilari buyumlarda muzlashi natijasida hosil bo‘ladi. Katta tezlikdagi shamol, kuchli tuman va kuchsiz sovuq (-2°S dan -7°S gacha) donali bulduruqning tez kattalashishiga sabab bo‘ladi.

Shivalama yoki o‘ta sovugan yomg‘ir tomchilarining muzlashi natijasida yer sirtida va turli buyumlarda tiniq yoki xira muz qatlamining hosil bo‘lishi *yaxmalak* deb ataladi. Odatda yaxmalaklar kuchsiz sovuqda (0°C dan -5°C gacha) kuzatiladi. Yaxmalak musbat haroratlarda ham hosil bo‘lishi mumkin. Manfiy haroratlarga ega bo‘lgan sovuq buyumlar ustiga yoqqan yomg‘ir yoki shudring o‘sha zahoti muzlab, muz qoplamini hosil qiladi.

7.3. Meteorologik ko‘rinuvchanlik uzoqligi va uni yomonlashtiradigan hodisalarni kuzatish

Kunduzi meteorologik ko‘rinuvchanlik uzoqligini (MKU) aniqlash uchun atrofdagi joyda, kuzatish joyidan 50, 200, 500 m va 1, 2, 7, 10, 20, 70 km uzoqlikda joylashgan 9 ta obyekt tanlanadi. Ko‘rsatilgan standart masofadan chetlanish 20% dan oshmasligi kerak.

Tabiiyki, odam qurgan, shu jumladan, kuzatishlar uchun maxsus (masalan, shitlar) qurilgan obyektlar quyidagi talablarga javob berishi kerak;

- imkoni boricha qora bo‘lishi kerak;

- osmon fonida yoki obyektga nisbatan ikki barobar uzoqda joylashgan va obyektning chegaralari aniq ko‘rinadigan boshqa obyekt fonida proyeksiyalanishi kerak;

–15' dan kam bo'lmagan burchak o'lchamlariga ega bo'lishi kerak;

–gorizontga nisbatan 5–6° yuqorida joylashgan bo'lishi kerak.

Obyektlar tanlangandan so'ng ularning tavsifi va joylashish rejasi tuziladi.

Kuzatish jarayonida tanlangan obyektlardan ko'rinadigan va ko'rinmaydigan obyektlar aniqlanadi. Shunday qilib, MKU eng uzoq joylashgan ko'rinadigan obyektдан eng yaqin ko'rinmaydigan obyektgacha masofaga tenglashtirib olinadi.

MKU quyidagi gradatsiyalarga muvofiq ballda baholanadi.

MKU, ball	Obyektgacha masofa	MKU, ball	Obyektgacha masofa
0	0–50 m	5	2–4 m
1	50–200 m	6	4–10 km
2	200–500 m	7	10–20 km
3	500–1000 m	8	20–50 km
4	1–2 m	9	>50 km

MKU ni tunda aniqlash uchun stansiya atrofida turli masofalarda joylashgan chiroqlar tanlanadi. Ko'rinuvchanlik ballar shkalasi bo'yicha eng uzoqda ko'zga ko'rinadigan chiroqqa qarab baholanadi. Kuzatishlar uchun rangli yoki tarqaluvchi nurlar sohadigan yorug'lik manbalaridan foydalanish tavsiya qilinadi.

MKU ga ko'plab omillar ta'sir qilib, ular ikki guruhga bo'linadi. Birinchi guruhga yog'inlar bilan bog'liq bo'lgan hodisalar kiradi. Bular turli jadallikdagi yomg'ir, qor va do'l, shivalama, qor bo'roni. Ikkinchi guruhga atmosfera yog'inlari bilan bog'liq bo'lmagan, biroq MKU ni yomonlashtiradigan hodisalar kiradi.

Yog'inlar bilan bog'liq bo'lmagan, MKU ni yomonlashtiradigan hodisalar.

1. *Tuman.* Bu bevosita Yer sirti ustida muallaq holatda bo'lgan kondensatsiya mahsulotlarining (tomchilar, kristallar) yig'ilishidir. Tumanda KMU 1,0 km dan kam bo'ladi.

2. *Dimka* (tuman pardasi, siyrak tuman). Bu Yer sirti yaqinida havoda muallaq holatdagi suv bug'ining kondensatsiya yoki sublimatsiyasi mahsulotlari orqali yuzaga kelgan havoning kuchsiz xiralanishidir. Dimka havorang tusga ega bo'lib, unda ko'rinuvchanlik 1 dan 10 km gacha bo'ladi.

3. *G'ubor*. Bu Yer sirti yaqinida havoda muallaq holatdagi chang, tuman, qum zarrachalari orqali havoning ancha kuchli xiralanishidir. Kuchli g'uborda KMU bir necha yuz, hatto o'n metrlargacha kamayishi mumkin. O'rta Osiyoda g'ubor yilning iliq yarmi uchun xarakterli. Katta shaharlar va sanoati rivojlangan yirik hududlar ustida industrial kelib chiqishga ega bo'lgan aerosol zarrachalardan iborat bo'lgan *shahar g'ubori* deb ataladigan g'ubor hosil bo'ladi. G'ubor, dimkadan farqli o'laroq, qoramtir rangda bo'ladi.

4. *Qor bo'roni*. Bu Yer sirti ustidan qoming yetarlicha kuchli shamol bilan ko'chishidir. Bunda qor yog'maydi. Qor izg'irini va quyi qor bo'roni ajratiladi. MKU bu hodisalarda 1,0 km va undan kichikroqqacha kamayishi mumkin.

5. *Changli bo'ron*. Bu katta miqdordagi chang yoki qumning kuchli shamol bilan ko'chishidir. Bunda MKU bir necha yuz metrgacha kamayishi mumkin. Bu hodisa yilning iliq vaqtida O'rta Osiyo sahrolari uchun xarakterli.

Elektr hodisalar. Bu hodisalarga momaqaldiroq, uzoqdagi momaqaldiroq, yiroqdagi chaqmoq shu'lasi kiradi.

1. *Momaqaldiroq* kuchli yomg'irli to'p-to'p bulutlar bilan bog'liq. U bulutlar va Yer orasida bir necha bor takrorlanadigan elektr razrydlari (chaqmoq) va tovushli hodisalar (momaqaldiroq) bilan xarakterlanadi. Momaqaldiroqlar ko'pincha jala yog'inlari, kuchli qasirg'a shamollari va do'l bilan birga kuzatiladi.

2. *Yiroqdagi chaqmoq shu'lasi* – bu uzoqdagi momaqaldiroq vaqtida gorizontda kuzatiladigan yorug'lik hodisalaridir.

Barcha atmosfera hodisalari vizual kuzatilib, maxsus shartli belgilar yordamida kuzatish kitobchasiga yoziladi. Kitobchada hodisaning jadalligi, boshlanish va tutash vaqti belgilanadi.

Yog'inlar va atmosfera hodisalari kitobchaga shartli belgilar yordamida kiritilgan.

7.4. Qor o'lchash kuzatishlari

Qor o'lchash kuzatishlari qor qoplamining balandligi, qorning zichligi, qordagi suv zaxiralarini aniqlash, stansiya atrofida yer sirtining qor bilan qoplanganlik darajasi, qor qoplamining yotish xarakteri hamda qor holati va qor ostidagi tuproq holatini aniqlashni o'z ichiga oladi.

Qor qoplarning mavjudligi, uning yotish xarakteri va qoplanganlik darajasi har kuni ertalabki muddatda stansiya atrofidagi eng baland joydan atroflarni vizual kuzatish orqali 10 balli shkala bo'yicha aniqlanadi. Bunda qor bilan qoplangan maydon o'ndan bir aniqlikda o'lchanadi. Agar ko'rinayotgan barcha maydon qor bilan qoplangan bo'lsa, kitobchaga 10 ball yoziladi; agar ko'rinayotgan maydonning 0,3 qismi qor bilan qoplangan bo'lsa – 3 yoziladi va h.k. Agar qor dog'lari ko'rinayotgan maydonning 0, 1 dan kam qismini egallasa, kitobchaga 0 yoziladi.

Stansiya atrofida qor qoplarning yotish xarakteri vizual ravishda quyidagi alomatlar bo'yicha aniqlanadi. Bir tekis (qor uyumlarisiz), o'rta bir tekis (o'rta qor uyumlari), o'ta notekis (katta qor uyumlari), qor ba'zi joylarda mavjud.

Qor qoplarning balandligi har kuni ertalabki kuzatish muddatida, meteorologik maydonda kuzda o'rnatilgan 3 ta doimiy qor o'lchagich reykalaridan o'lchanadi.

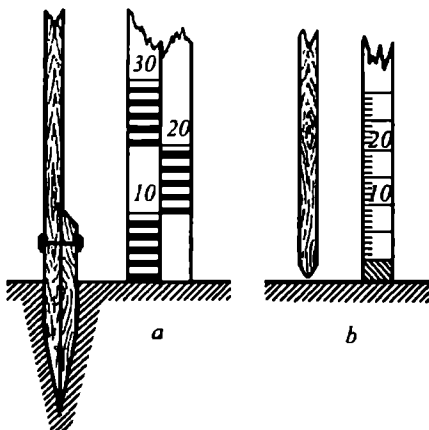
Doimiy nuqtalardagi kuzatishlardan tashqari, oldindan belgilangan 1 yoki 2 km li marshrut bo'yicha dekadali qor o'lchash kuzatishlari olib boriladi. Bu maqsadda kuzda shu hudud uchun xarakterli relyef shakllaridan o'tadigan (jarlik, tepalik, soylar), mazkur joy uchun xarakterli uchastka tanlab olinadi. Marshrut bo'yicha qor o'lchash kuzatishlarida qor qoplarning balandligi ko'chma qor o'lchagich reyka yordamida har 10 yoki 20 m, qor zichligi esa vaznli qor o'lchagich yordamida har 100 yoki 200 m da o'lchanadi.

Qor o'lchagich reykalar.

Doimiy qor o'lchagich reyka – bu bir santimetrli bo'laklarga bo'lingan, uzunligi 2 m, eni 5 sm dan kam bo'lmagan yog'och to'rtqirradir. (7.4 a-rasm)

Kuzda reyka o'rnatilganda, yerga uzunligi 30-40 sm ga teng bo'lgan uchli yog'och to'rtqirra qoqiladi. Bu to'rtqirrada arralab qo'yilgan ustuncha yer sirti bilan bitta sathga o'rnatilib, unga qor o'lchagich reyka o'rnatiladi. Kundalik kuzatishlarda ertalabki soatlarda reyka bo'yicha 1 sm aniqlikda sanoq olinadi. Bunda kuzatishlar doimo bir joydan, reykaga 2–3 m uzoqda turib bajarilishi kerak.

Ko'chma qor o'lchagich reyka – temir uchli, uzunligi 180 sm, eni 4 sm va qalinligi 2 sm ga teng bo'lgan yog'och to'rtqirradir. Chorqir-raning bir tomonida har 1 sm da bo'laklar tushirilgan (7.4 b-rasm). Qor o'lchagich reyka qorga vertikal tushirilib, qor qoplarning



7.4-rasm. Qor o'lhagich reykalari: a – doimiy; b – ko'chma.

balandligi aniqlanadi. Bunda reyka yer sirtigacha yetib borganligi haqida ishonch hosil qilinishi kerak.

Tarozili qor o'lhagichlar.

Qor qoplami zichligini tarozili qor o'lhagich yordamida o'lchash qor qoplami balandligini va olingan namunaning vaznini o'lchashdan iborat. Keyin olingan ma'lumotlardan qor zichligi hisoblanadi.

Tarozili qor o'lhagich (zichlik o'lhagich) balandligi 60 sm, kesim yuzasi 50 sm² ga teng bo'lgan kovak temir silindr (1) dan va toshsiz tarozidan iborat (7.5-rasm). Silindrning quyi qismi arra shaklida charxlangan, uning tepa qismida olinadigan qopqoq o'rnatilgan. Qor o'lhagichli tarozi 5 gr li bo'laklarga bo'lingan temir chizg'ich (2), namuna bilan silindr osiladigan ilmoq (3) va tarozini silindr osilgan holatda ushlab turuvchi qurilma (4) dan iborat. Tarozi chizg'ichida sirpanib yuradigan yuk (5) tarozini muvozanatda ushlab turish uchun xizmat qiladi. Yuk ochiq joyga va tarozi shkalasidan sanoq olish uchun belgiga ega. Harakatchan yuk chizg'ichning 0 bo'lagiga keltirilganda, ilmoqqa ilingan bo'sh silindr tarozi bilan muvozanatda bo'lishi kerak.

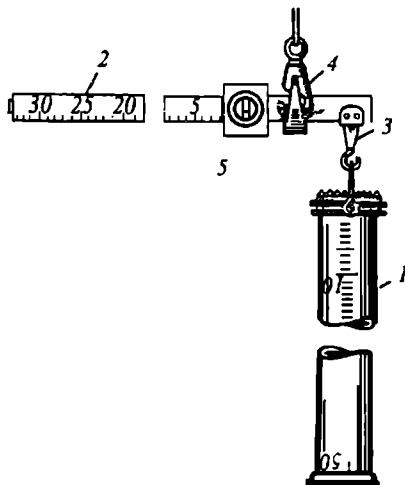
Kuzatishdan yarim soat oldin qor o'lhagichning harorati atrofdaqi havoning haroratiga tenglashishi uchun xonadan ochiq havoga chiqarilishi kerak. Aks holda, kuzatish vaqtida qor silindr devorlariga yopishib qoladi. Keyin tarozi yig'iladi va osilgan qopqoqli silindr u

bilan muvozanatlanadi. Agar yukning muvozanatida tarozi belgisi shkalaning 0 bo‘lagi bilan ustma-ust tushmasa, uning yangi joylashishi 0 deb qabul qilinadi. Keyin silindr uchli tomoni bilan yer sirtiga yetguncha qorga botiriladi va silindrning sirtidagi shkala bo‘yicha qor qoplaminig balandligi sanab olinadi. Bundan keyin, qor o‘lchagich komplektiga kiruvchi belkurak bilan qor o‘lchagichning bir tomonidagi qor tozalanadi. So‘ngra belkurak yordamida silindrning ichidagi qorni tushirmasdan, u asta-sekin ko‘tarilib, qopqoq pastga qaratib ag‘dariladi.

Silindrning sirtiga yopishgan qor tozalanadi, qor o‘lchagich tarozining ilmog‘iga osiladi, shamolga teskari turib harakatchan yuk yordamida silindir muvozanatga olib kelinadi. Muvozanat holatida yukning belgisi to‘xtagan joyda chizg‘ich bo‘lagini sanab, yozib olinadi.

Qor qoplami ostida muzli qatlam chiqib qolsa, u yer sirtigacha yorilib, qalinligi mm da o‘lchanadi.

Qor zichligi quyidagicha hisoblanadi. Olingan qor namunasining balandligi h sm, tarozidan sanab olingan bo‘laklar n ga teng bo‘lsin. O‘lchangan qorning hajmi $V=50h$ sm³ ga teng bo‘ladi. Bu yerda, 50 – silindrning sm² da berilgan kesim yuzasi; qorning massasi $m=5n$, bu yerda 5 – tarozi bo‘lagining qiymati (grammda). Unda qor zichligi quyidagiga teng bo‘ladi:



7.5-rasm. Tarozi qor o‘lchagich.

$$d = \frac{m}{V} = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h} \text{ g/sm}^3 \quad (7.1)$$

Qor zichligini o'lchashda bir joyda 3 ta kuzatish bajarilib, ularning o'rtacha qiymati olinadi.

Qor qoplamining balandligi 60 sm dan katta bo'lsa, qor ustuni qismlarga ajratib hisoblanadi, bunda zichlikni hisoblash uchun barcha h va n larning yig'indisi olinadi.

Qor zichligini aniqlash uchun qo'llaniladigan ma'lumotlar asosida qor qoplamini butunlay eriganda hosil bo'ladigan suv qatlamining balandligini aniqlash mumkin. O'lchangan qor namunasining vazni $5n$ ga teng bo'lsa, suvning hajmi ham aynan shunga teng bo'ladi (chunki suvning zichligi 1 ga teng). Demak, agar hajmni yuzaga bo'lib, 10 ga ko'paytirilsa, suv qatlamining mm da o'lchangan qalinligi kelib chiqadi:

$$h_{suv} = \frac{5n \cdot 10}{50} = n \quad (7.2)$$

Shunday qilib, qor o'lchagichning tarozisida sanalgan bo'lakchalar soni mm da olingan suv miqdoriga aynan teng bo'ladi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. *Bulutlarning xalqaro tasnifi qanday alomatga asoslanadi?*
2. *Bulutlarning xalqaro tasnifi bulutlarning nechta qavati va turlarini o'z ichiga oladi?*
3. *Yuqori qavat bulutlariga qaysi bulutlar kiradi va ular qanday balandliklarda kuzatiladi?*
4. *O'rta qavat bulutlariga qaysi bulutlar kiradi va ular qanday balandliklarda kuzatiladi?*
5. *Quyiy qavat bulutlariga qaysi bulutlar kiradi va ular qanday balandliklarda kuzatiladi?*
6. *Vertikal rivojlanadigan bulutlarga qaysi bulutlar kiradi va ular qanday balandliklarda kuzatiladi?*
7. *Qaysi bulutlardan yog'inlar yog'adi?*
8. *Bulutlar miqdori qanday aniqlanadi?*
9. *Bulutlar miqdori qanday yoziladi?*
10. *Bulutlarning quyi chegarasi qanday usullar yordamida aniqlanadi?*
11. *Yog'in o'lchagich va yomg'ir o'lchagichlar yordamida qanday yog'inlar o'lchanadi?*

12. Yomg'ir o'lchagichlarda shamoldan himoyalar nima maqsadda o'rnatiladi?
13. Yog'inlar miqdori qanday o'lchanadi?
14. Yer sirtiga va buyumlarga yog'gan yog'inlar qanday yog'inlarga kiradi?
15. Bulduruq yaxmalakdan nima bilan farqlanadi?
16. Shudringni uzluksiz o'lchash qanday amalga oshiriladi?
17. Meteorologik ko'rinuvchanlik uzoqligi (MKU) qanday o'lchanadi?
18. Kunduzi va tunda MKU ni o'lchash uchun tanlangan obyektlar qanday talablarga javob berishi kerak?
19. MKU ning har bir balli uchun ko'rinuvchanlik chegaralarini aytib bering.
20. Tuman va tuman pardasi (dimka) orasida qanday farqlar mavjud?
21. G'ubor nima?
22. Qor bo'roni va changli bo'ron nima? Ular KMU ga qanday ta'sir ko'rsatadi?
23. Atmosferada kuzatiladigan elektr hodisalariga xarakteristika bering.
24. Qor o'lchash kuzatishlari kompleksiga nimalar kiradi?
25. Qor qoplami balandligi qanday o'lchanadi?
26. Marshrut bo'yicha qor o'lchash kuzatishlari qanday maqsadda o'tkaziladi?
27. Qor qoplamining zichligi va yoqqan yog'inlar miqdori qanday aniqlanadi?

1. *Кедроливанский В.Н., Стернзат М.С.* Метеорологические приборы. —Л.: Гидрометеиздат, 1955. — 544 с.
2. *Кочурин Л.Г.* Методы метеорологических измерений. —Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 456 с.
3. *Петров Ю.В., Эгамбердиев Х.Т., Холматжанов Б.М.* Метеорология и климатология. Учебник. Ташкент, НУУз, 2005. — 333 с.
4. Руководство к лабораторным работам по экспериментальной физике атмосферы. *Под ред. Л.Г.Кочурина, А.И.Мергилевского.* —Л.: Гидрометеиздат, 1969. — 512 с.
5. *Стернзат М.С.* Метеорологические приборы и измерения. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — 392 с.

MUNDARIJA

SO'ZBOSHI.....	3
----------------	---

I BOB. KIRISH

1.1. Kursning predmeti va vazifalari. Meteorologik kuzatishlarning o'ziga xos xususiyatlari.....	4
1.2. Meteorologik kuzatishlarga qo'yiladigan talablar.....	5
1.3. Meteorologik maydoncha.....	6
1.4. Kuzatishlar muddati va tartibi.....	8

II BOB. MUHIT HARORATINI O'LCHASH ASBOBLARI VA USULLARI

2.1. Tabiiy sharoitda haroratni o'lchashning o'ziga xos xususiyatlari.....	10
2.2. Termometrlarning issiqlik inersiyasi.....	10
2.3. Suyuqlikli termometrlar.....	13
2.4. Deformatsion termometrlar.....	20
2.5. Termoelektrik termometrlar.....	21
2.6. Qarshilikli termometrlar.....	25
2.6.1. Muvozanatlangan qarshilikli termometrlar.....	25
2.6.2. Muvozanatlanmagan qarshilikli termometrlar.....	29
2.6.3. Differensial qarshilikli termometrlar.....	30
2.7. Radiatsion termometrlar.....	31
2.8. Akustik termometrlar.....	33

III BOB. HAVO NAMLIGINI O'LCHASH ASBOBLARI VA USULLARI

3.1. Namlikni psixrometrik o'lchash usuli.....	36
3.2. Kondensatsion gigrometrlar.....	44
3.3. Deformatsion gigrometrlar.....	47
3.4. Radiatsion gigrometrlar.....	53
3.5. Namlikni o'lchashning boshqa usullari.....	54
3.5.1. Elektrokimyoviy gigrometr.....	54
3.5.2. O'ta yuqori chastotali (O'YuCh) rezonatorli gigrometrlar.....	57
3.5.3. Membranali (diffuzion) gigrometrlar.....	57
- 4 Issiqlik o'tkuzuvchanlik gigrometrlari.....	58
vo namligini o'lchashning turli usullarini taqqoslash.....	59

IV BOB. ATMOSFERA BOSIMINI O'LCHASH ASBOBLARI VA USULLARI

4.1. Simobli barometrlar.....	61
4.2. Deformatsion barometrlar.....	65
4.3. Gipsotermometrlar.....	68

V BOB. SHAMOLNING TEZLIGI VA YO'NALISHINI O'LCHASH ASBOBLARI VA USULLARI

5.1. Tretyakov shamol o'lchagichi.....	71
5.2. Rotoanemometrlar.....	73
5.2.1. Kosali anemometrlar.....	79
5.2.2. Aylanishlar sonini elektromexanik hisoblagichli rotoanemometrlar.....	81
5.2.3. Optoelektron taxometrli rotoanemometrlar.....	81
5.3. Induksion rotoanemometrlar.....	82
5.4. Havo oqimlari yo'nalishining o'lchagichlari.....	85
5.5. Elektr issiqlik anemometrlar.....	88
5.5.1. Termoelektr issiqlik anemometrlar.....	89
5.5.2. Issiqlik qarshilikli anemometrlar.....	90
5.5.3. Yarimo'tkazgich qarshilikli anemometrlar.....	92
5.6. Akustik anemometrlar.....	92

VI BOB. AKTINOMETRIK O'LCHASH ASBOBLARI VA USULLARI

6.1. To'g'ri quyosh radiatsiyasini o'lchash.....	95
6.2. Tarqoq, yalpi va qaytgan radiatsiyani o'lchash.....	97
6.3. Yer yuzasi radiatsiya balansini o'lchash.....	100
6.4. Quyoshning nur sochib turishi davomiyligini o'lchash.....	102

VII BOB. BULUTLAR, YOG'INLAR, METEOROLOGIK KO'RINUVCHANLIK UZOQLIGI VA UNI YOMONLASHTIRUVCHI HODISALAR HAMDA QOR QOPLAMINI KUZATISHLAR

7.1. Bulutlarni kuzatish.....	106
7.1.1. Bulutlar tasnifi.....	106
7.1.2. Bulutlar miqdorini aniqlash.....	111
7.1.3. Bulutlar shaklini aniqlash va yozish.....	112
7.1.4. Bulutlarning balandligini aniqlash.....	112
7.2. Atmosfera hodisalari va yog'inlarni kuzatishlar.....	113
7.2.1. Bulutlardan yog'ayotgan yog'inlarni kuzatish.....	113
7.2.2. Yer ustidagi yog'inlarni kuzatish.....	116
7.3. Meteorologik ko'rinuvchanlik uzoqligi va uni yomonlashtiradigan hodisalarni kuzatish.....	117
7.4. Qor o'lchash kuzatishlari.....	119
ADABIYOTLAR.....	125

**Yuriy Vasilevich Petrov,
Hamraql Tursunqulovich Egamberdiyev,
Baxtiyar Maxamatjanovich Xolmatjanov,
Muxitdinxan Alautdinov**

METEOROLOGIK AXBOROTLARNI O'LCHASH TIZIMLARI

Oliy o'quv yurtlari uchun darslik

Muharrir To'lg'in Alimov

Badiiy muharrir Alyona Delyagina

Texnik muharrir Yelena Tolochko

Musahhih Gulchehra Azizova

Kompyuterda sahifalovchi Gulbayra Yeraliyeva

Bosishga ruxsat etildi 23. 05. 2009. Bichimi 60×84¹/₁₆ Tayms TAD garniturası.
Shartli b.t. 7.44. Nashr b.t. 7.8. Shartnoma № 28—2009. 500 nusxada. Buyurtma № 2

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. 100129, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30- uy.

«NOSHIR-FAYZ» MCHJ bosmaxonasida chop etildi. Toshkent tumani, Keles shahar, K. G'ofurov ko'chasi, 97-uy.

26.23
M45

Meteorologik axborotlarni o'lchash tizimlari: Oliy o'quv yurtlari uchun darslik/ Yu.V. Petrov, H.T.Egamberdiyev, B.M. Xolmatjanov, M.Alautdinov; O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. —T Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2009—128 b.

I. Petrov Yu.V. va boshq.

BBK 26.23ya73