

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ЎРТА МАХСУС, КАСБ-ҲУНАР ТАЪЛИМИ МАРКАЗИ**

**Ю.В. ПЕТРОВ, Ҳ.Т. ЭГАМБЕРДИЕВ,  
Б.М. ХОЛМАТЖАНОВ, Г.Х. ХОЛБАЕВ**

**3140701 – Метеоролог**

**МЕТЕОРОЛОГИК КУЗАТИШ ИШЛАРИ**

**(ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА)**

**Тошкент-2017**

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Ўрта махсус, каб-хунар таълими марказитомонидан Касб-хунар коллежларининг «Метеоролог» йўналиши бўйича таълим олаётган талабалари учун ўқув қўлланма сифатида тавсия этилган.

УДК 551.501(075.8)

**Такризчилар:** *т.ф.н. Аҳмедова Т.А.*  
*ф.-м.ф.н., доц. Турсунов И.Г.*

**Илмий муҳаррирлар:** *г.ф.н., доц. Эгамбердиев Х.Т.*  
*ф.м.-ф.н., доц. Петров Ю.В.*

Атмосферанинг тузилиши ва хоссаларини ўрганиш ҳозирги вақтда турли ахборот-ўлчаш тизимларини яратишни талаб қилмоқда. Ўқув қўлланмада метеорологик станцияларда қўлланилаётган ер усти ўлчаш тизимининг асосини ташкил этувчи асбоблар ва усуллар баён қилинган. Улар билан бир қаторда яқин келажакда қўлланилиши кутилаётган асбоб ва усуллар тўғрисида зарур бўлган ахборотлар минимуми келтирилган.

Ўқув қўлланма Гидрометеорология касб-хунар коллежининг Метеоролог йўналиши бўйича тахсил олаётган ўқувчиларгаи ҳамда метеорологик асбобларни ишлаб чиқувчи ва улардан фойдаланувчи мутахассисларга мўлжалланган. Амалий геофизиканинг бошқа туташ соҳалари мутахассислари томонидан фойдаланилиши мумкин.

## СЎЗ БОШИ

Атмосфера тадқиқотлари турли метеорологик катталикларни нафақат ер сирти яқинида, балки атмосферанинг турли баландликларида ҳам комплекс ўлчашларга боғлиқ. Ҳозирги вақтда бу мақсадда катор ахборот-ўлчаш тизимлари барпо этилган. Уларга ер усти метеорологик станциялари, атмосферани масофавий ва автоматик зондлаш тизимлари (ралиозондлаш, радиолокацион ўлчашлар, ракета ёрдамида зондлаш ва бошқ.), йўлдош метеорологик тизимлари, оптик локация тизимлари ва бошқалар киради.

Бу тизимларнинг ҳар бири ўз объекти, мақсади, ўлчашларнинг хоссалари ва усуллари ҳамда асбоблар таъминотига эга. Табиийки, битта дасрлик доирасида ўлчаш тизимларининг барча комплексини батафсил ёритиб беришнинг имкони йўқ. Шу сабабли мазкур ўқув қўлланманинг предмети сифатида метеорологик станцияларда ўлчашларни ташкил қилиш танланган. Қўлланмада метеорологик катталикларни стандарт ўлчаш учун мавжуд асбоблар ва усулларнинг физик асослари ёритиб берилган.

Ўқув қўлланма етти бобдан иборат. Кириш қисмида метеорологик ўлчашларнинг хусусиятлари, уларга қўйиладиган талаблар баён қилинган. Метеорологик майдончани ташкил қилиш, ўлчашларнинг муддатлари ва ўтказиш тартиби билан боғлиқ бўлган масалалар кўрилган. Қолган олти бобда ҳаво ҳарорати ва намлиги, ҳаво босими, шамол, актинометрик катталиклар, ёғинлар, булутлилиқ каби метеорологик катталиклар ҳамда баъзи метеорологик ҳодисаларни ўлчашнинг асбоб ва усулларининг физик асослари келтирилган.

Бундан ташқари масофавий ва автоматик ўлчаш тизимларининг кўпайиши ва кенгайиши билан боғлиқ бўлган, метеорологик катталикларни ўлчашнинг яқин келажакда ўз қўлланилишини топадиган усуллари ҳақида маълумот берилади.

Илмий муҳаррирлар: *г.ф.н., доц. Эгамбердиев Х.Т.*  
*ф.м.-ф.н., доц. Петров Ю.В.*

# Ў БОБ. КИРИШ

## 1.1. Курснинг предмети ва вазифалари. Метеорологик кузатишларнинг ўзига хос хусусиятлари

Атмосфера ва тўшалган сиртнинг физикавий ҳолати тўғрисидаги маълумотларни олиш ва уларни узатиш метеорологик катталикларни ўлчашнинг турли хил усул ва воситаларининг қўлланилишига асосланган. Атмосфера ҳолатининг нафақат ер сирти яқинида, балки турли баландликларда акс эттирадиган маълумотларни олиш зарурияти, бир қатор ўлчаш тизимлари ва уларнинг мажмуаларини ишлаб чиқиб, амалда қўлланилишига олиб келди.

*Ўлчаш тизими* деганда ўлчаш асбоблари, маълумотларни узатиш, автоматик қайта ишлаш ва уни муайян шаклда етказиб беришда қўлланиладиган қурилмалар мажмуаси тушунилади. Ҳозирги вақтда Ер усти метеорологик станциялари (масофавий ва автоматик ишлайдиган), атмосферани комплекс зондлаш тизимлари (радиозонд, ракета ёрдамида зондлаш ва бошқалар), йўлдош метеорологик тизимлари, атмосферани оптик локациялаш тизимлари ва бошқалар барпо этилиб, фаолият кўрсатмоқда.

Мазкур фаннинг предмети стационар метеорологик станцияларда ер устидаги кузатишларни ташкил қилиш ва ўтказишни ўрганишдан иборат. Бунга мувофиқ икки асосий масала ҳал қилинади:

- метеорологик станцияларда қўлланиладиган асбоб ва қурилмаларнинг физик асосларини ўрганиш;
- кузатиш усуллари ва ўлчанган маълумотларни қайта ишлаш усуллари ўрганиш.

Метеорологик кузатишларни ўтказиш қуйидаги ўзига хос хусусиятларга боғлиқ.

1. Атмосфера ўзининг физикавий табиатига кўра турбулент муҳитдир. Шу сабабли унинг тузулишини ва хоссаларни ўрганиш учун метеорологик катталикларнинг нафақат ўртачаланган қийматларини, балки уларнинг пульсацион характеристикаларини ҳам ўлчаш зарур. Метеорологик станцияларда метеорологик катталикларнинг ўртача қийматлари фақат маълум вақт оралиғи учун ўлчанади (ҳарорат, намлик, шамол ва бошқалар).

2. Метеорологик катталикларни ўлчаш уларнинг ўзгаришларига таъсирчан махсус қурилмалар (датчиклар) ёрдамида ўтказилади. Масалан, ҳаво ҳарорати суюқликли, деформацион ёки бошқа турдаги термометрлар ёрдамида ўлчанади. Лекин, бу датчиклар нафақат муҳит ҳароратини, балки бошқа омиллар таъсирида (радиацион оқимлар, ёғин пайтида ҳўлланилиши ва бошқалар) ҳам бўлади ва улар датчик ҳароратини ўзгартириши мумкин. Бу таъсирлардан қутилиш учун турли хил химоя чоралари қўлланилади. Буларга психрометрик будкалар, аспирацион психрометрлар ва радиозонд датчикларининг радиацион химоялари, ёғин ўлчагичларнинг жалюзи шаклидаги химоялари ва бошқалар киради.

3. Метеорологик асбоблар ҳар қандай иқлимий ва об-ҳаво шароитларида ишлаши лозим. Шу билан бир вақтда улар содда, ишлатишга қулай ва арзон бўлиши зарур.

## 1.2. Метеорологик кузатишларга қўйиладиган талаблар

Метеорологик кузатишларнинг сифати қатъий қўйилган талабларга жавоб бериши лозим. Бу талабларга характерлилик (репрезентативлик), узлуксизлик, ишончлилик, биржинслилик, аниқлик ва таққосланувчанликлар киради.

Кўрилаётган ҳудуд учун характерли бўлган физик-географик шароитларда ўтказилган кузатишлар *репрезентатив* ҳисобланади. Демак, кузатишлар нафақат ўлчаш жойи учун, балки шу станция атрофидаги ҳудуд учун ҳам кўргазмалли (характерли) бўлиши керак.

Кузатишлар *узлуксиз* бўлиши шарт, чунки бирор кузатиш муддатида ўлчашлар олиб борилмаса, метеорологик маълумотларнинг кадри анчагина пасаяди. Кузатишларнинг узлуксизлиги асосий кузатиш муддатларининг оралиғида ҳам атмосфера ҳолатини аниқлашни кўзда тутади.

Кузатишларнинг *ишончлигига* метеорологик катталикларни ўлчаш ва қайта ишлашда қўлланиладиган усуллардан тўғри фойдаланиш ва регламент ишларни ўз вақтида (қатъиян белгиланган вақтда) ўтказиш орқали эришилади. Бундан ташқари, кузатувчи метеорологик катталикларни сохталаштирмасдан, кузатишларни виждонан олиб бориши кўзда тутилади.

Кузатишларнинг *биржинслилиги*, барча метеорологик станцияларда ягона кузатиш усуллари ва бир хил кузатиш воситаларининг қўлланилишини аниқлатади. Метеорологик маълумотларнинг биржинслилиги станция жойлашган жойдаги шароитларнинг қай даражада бир хилда сақланишига ҳам боғлиқ.

Кузатишларнинг *таққосланувчанлиги* деганда барча кузатиш воситаларини эталонларга келтириш, шунингдек кузатиш асбобларини вақтида текширишдан (эталон асбоб билан таққослаб, унинг кўрсатмаларини эталон асбоб кўрсатмаларига мувофиқлаштириш) ўтказилиши тушинилади.

Кузатишларнинг *аниқлиги* ҳар бир метеорологик катталик учун ўрнатилади ва муайян ўлчаш тизимининг *сезгирлиги* билан аниқланади.

Кузатишлар аниқлиги датчикнинг *инерциясига*, яъни муҳит параметрларининг ўзгаришларини датчик орқали қабул қилиш тезлигига ҳам боғлиқ. Барча контакт термометрлари, уларнинг атроф-муҳит билан (ҳаво, тупроқ, сув) иссиқлик алмашинуви мукамал бўлмаганлиги сабабли юзага келадиган иссиқлик инерциясига эга. Асбоб инерциясининг мавжудлиги, ҳаво ҳароратини керакли аниқлик билан ўлчаш учун термометрни шу муҳитда бир оз вақт, яъни асбобнинг ҳарорати ўлчанаётган муҳитнинг ҳароратига тенглашгунча, ушлаб туриш заруратини туғдиради. Бу вақт датчикнинг физикавий хусусиятларига (ўлчагичнинг массаси, иссиқлик алмашилиш юзаси ва бошқалар) ва кузатишнинг дастлабки шароитларига (датчик ҳарорати ва атроф-муҳит ҳарорати орасидаги дастлабки фарқ)

боғлиқ. Термометрларнинг иссиқлик инерцияси *инерция коэффициенти* билан характерланади.

Деформацион гигрометрлар, ҳавонинг ҳарорати ва намлигига боғлиқ бўлган инерцияга эга. Шамол тезлигини ўлчайдиган асбоблар (ротоанемометрлар) механик инерцияга эга.

### 1.3. Метеорологик майдонча

*Метеорологик майдонча* – бу ер сиртидаги махсус жиҳозланган майдончадир. Бу майдонча мазкур ҳудуд учун репрезентатив, очик, текис ва горизонтал жойда жойлашган бўлиши керак. Майдончада метеорологик асбоблар маълум тартибда ўрнатилади. Майдончанинг ўрни танланганда атрофдаги ҳудуднинг ривожланиш истиқболлари ҳисобга олиниши лозим. Масалан, метеорологик майдончага яқин жойда кўп қавватли бинолар ёки саноат иншоотларининг қурилиши бошланса, бу келажакда метеорологик кузатишларнинг биржинслилигини бузади.

Метеорологик майдончанинг ўрни танлангандан сўнг, у тўртбурчак шаклида қурилиб, унинг томонлари шимолдан жанубга ва шарқдан ғарбга йўналган бўлиши шарт. Майдончанинг стандарт ўлчамлари 26 м × 26 м бўлиши керак. Тўлиқсиз кузатув дастурли станцияларда (табiiй қоплам чуқурлиги остидаги тупроқ ҳароратини кузатмайдиган) майдончани 20х16 м гача кичрайтириш рухсат этилади (1.1-расм).

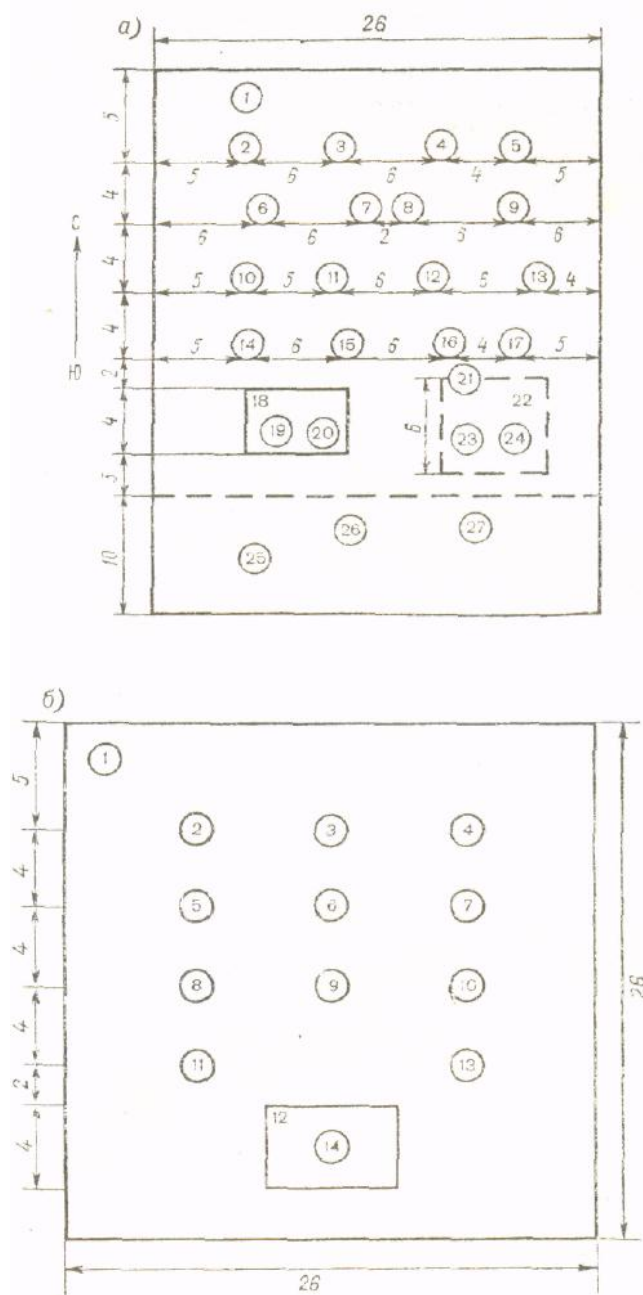
Метеорологик майдончанинг атрофи албатта ўрилган бўлиши керак. Панжара симли тўрдан ясалган бўлиб, ерда бетонланган тиргакларга тортилади. Ёғоч девор, четан девор, ўсимлик девори ва қозик деворлардан панжара яшаш қатъиян таъқиқланади. Бундай панжаралар ҳаво ўтишига тўсқинлик қилиб, асбоб кўрсаткичларидаги ҳатоликларга олиб келади. Қулфланадиган эшик панжаранинг шимолий томонида ўрнатилиши керак.

Майдончада асбоб ва усканаларнинг тўғри жойлаштирилиши ишнинг муҳим ва маъсулиятли босқичидир. Пастроқда жойлатирилган асбобларга юқорироқда ўрнатилган қурилмалардан соя тушмаслиги учун, энг баландлари майдончанинг шимолий томонида, пастроқлари – жанубий томонда ўрнатилади. Масалан, майдончанинг шимолий қисмида анеморумбографлар ва масофавий ўлчаш (дистанцион) станцияларининг миноралари ўрнатилади. Кейинги қаторга психрометрик будка, ўзиёзарлар ва плювиограф учун будка жойлаштирилади. Учинчи қаторни ёғинўлчагич, булутлилик баландлигини ўлчагичи ва гелиограф эгаллайди. Майдончанинг жанубий қисмида тупроқ термометрлари ва Савинов термометрлари ўрнатилади.

Агар майдончада актинометрик кузатишлар ҳам ўтказилса, унда актинометрик асбоблар майдончанинг жануби-шарқ қисмида ўрнатилади.

Майдончадаги бинода босимни ўлчовчи асбоблар (симобли барометр, анероид, барограф) ва автоматик асбобларнинг (анеморумбограф, дистанцион станция) қайд қилиб борувчи қисмлари жойлашган бўлади.

Айнан шу ерда кузатиш натижаларини қайта ишлаш учун керак бўлган сертификатлар, жадваллар ва ҳ.к. ва Булутлар атласи сақланади.



1.1-расм. Асбоб-ускуналар ва қурилмаларни метеорологик майдончада жойлаштириш режаси.

а-кузатувлар тўлиқ дастури: 1-станциянинг геодезик репери; 2-енгил доскали флюгер; 3-анеморумбометр датчиги (анеморумбограф); 4-оғир доскали флюгер; 5-яхмалак станогии; 6-психрометрик будка; 7-қор ўлчаш рейкаси; 8-захирадаги психрометрик будка; 9-ўзиёзар асбоблар учун будка; 10-КМУ ни ўлчаш учун будка (масалан, М-53 асбобини ўрнатиш); 11-ёғин ўлчагич; 12-плювиограф; 13-ёғин ўлчагичнинг захира устуни (қор қоплами устига ўрнатиш учун) 14-қор ўлчови учун рейка; 15-гелиограф; 16-ледоскоп; 17-шудринг ўлчаш асбоби; 18-ер усти (19) ва Савинов тирсакли термометрларини (20) ўрнатиш учун очик майдон; 21-қор ўлчаш рейкаси; 22-

ер чуқурлиги термометрларини (23) ва ер музлашини ўлчаш асбобини (24) ўрнатиш учун табиий қопламли ер майдони; 25-вертикал градиентларни ва ҳаво намлигини ўлчаш асбоби; 26-шамол тезлигининг баландлик сари ўзгаришини ўлчаш асбоби; 27-актинометрик қурилма (асбобли устун);

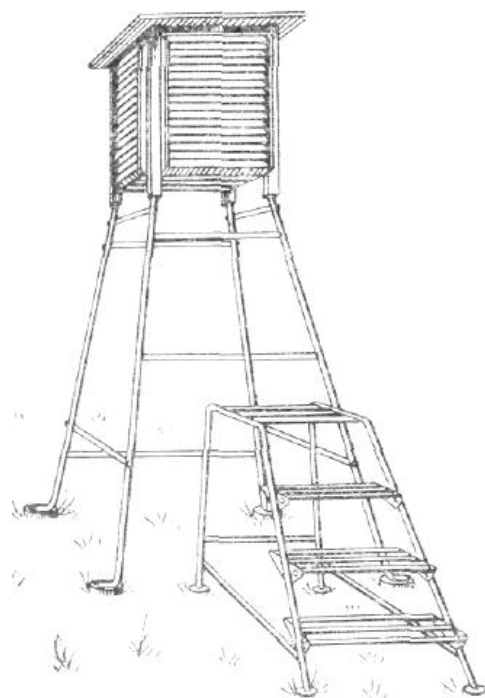
б-кузатувларнинг қисқартирилган дастури: 1-станция геодезик репери; 2-енгил (оғир) доскали флюгер; 3-анеморумбометр; 4-яхмалак станогни; 5-психрометрик будка; 6-қор ўлчаш рейкаси; 7-захирадаги психрометрик будка; 8-ёғин ўлчагич; 9-плювиограф; 10-ёғин ўлчагич учун устун; 11, 13-қор ўлчаш рейкалари; 12-ер усти термометрлари учун очик майдон; 14-ер усти термометрлари.

Метеорологик майдончанинг муҳим объектларидан бири психрометрик будкадир (1.2-расм).

*Психрометрик будка.*

Психрометрик будка ўлчамлари 29×46×59 см га тенг бўлган шкафдир. Унинг ён деворлари жалюзи шаклида ишланган икки қатор қия жойлаштирилган ёғочлардан иборат. Ён деворлардан биттаси эшикдир. Будка горизонтал шифтга эга, унинг усти том билан ёпилган. Томнинг ўлчамлари шифтнинг ўлчамларидан катта, унинг нишаби жануб томонга йўналган. Будканинг таглиги учта алоҳида қоқилган ёғочдан иборат бўлиб, ўртадагиси ёнидагилардан баландроқ жойлашган бўлади. Тагликдаги ёғочларнинг орасида тирқишлар қолдирилган. Жалюзи шаклидаги ён деворлар ва тагликдаги тирқишлар асбобларга ҳавонинг эркин етиб келишини (вентиляция) таъминлайди. Яхши вентиляция фақат шамол эсганда кузатилади, шамолсиз шароитда будкадаги ҳаво тўхтаб қолади.

Психрометрик будкада термометрлар радиацион таъсирлардан ҳимояланган бўлади. Будканинг таглигидаги ёғоч асос шундай ўрнатиладики, унинг ичидаги термометрларнинг баландлиги ер сиртидан 2 м бўлиши керак. Будканинг эшиги шимолга қараши керак. Кузатиш пайтида эшик очилганда, тўғри қуёш нурлари термометрларга тушмаслиги учун шундай қилинади. Будканинг сирти, ичи, асоси ва зинаси оқ мойли бўёққа бўйлади.



1.2-расм. Жиҳозли ҳимоя будкаси.

#### 1.4. Кузатишлар муддати ва тартиби

Ҳозирги вақтда метеорологик кузатишлар Ер шарининг барча станцияларида суткасига 8 марта Гринвич вақти билан 00 соатдан (Тошкент



маҳаллий вақти 05 соат бўлади) бошлаб ўтказилади. Демак, кузатиш муддатлари Гринвич вақти бўйича 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 соатларга тўғри келади. Актинометрик кузатишлар ўртача Куёш вақти бўйича 00 соат 30 мин, 06 соат 30 мин, 09 соат 30 мин, 12 соат 30 мин, 15 соат 30 мин ва 18 соат 30 мин муддатларда ўтказилади.

Ҳавонинг ҳарорати метеорологик катталиклар ичида энг муҳими ва вақт бўйича энг ўзгарувчани бўлганлиги учун, уни ўлчашлар қатъий белгиланган вақтларда ўтказилиши лозим. Кейин тупроқ термометрларидан ҳисоблар олинади, сўнгра психрометрик будкада ўрнатилган ўзиёзарлар – термограф ва гигрографлар тасмаларида ёзувлар қўйилади. Булутлар, об-ҳаво ҳодисалари ва намлик устидан кузатишлар олиб борилади. Станция биносидан автоматик асбоблар ва барометрлардан ҳисоблар олинади.

### 1.1- жадвал

#### Турли вақт минтақаларида Гринвич ва минтақавий декрет (қишки) вақт бўйича кузатувлар муддати ўртасидаги нисбат

Вақт минтақаси рақами	Минтақавий декрет (қишки) ва Гринвич вақти орасидаги тафовут, с	Метеорологик сутканинг бошланиши	Ҳар бир сутка учун биринчи кузатув муддати	Минтақавий декрет вақтига энг яқин кузатув муддати		Юза ҳолати устидан кузатув муддати		Ёғинлар миқдорини ўлчаш муддати
				8	14	туп-рок	қор	
II	0	21	0	9	15	6	9	6, 9, 18, 21
III	+1	18	21	6	15			
IV	+2	18	21	6	15	6	6	6, 18
V	+3	18	21	6	12			
VI	+4	15	18	3	12			
VII	+5	15	18	3	12	3	3	3, 15
VIII	+6	15	18	3	9			
IX	+7	12	15	0	9			
X	+8	12	15	0	6	0	0	0, 12
XI	+9	12	15	0	6			
XII	+10	9	12	21	3	21	21	21, 9

Асбоблар ёрдамида ўлчанган ва визуал кузатишлар натижалари махсус метеорологик кузатишлар китобчасига (КМ-1) ёзилади. Ўлчашларни қайта ишлаш психрометрик жадвал ва асбобларга киритиладиган тузатмалар жадвали ёрдамида бажарилади.

Актинометрик ўлчашлар махсус китобчага (КМ-12) киритилади. Ўлчанган катталиклар ўтказиш коэффициентлари ёрдамида нисбий қийматлардан мутлақ қийматларга айлантирилади, керак бўлган катталиклар ҳисобланади.

### **Назорат саволлари**

- 1. Ўлчаш тизимлари нима? Мавжуд метеорологик ўлчаш тизимларини айтиб беринг.*
- 2. Метеорологик ўлчашларнинг ўзига хос хусусиятлари нимада?*
- 3. Кузатишнинг репрезентативлиги нима? Мисол келтиринг.*
- 4. Метеорологик кузатишлар нима учун узлуксиз бўлиши керак?*
- 5. Метеорологик кузатишларнинг ишончлигини қандай тушунасиз?*
- 6. Метеорологик кузатишларнинг биржинслилиги ва таққосланувчанлиги нимага боғлиқ?*
- 7. Метеорологик ўлчовларда сезгирлик ва аниқлик қандай рол ўйнайди?*
- 8. Стандарт метеорологик майдончанинг ўлчамлари қандай?*
- 9. Метеорологик майдончада асбоблар қандай тартибда жойлаштирилади?*
- 10. Метеорологик ва актинометрик кузатишлар қандай муддатларда олиб борилади?*
- 11. Метеорологик станциядаги бинода қандай асбоблар жойлаштирилади?*
- 12. Метеорологик ва актинометрик кузатишлар натижалари қаерга ёзилади?*

## **II БОБ. МУҲИТ ҲАРОРАТИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ**

### **2.1. Табиий шароитда ҳароратни ўлчашнинг ўзига хос хусусиятлари**

Табиий шароитда ҳароратни ўлчаш қуйидаги хусусиятлар билан ажралиб туради.

Биринчидан, асосий ўлчаш объектларининг ҳарорати одатда нисбатан мураккаб қонунлар бўйича ўзгаради. Уларнинг вақт бўйича тебранишлари мунтазам эмас, уларнинг частота ва амплитуда спектрлари анча кенг. Шу сабабли алоҳида ўлчашларда ҳам, маълум вақт оралиғи учун ўлчаш маълумотларини ўртачалаштиришда ҳам термометрлар инерциясини ҳисобга олиш анча қийинлашади.

Иккинчидан, ўлчашлар қуёшдан, атмосферадан, тўшалган сиртдан ва атроф-муҳит жисмларидан келаётган интенсив радиация оқими мавжудлигида амалга оширилади. Бунинг натижасида термометрлар сезгир элементларининг сезиларли радиацион исиши ёки радиацион совиши юзага келиши мумкин.

Учинчидан, самолётлар, ракеталар ва бошқалар ёрдамида амалга ошириладиган ўлчашларда тезлик сабабли термометрларнинг исиши юзага келади.

Ниҳоят, булутлар, туманлар, ёғинлар ичидаги ўлчашларда кўпинча термометрларнинг ҳўлланиши содир бўлади, сувнинг ўта совиши – муз билан қопланишнинг юзага келиши ўлчанаётган муҳит ва термометр ҳароратлари орасида қўшимча фарқнинг пайдо бўлишига олиб келади.

### **2.2. Термометрларнинг иссиқлик инерцияси**

Термометрларнинг кўрсаткичи ўлчанаётган муҳит ҳароратига доимо маълум кечикиш билан тенглашади. Бу икки сабабга боғлиқ.

Биринчидан, бирламчи ўлчагич ўзгартиргичи ва муҳит орасидаги иссиқлик алмашилиши маълум чекли тезлик билан содир бўлади. Шунинг учун датчик ҳароратининг ўзгариши доимо муҳит ҳарорати ўзгаришининг ортидан улгириб бориши учун маълум вақт талаб қилинади.

Иккинчидан, датчикнинг реакцияси кўрсатувчи асбобнинг шкаласига ёки стрелкасига дарҳол етиб бормади, балки бутун ўлчов тизимининг хусусиятига боғлиқ ҳолда биров кечикиб етиб боради.

Термометр датчиги билан муҳит орасидаги иссиқлик алмашилишининг номукамаллигига боғлиқ бўлган инерция термометрларнинг *иссиқлик инерцияси* деб аталади. Тўғри ясалган термометрнинг ҳам механик, ҳам электромагнит инерциялари нисбатан кичик, асбобнинг инерцияси эса амалда датчикнинг иссиқлик инерцияси билан белгиланади.

Термометрнинг иссиқлик инерцияси хусусиятларини белгиловчи, термометрнинг тадқиқ қилинаётган муҳит билан иссиқлик алмашилиши шароитларини кўриб чиқамиз. Термометрнинг муҳит билан иссиқлик

алмашилиши шароитларини аналитик тадқиқ қилишда туташ иссиқлик алмашилишини (кондукция ва конвекция) Ньютон қонунидаги йиғинди иссиқлик узатиш коэффиценти  $\alpha$  билан ҳарактерлаймиз.

Конвектив иссиқлик алмашилиши табиий шароитларда (камдан-кам ҳоллардан ташқари) асосий рол ўйнайди (бундан кейин фақат у ҳақида гапирилади).

Радиацион иссиқлик алмашилиши вақт бирлигида датчикнинг бирлик юзасига нисбатан барча радиацион оқимлар фарқларининг қиймати (радиация баланси  $B$  деб номланган) билан ҳарактерланади.

Термометр деганда  $m$  масса,  $c$  солиштирма иссиқлик сиғими,  $T$  ҳарорат,  $S$  муҳит билан иссиқлик бўйича туташган майдон,  $S'$  радиацион иссиқлик алмашилиши кечадиган майдонга эга бўлган термометрик жисм тушинилади. Термометр жойлаштирилган муҳит ҳароратини  $\theta$  деб белгилаймиз. У ҳолда бирлик вақт ичида термометрга келаётган йиғинди иссиқлик оқими қуйидаги формула билан аниқланади:

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

бу ерда  $\alpha$  – иссиқлик алмашилиши коэффиценти.

Амалий ҳисоб-китобларда одатда майдон бўйича  $\alpha$ ,  $T$ ,  $B$  ларнинг ўртача қийматлари билан иш кўришимиз мумкин. У ҳолда, ўртачалаштириш белгиларини тушириб қолдириб,

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

га эга бўламиз.

Шу билан бир вақтда термометрдаги ҳарорат майдонини градиентсиз деб ҳисоблаб, қуйидагича ёзишимиз мумкин:

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

(2.2) ва (2.3) даги  $dQ$  катталиқни тенглаштириб,

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

га эга бўламиз.

$\frac{ms}{\alpha S} = \lambda$  белгилашни киритамиз. Вақт ўлчамига эга бўлган бу катталиқ, одатда термометрларнинг *инерция коэффиценти* деб аталади. Киритилган белгини ҳисобга олсак, (2.4) тенглама қуйидагича ёзилади:

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

Радиацион иссиқлик алмашиниши йўқ, деб фараз қилайлик. Унда тенглама қуйидагича ёзилади:

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

Бу ҳолда инерция коэффициенти муҳит ва термометр орасидаги ҳароратни ўлчаш тезлиги билан аниқланади.

Бошланғич  $T_0$  ҳароратга эга бўлган термометр,  $\theta$  доимий ҳароратга эга бўлган муҳитга киритилган энг оддий мисолни кўрамиз. Агар термометр ва муҳит хусусияти тажриба мобайнида ўзгармаса, унда  $\lambda = const$  бўлади ва (2.6) ни вақт бўйича 0 дан  $\tau$  гача, термометр ҳарорати бўйича  $T_0$  дан  $T$  гача интеграллаб қуйидагига эга бўламиз:

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

Шундай қилиб, вақт ўтиши билан термометр ҳарорати муҳит ҳароратига монотон яқинлашиб боради. Инерция коэффициенти қанча кичик бўлса, бу жараён шунча тез кечади.  $\lambda = 0$  бўлган чегарада иссиқлик инерцияси ходисаси йўқолади ва термометрнинг ҳарорати вақтнинг ҳар қандай моментидан муҳит ҳароратига тенг ( $T = \theta$ ) бўлади.

Агар  $\tau = \lambda$  бўлса, унда  $(T_0 - \theta)/(T - \theta) = e$ . Бундан иссиқлик инерцияси коэффициенти бу шундай вақтки, агар муҳит ҳарорати ўзгармас бўлса, бу вақт мобайнида термометр ва муҳит орасидаги бошланғич фарқ  $e$  марта камаяди, деган хулоса келиб чиқади.

(2.7) дан кўринадики,  $\lambda \neq 0$  бўлганда термометр ва муҳит ҳароратлари фақат  $\tau \rightarrow \infty$  бўлгандагина тенг бўлади  $T = \theta$ . Олинган натижадан ҳароратни аниқ ўлчашнинг мумкинлиги инкор қилинаётгандай туюлади. Бироқ ҳар қандай ўлчаш, у ҳар қанча аниқ деб аталмасин, олдиндан берилган маълум хатолик билан бажарилади. Ўлчашнинг бошланишида бу хато термометр ҳарорати ва муҳитнинг қидирилаётган ҳарорати орасидаги фарқдан доимо катта бўлиши керак.

### 2.3. Суюқликли термометрлар

Суюқликли термометрлар муҳит ҳарорати ўзгарганда суюқлик ҳажмининг ўзгариши принципига асосланган. Термометрик суюқлик сифатида симоб ёки спиртдан фойдаланилади. Симоб (Hg)  $-38,9^\circ\text{C}$  да музлайди,  $356,9^\circ\text{C}$  да қайнайди. Этил спирти ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )  $-117,3^\circ\text{C}$  да музлайди,  $78,5^\circ\text{C}$  да қайнайди. Бу маълумотлардан кўринадики, манфий паст

хароратларни ўлчашда спирт, мусбат юқори хароратларни ўлчашда симоб қўлланилади.

Барча суюқликли термометрлар уч асосий қисмдан ташкил топган: термометрик суюқлик билан тўлдирилган ва юқори қисмида капиллярга ўтиб кетувчи шиша резервуар; бўлимларга бўлинган шиша шкала; шишали ҳимоя найчаси.

Шкалаларининг тузилишига кўра термометрлар икки турга бўлинади: ўрнатиладиган шкалали ва чизилган шкалали.

Ўрнатиладиган шкала сут рангли шишадан тайёрланиб, термометр ичига қимирламайдиган қилиб ўрнатиб қўйилади, яъни унинг бир томони махсус эгарчага ўтказилади, иккинчи томони қопқоққа мустаҳкамланган пружинага маҳкамланади. Термометрнинг шишали ингичка капилляри бу шишага зич қилиб ўрнатилади. Чизилган шкалали термометрларда шкала калин деворли капиллярнинг ташқи томонига чизилади.

Ҳозирги вақтда метеорологияда икки хил харорат шкалалари қабул қилинган: халқаро амалий харорат шкаласи (ХАҲШ-68) ва термодинамик шкала. ХАҲШ-68 бўйича харорат градусларда ( $^{\circ}\text{C}$ ) ўлчанади, термодинамик шкалада эса Кельвинларда ( $K$ ) ўлчанади. Харорат қийматларини бир шкаладан бошқасига ўтиш қуйидаги формула ёрдамида амалга оширилади:

$$\begin{aligned}t^{\circ}\text{C} &= T(K) - 273.16 \\ T(K) &= 273.16 + t^{\circ}\text{C}\end{aligned}\tag{2.8}$$

АҚШ ва бошқа айрим давлатларда метеорологик ўлчовларда Фаренгейт шкаласидан фойдаланилади. ХАҲШ-68 дан Фаренгейт шкаласига ва аксинча ўтиш қуйидаги формулалар ёрдамида амалга оширилади:

$$\begin{aligned}t^{\circ}\text{F} &= \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32 \\ t^{\circ}\text{C} &= \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)\end{aligned}\tag{2.9}$$

Барча метеорологик термометрлар бўйича ҳисоб олиш  $0,1^{\circ}\text{C}$  аниқлик билан амалга оширилади.

*Термометрларнинг тузатмалари.* Хар бир термометр ишлаб чиқарилгандан сўнг асбобларни текшириш Марказий бюросида нормал термометр – эталон билан таққосланади. Асбобни текшириш натижасида асосий тузатмалар аниқланади ва улар махсус текшириш гувоҳнома (сертификат)ларига киритилади. Сертификатларда асбобни текшириш жойи ва вақти, ҳамда асбобнинг ўзига ҳам ёзиб қўйиладиган асбобни текшириш тартиб рақами кўрсатилади. Термометр кўрсаткичларидаги хатоликлар қуйидаги сабаблар натижасида юзага келади:

- 1) капиллярнинг қатъий цилиндр эмаслиги;
- 2) турли хароратларда суюқлик ҳажмининг бир хил ўзгармаслиги;

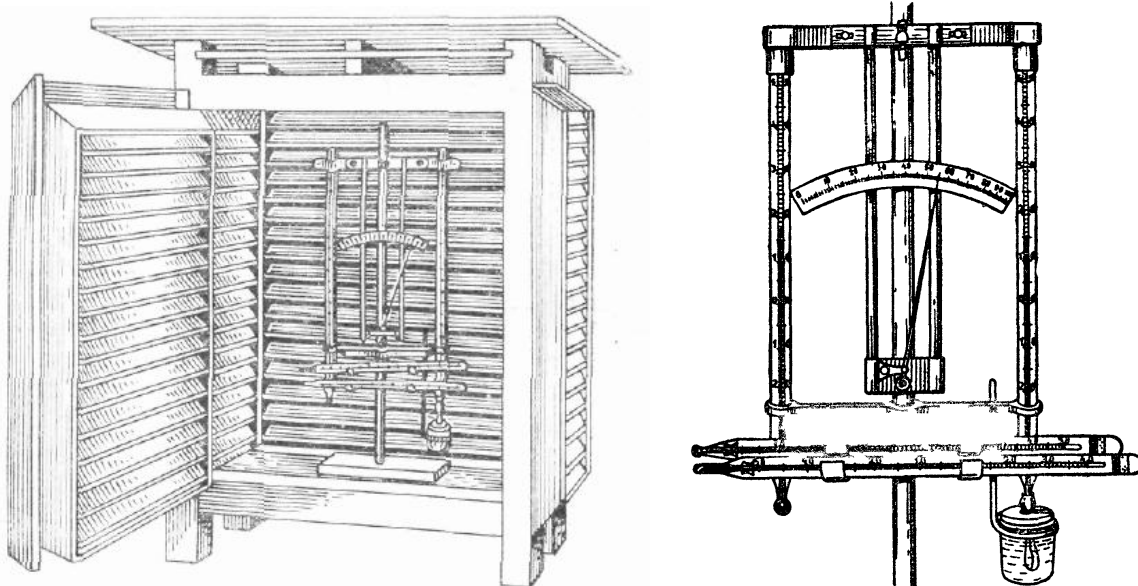
- 3) шкалаларга бўлишнинг ноаниқлиги;
- 4) шишанинг қайта кристалланиши (эскириши).

Суюқликли термометрларнинг *сезгирлиги* уларнинг муҳим характеристикаси ҳисобланади. У ҳарорат  $1^{\circ}\text{C}$  га ўзгарганда шкаланинг бир градусга тенг узунлигининг (*мм* ларда) ўзгариши билан (*мм/град*) характерланади.

Суюқликли термометрларнинг сезгирлиги термометр резервуари ҳажми ва суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентига тўғри ва капилляр кесим юзасига тескари пропорционал.

*Ҳаво ҳароратини ўлчаш учун термометрлар.*

Ҳаво ҳароратини ўлчашда *суюқликли термометрлардан* фойдаланилади. Метеоролик станцияларда ҳаво ҳарорати намлик характеристикаларини аниқлаш учун мўлжалланган станцион психрометрнинг қуруқ термометрлари бўйича ўлчанади. Станцион психрометр психрометрик будканинг ичига ўрнатилади (2.1-расм).



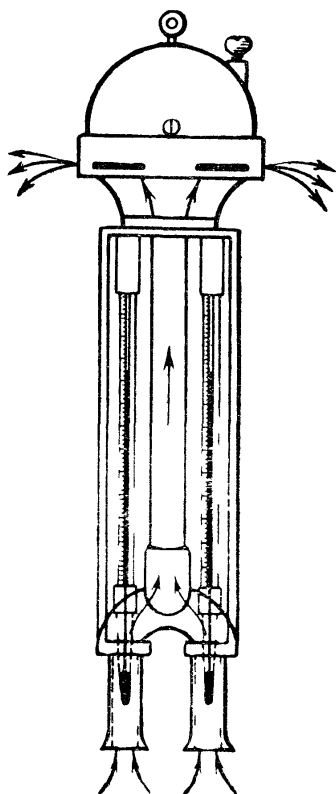
2.1-расм. Термометрларнинг психрометрик будканинг ичига ўрнатилиши

*Психрометрик термометрлар* бўлимлари қиймати  $0,2^{\circ}\text{C}$  бўлган, ўрнатилган сут ранг шишали шкалага эга. Ҳисоб  $0,1^{\circ}\text{C}$  аниқлик билан амалга оширилади. Бу термометрлар жуда сезгир ва кичик инерцияли. Термометр резервуари шар шаклига эга. Ҳимоя найчаси юқори қисмида илгакли металл қалпоқчага эга. У термометрни ўрнатиш учун хизмат қилади.

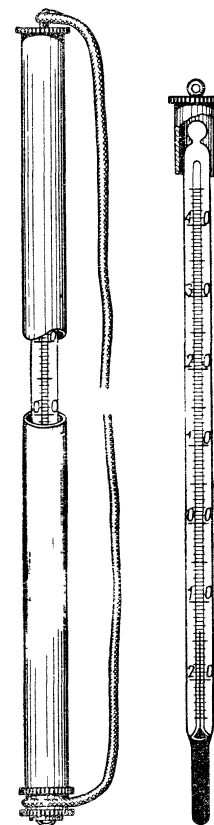
Психрометрик термометрлар турли оралиқдаги шкалалар билан ишлаб чиқарилади: симобли ( $+41$  дан  $-35^{\circ}\text{C}$  гача) ва симоб-талиийли ( $+35$  дан  $-55^{\circ}\text{C}$  гача). Охириги термометр ҳаво ҳарорати паст бўлган ҳудудларда ишлатилади.

Дала шароитида ҳаво ҳароратини ўлчаш учун *аспирацион психрометрнинг қуруқ термометри* ва *прайч-термометрдан* фойдаланилади.

Аспирацион психрометрнинг термометри симобли бўлиб, бўлимлар қиймати  $0,2^{\circ}\text{C}$  га тенг бўлган ўрнатилган сутранг шишали шкалага эга (2.2-расм). Станцион психрометрик термометрдан у ўлчамларининг кичиклиги ва резервуарининг шакли билан фарқ қилади. Бу термометр аспирацион психрометрнинг бир қисми ҳисобланади ва дала шароитида ҳаво ҳарорати ва намлигини ўлчаш учун хизмат қилади. Симобли чизилган шкалалари пращ-термометр қалин деворли, ингичка капиллярнинг охири шиширилган резервуардан ташкил топган (2.3-расм). Олдинги ташқи томонида шкала чизилган. Ҳисоб олиш қулай ва тез бўлиши учун термометрнинг қарама-қарши девори сутранг шиша билан қопланган, бўлимлар қиймати  $0,5^{\circ}$  га тенг. Термометрнинг юқори қисми шарча билан тугайди, бу шарчага боғич боғланади. Ҳаво ҳароратини ўлчашда термометр боғич ёрдамида узатилган кўл баландлигидаги горизонтал текислик бўйича айлантирилади. Термометр ҳаво ҳароратини қабул қилиши учун икки-уч даҳиқа мобайнида айлантириш тавсия этилади. Сўнгра боғич кўрсаткич бармоққа ўралади ва дарҳол ҳисоб олинади.



2.2-расм. Аспирацион психрометрда ҳавонинг ҳаракатланиш схема

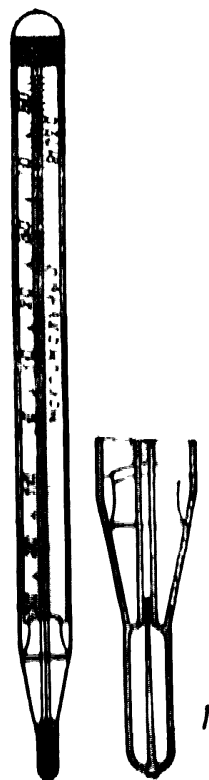


2.3-расм. Пращ-термометр кутиси ва боғичи билан

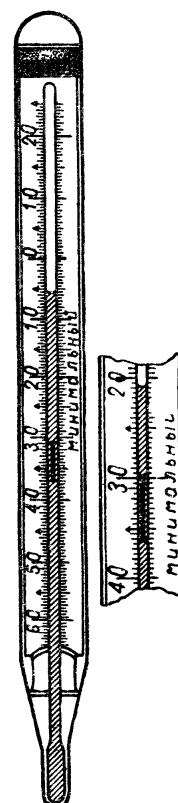
Ҳавонинг максимал ва минимал ҳароратини ўлчаш учун тупроқ юзасининг максимал ва минимал ҳароратини ўлчашда қўлланиладиган термометрлардан фойдаланилади (2.4-, 2.5-расмлар). Бу термометрлар психрометрик будканинг ичидаги штативга горизонтал ҳолатда ўрнатилади. Максимал термометр ўзаги (штифти) бўйича ҳисоб олишда асбоб тузатмасидан ташқари яна кўшимча тузатма киритилади. У спиртнинг



қисман буғланиши ва капиллярнинг юқори қисми деворларида конденсацияланиши сабабли киритилиши зарур. Буғланиш натижасида резервуардаги спирт камаяди ва термометрнинг кўрсаткичи пасайган бўлиб қолади. Қўшимча тузатма қуйидаги усулда аниқланади: ҳар куни 9 ва 12 соатлардаги кузатишлар бўйича психрометрик термометр ва минимал термометр спирти кўрсаткичларининг фарқи топилади. Сўнгра бу фарқларнинг ўртача ойлик қиймати ҳисоблаб топилади ва бу қўшимча тузатманинг сон қиймати бўлади. Минимал термометрнинг ўзаги бўйича ҳар кунги ҳисобларга ҳар ойда бир марта тузатма киритилади.



2.4-расм. Максимал термометр



2.5-расм. Минимал термометр

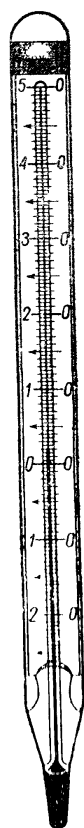
*Тупроқ ҳароратини ўлчаш учун термометрлар.*

Метеорологик станцияларда тупроқ юзаси ҳароратини ўлчаш учун *муддатли, максимал ва минимал термометрлар* қўлланилади. Бу термометрлар 4x6 метрли очиқ майдончада биргаликда ўрнатилади. Улар резервуарининг ярми тупроққа зич ёпишиб туриши, қолган ярми эса тупроққа ботирилмаган бўлиши зарур. Майдонча ўт-ўландан тозаланган, юмшатирилган бўлиши керак. Қор қоплами мавжуд бўлганда уччала термометр қор устида жойлаштирилади.

*Тупроқ усти муддатли термометри* – бу ўрнатирилган шкалали симобли термометр дир. Шкала бўлимлари қиймати  $0,5^{\circ}$  (2.6-расм). Термометр резервуари одатда цилиндр шаклига эга. Бу термометр бўйича кузатиш маълумотлари муддат соатларидаги ҳисоб кўрсаткичларига киритилади.

*Максимал термометр* – кузатиш муддатлари орасидаги вақтдаги энг юқори ҳароратни ўлчаш учун хизмат қилади. У симобли сутранг шиша шкалали термометр. Ҳарорат шкаласининг бўлимлари қиймати  $0,5^{\circ}$  бўлиб,

резервуари цилиндр ёки шар шаклида бўлиши мумкин. Шкала чегаралари  $-36^{\circ}$  дан  $+51^{\circ}$  гача ёки  $-21^{\circ}$  дан  $+71^{\circ}$  гача бўлади. Максимал термометр резервуарининг тагига конуссимон шиша найча кавшарланган, унинг юқори қисми капилляр ичига чиқади. Шунинг учун капиллярнинг бошланишида симобнинг капиллярдан резервуарга эркин тушишига тўсқинлик қиладиган торайиш юзага келади. Ҳарорат ортганда симоб иссиқлик кенгайиши таъсири остида итарилиб, торайган жойдан капиллярга ўтади. Ҳарорат пасайганда симоб капиллярдан резервуарга қайтиб ўта олмайди, чунки симоб заррачалари орасидаги бир-бирига тиркалганлик кучи термометрнинг торайган жойидаги ишқаланиш кучини енгишга етмайди ва шунинг учун жойда симобнинг узилиши юз беради. Капиллярда қолган симоб устуни маълум вақт оралиғидаги максимал ҳароратни кўтсатади. Симоб капиллярдан резервуарга қайтиб тушиши учун термометр қўлнинг текис кучли ҳаракати билан бир неча бор силкитилади.



2.6-расм. Муддатли тупроқ термометри

Максимал термометр горизонтал ҳолатда ўрнатилади. Кузатиш вақтида термометр резервуарига қарама-қарши бўлган томондаги симоб торайиш томонга кетиши учун аста-секин кўтарилади ва ҳисоб олинади. Ҳисоб олингандан сўнг термометрнинг симоб устуни муддатли термометрнинг ҳароратига мос келадиган ҳолатни эгаллагунча силкитилади. Бу билан термометр кейинги ўлчаш учун тайёрлаб қўйилади. Олинган ҳисоблар кузатишлар китобига ёки махсус бланкка ёзилади.

*Минимал термометр* кузатиш муддатлари оралиғидаги энг паст ҳароратни ўлчаш учун хизмат қилади.

Бу термометр спиртли, ўрнатилган сут ранг шишали шкалага эга бўлтиб, шкала бўлимларининг қиймати  $0,5^{\circ}$ . Термометр резервуари цилиндр шаклида. Капиллярнинг резервуарга қарама-қарши тарафидаги учи кенгайган қисмга эга. Ҳарорат кўтарилганда спирт ҳажмининг ортиши охириги шкаладан ортиб кетганида шу кенгайган жойда йиғилади. Спирт буғлари ҳам шу жойда йиғилади.

Минимал термометр капилляридаги спирт ичида кичкина ингичка шиша ўзакча жойлаштирилган. Ўзакчанинг бир томони миҳнинг қалпоғини эслатади. Резервуар тепага қилиб вертикал ҳолатда ушланганда ўзакча спиртниг сирт таранглиги пардасига етгунча эркин ҳаракатланади. Горизонтал ҳолатда у орқага, резервуар томонга шу парда босими остида ҳаракатланади. Бу эса фақат ҳарорат пасайганда содир бўлади. Агар ҳарорат кўтарилса спирт устунни сатҳи кўтарилиб боради, ўзак эса минимал ҳароратга мос келадиган сатҳда қолади.

Минимал термометрлар доим горизонтал ҳолатда ўрнатилади. Кузатиш вақтида термометрларга тегмай ўзакнинг қалпоқчали томонидан минимал ҳарорат ҳисоби олинади, муддатдаги ҳарорат эса спирт устунни сатҳи бўйича олинади.

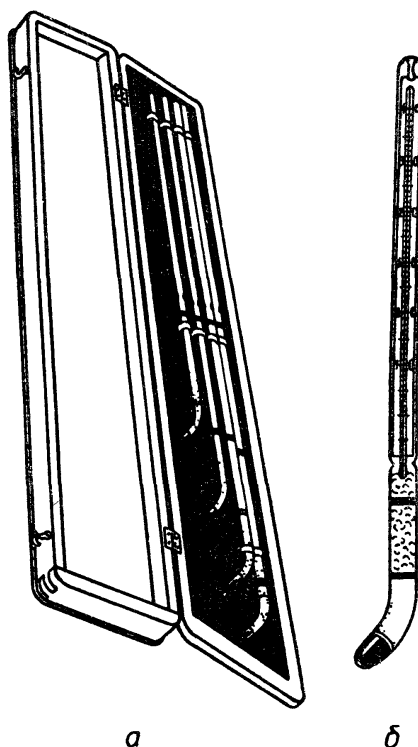
Ҳисоб олингандан сўнг термометр резервуари тепага қилиб, ўзак спирт сатҳига тушгунча ушлаб турилади. Кейин термометр яна горизонтал ҳолатда ўрнатиб қўйилади. Бу билан термометр кейинги ўлчаш учун тайёрлаб қўйилади.

*Савинов тупроқ термометрлари* тупроқнинг 5, 10, 15, ва 20 см чуқурликларидаги ҳароратни ўлчаш учун хизмат қилади (2.7-расм). Бу термометр симобли, ўрнатилган сут рангли шишали шкалага эга бўлиб, шкала бўлимларининг қиймати  $0,5^{\circ}$ . Резервуар термометрнинг қолган қисмига нисбатан  $135^{\circ}$  бурчак остида жойлашган. Резервуардан то термометр шкаласи бошлангунча бўлган қисм кул ва пахтадан таёрланган термоизоляцияга эга. Термоизоляция тупроқнинг юқоридаги қатламлари ҳароратининг термометр кўрсаткичларига таъсир кўрсатмаслиги учун қўлланилади.

Савинов тупроқ термометрлари ҳам тупроқ усти ҳароратини ўлчайдиган термометрлар ўрнатиладиган майдончада ўрнатилади. Олдин шарқдан ғарбга томон йўналган чуқур бўлмаган тор хандакча қавланади. Бу вақтда тупроқ қават-қават қилиб чиқариб олинishi зарур. Хандакчанинг шимолий томони тик қилиб қавланади. Хандакча тайёр бўлганидан сўнг термометрларнинг резервуарлари унинг тик деворли томонига керакли чуқурликларда горизонтал қилиб тиқиб чиқилади. Сўнгра хандакча тупроқ билан шиббалаб қўмилади, бунда хандакчадан олинган қатламларнинг асл кетма-кетлиги сақланиши лозим.

Савинов термометрлари бўйича кузатишлар фақат йилнинг илик вақтида олиб борилади. Тупроқнинг музлаши бошланишидан олдин бу термометрлар олиб қўйилади, чунки тупроқнинг юза қисми музлаганда одатда улар синади. Савинов термометрлари бўйича ҳисоб олиш 5 см

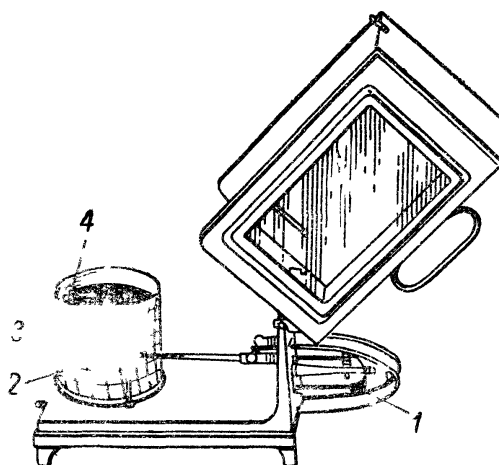
чуқурликда жойлашган термометрдан бошлаб кетма-кетликда амалга оширилади.



2.7-расм. а – Савинов термометрлари комплекти, б – Савинов термометри

#### 2.4. Деформацион термометрлар

Деформацион термометрларнинг ишлаши хавонинг харорати ўзгарганда биметалл пластинкалар чизиqli ўлчамининг ўзгариши принципига асосланган. Бу термометрларнинг қабул қилувчи қисми биметалл пластинка 1 ҳисобланади (2.8-расм). У турли чизиqli кенгайиш коэффицентига эга бўлган иккита металл пластинкадан иборат. Метеорологик асбобларда бу мақсадда инвар қотишма ва магнитланмайдиган пўлатдан фойдаланилади.



2.8-расм. Термограф

Метеорологик станцияларда маълум вақт оралиғида ҳавонинг ҳароратини узиликсиз қайд қилиб бориш учун биметалл термографлар қўлланилади. Термографлардаги биметалл пластинканинг бир томони ҳаракатланмайдаган қилиб маҳкамланган, бошқа томонига ричаглар тизими ёрдамида стрелка бириктирилган, бу стрелка учига эса перо 2 ўрнатилган. Перо қуриб қолиш ва музлашдан сақланган глицеринли анилин сиёҳ билан тўлдирилади. Ҳаво ҳарорати ўзгарганда биметалл пластинка ўз эгилишини ўзгартиради ва бу ўзгариш ричаглар ёрдамида катталаштирилиб пероли стрелкага узатилади. Перо ўз навбатида айланаётган гардиш устидаги лентада ҳаво ҳарорати ўзгаришига мос келувчи эгри чизикни чизади. Гардиш соат механизми 3 ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Термограф ва бошқа ўзиёзар қурилмалар гардишнинг айланиш тезлигига қараб суткалик ва ҳафталик термографларга бўлинади. Ўзиёзар суткалик қурилмалар ленталарининг вертикал бўйича вақт шкаласи қиймати 15 минутга, ҳафталикда эса 2 соатга тенг. Термограф лентасининг горизонтал шкаласи бўлимларининг қиймати  $1^\circ$  га тенг. Гардишнинг соатли механизми вақт бўйича илгарилаб кетиши ёки орқада қолиши мумкин. Унинг юриш тезлигини бошқариш учун “стрелка-регулятор” кўзда тутилган. У гардишнинг устидаги калит 4 ёнида жойлашган. Калит эса механизм бикрлигини ошириш учун хизмат қилади. Суткалик термографнинг лентаси ҳар суткада соат 12 даги кузатиш вақтида алмаштирилади. Ҳафталик термографларнинг лентаси ҳар душанба куни соат 12 даги кузатиш вақтида алмаштирилади. Ҳаво ҳароратининг тебранишлари ёзилган (чизилган) лента (термограмма) сақлаб қўйилади ва қайта ишланади.

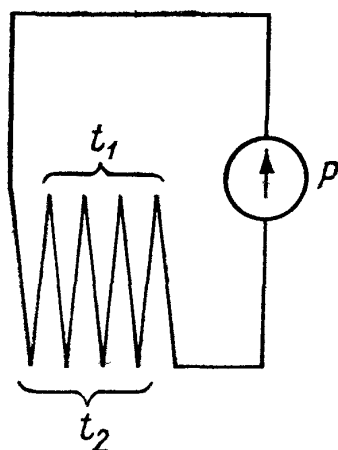
Биметалл термометрларнинг сезгирлиги ҳарорат  $1^\circ\text{C}$  га ўзгарганда биметалл пластинка эркин томонининг силжишига (*мм/град*) пропорционал. У пластинка металлари чизикли кенгайиш коэффициентларининг фарқи ва биметалл пластинка юзасига тўғри ва пластинка қалинлигига тесқари пропорционал.

## 2.5. Термоэлектрик термометрлар

Иккита турли хил ўтказгичлардан ҳосил қилинган терможуфтлик энг содда термоэлектрик термометр ҳисобланади. Ўтказгичлар жуфтлиги ҳосил қилган ЭЮК ни ўлчаб, кавшарланган жойлардаги ҳароратлар фарқини кўйидаги тенглама бўйича ҳисоблаш мумкин:

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

Бир нечта терможуфтликларни кетма-кет улаб, термо-ЭЮК жуфтликлар термо-ЭЮК лари йиғиндисига тенг бўлган термобатарея ҳосил қилинади. Агар жуфтликлар ва барча жуфтликларнинг кавшарланган жойларидаги ҳароратлар фарқи бир хил бўлса, батарея ҳосил қилувчи йиғинди ЭЮК жуфтликларнинг сонига пропорционал бўлади (2.9-расм).



2.9-расм. Термоэлектрик батарея

Гальванометр ва термобатареядан ташкил топган термоэлектрик термометрнинг сезгирлиги деганда, кавшарланган жойлардаги ҳарорат  $1^\circ\text{C}$  га ўзгарганда гальванометр стрелкаси нечта бўлимга силжишини кўрсатувчи сон тушинилади.

Агар битта жуфтликнинг қаршилиги  $-R_n$ , жуфтликлар сони  $-n$ , гальванометр қаршилиги  $-R_2$  ва уловчи ўтказгичлар қаршилиги  $-r$  бўлса, кавшарланган жойлардаги ҳароратлар фарқи  $t=t_1-t_2$  бўлганда термобатарея занжирида қуйидаги ЭЮК ҳосил бўлади:

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

ва гальванометрдан

$$I = \frac{net}{R_2 + nR_n + r} \quad (2.12)$$

ток оқа бошлайди.

Гальванометр клеммаларидаги кучланиш тушиши

$$U = IR_2 = \frac{netR_2}{R_2 + nR_n + r} = \frac{net}{1 + \frac{nR_n + r}{R_2}} \quad (2.13)$$

бўлади. Бундан

$$\frac{dU}{dt} = \frac{ne}{1 + \frac{nR_n + r}{R_2}} \quad (2.14)$$

Клеммалардаги кучланиш ўзгаришидан гальванометр стрелкасининг силжишига  $dU = c_e dN$  (бу ерда  $c_e$  – гальванометр шкаласи бўлимларининг

вольтлардаги қиймати,  $dN$  – гальванометр стрелкасининг гальванометр клеммаларидаги кучланиш ўзгариши  $dU$  га мос келувчи силжиши) муносабат орқали ўтсак, сезгирликни аниқлаш тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{1}{c_e} \frac{ne}{1 + \frac{nR_n + r}{R_e}} \quad (2.15)$$

Термоэлектрик термометрнинг сезгирлиги фақат гальванометр қаршилиги занжирнинг қолган қисми қаршилигидан анча катта бўлгандагина жуфтликлар сонига пропорционал бўлишини тушиниш қийин эмас. Ҳақиқатан, агар  $R_e \gg nR_n + r$  бўлса,

$$\frac{dN}{dt} = \frac{ne}{c_e} \text{ бўлади.}$$

Акс ҳолда, яъни  $R_e \ll nR_n + r$  ва шу билан бирга  $nR_n \gg r$  бўлса, сезгирлик

$$\frac{dN}{dt} = \frac{eR_e}{c_e R_n} \quad (2.16)$$

бўлади. Яъни жуфтликлар сонининг ортиши амалда термометрнинг сезгирлигини ўзгартирмайди.

Ҳарорат, ва демак, термоэлектрик термометр занжирини ташкил этувчи ўтказгичлар қаришлиги ўзгарганда, унинг сезгирлиги бироз ўзгаради. Агар бу ҳолатни ҳисобга олмасак, у ўлчаш натижаларини бузиб кўрсатиши мумкин. Хатоликларнинг принципиал манбалари ичидан Пельтье эффектини таъкидлаб ўтиш лозим. Унинг оқибатида кавшарланган жойлардаги ҳароратлар фарқи термокавшарлар жойланган нуқталардаги ҳақиқий ҳароратлар фарқига нисбатан кичикроқ бўлиб қолади.

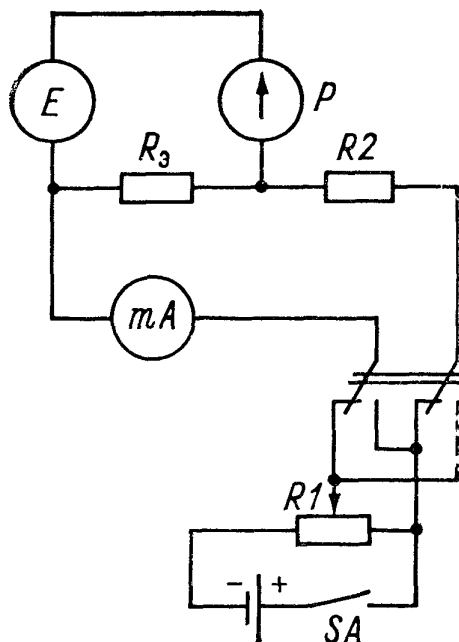
Агар термо-ЭЮК ни ўлчашнинг аниқроқ схемалари, масалан, 2.10-расмда кўрсатилган терможуфтлик ЭЮК манбаи сифатида қўшилган компенсацион схема қўлланса, санаб ўтилган барча хатолик манбалари бартараф этилиш мумкин.

Агар  $t_1 = t_2$  бўлганда, гальванометрда ток бўлмаса, бу батарея ҳосил қилган  $R_e$  қаршилиқдаги кучланиш тушиши терможуфтлик ҳосил қилувчи тескари ишорали электр юритувчи куч томонидан аниқ компенсацияланишини билдиради. Компенсация мавжуд бўлганда  $r$  қаршилиқдан ўтаётган ток кучи миллиамперметр  $mA$  дан ўтаётган ток кучига аниқ тенг бўлгани учун мазкур қаршилиқдаги кучланиш тушишини аниқлаш қийин эмас.

Компенсацион схема билан ишлашда ўлчаш жараёни кучланиш бўлувчининг жилдиргичини гальванометрдаги ток йўқоладиган ҳолатга олиб келишдан иборат. Вақтнинг шу momentiда миллиамперметрдаги ток кучини

ўлчаб,  $IR_3 = e(t_1 - t_2)$  тенгламани ҳароратлар фарқига нисбатан ечсак, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$t_1 - t_2 = \frac{R_3}{e} I \quad (2.17)$$



2.10-расм. ЭЮК ни ўлчашнинг компенсацион схемаси

Агар терможуфтликнинг ўрнига  $n$  та бир хил жуфтликлардан ташкил топган термобатарея қўлланса, у ҳолда

$$t_1 - t_2 = \frac{R_3}{ne} I. \quad (2.18)$$

Терможуфтлик занжиридаги термоток ва батареядан келаётган ток ўзаро қарама-қарши йўналгандагина компенсацияга эришиш мумкин. Термотокнинг йўналиши  $t_1 - t_2$  ҳароратлар фарқининг ишораси билан белгиланади. Батареядан келаётган токнинг йўналиши эса алмаштиргич билан ўзгартирилади.

Компенсацион термоэлектрик термометрнинг *сезгирлиги* компенсация шароитида микроамперметр стрелкасининг кавшарланган жойлардаги ҳароратлар фарқининг  $1^\circ\text{C}$  га ўзгаришига мос келувчи силжиши билан характерланади.

Агар микроамперметр битта бўлимининг қиймати  $c_a$  бўлса, у ҳолда сезгирлик қуйидагича бўлади:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{1}{c_a} \frac{ne}{R_3} \quad (2.19)$$



(2.15) тенгламадан фарқли (2.19) тенгламага доимий  $R_3$  қаршиликдан ташқари, гальванометр ва термометр занжирининг қаршиликлари кирмайди. Шундай қилиб, компенсацион термометрнинг сезгирлиги термोजуфтлик, гальванометр ва уловчи ўтказгичлар қаршиликларининг ўзгаришларига боғлиқ бўлмайди. Пельтье эффектига келсак, компенсацион схемада термोजуфтлик занжиридаги ток компенсация ёрдамида йўқотилганлиги учун бу эффекти бартараф этилади.

Агар компенсацион схемада ток манбаининг кучланиши ўзгармас сақлаб турилса,  $R$  ва  $R_3$  ўзгармас бўлганда микроамперметрдан ўтаётган ток кучи, кучланиш бўлувчи жилдиргичининг ҳолати билан бир қийматли аниқланади. Шунинг учун, бирор усул билан ток манбаи кучланишининг доимий сақланиши таъминланса, микроамперметрдан бутунлай воз кечиш мумкин. Компенсация моментидаги ток кучи, ва демак, кавшарланган жойлардаги ҳароратлар фарқи тўғрисида кучланиш бўлувчи жилдиргичининг ҳолати бўйича хулоса қилиш мумкин. Мисол учун, бундай усул электрон автоматик потенциометрли термोजуфтликларда қўлланилади.

Термоэлектрик термометрлар нафақат ҳарорат ўзгаришларини, балки ўзгаришлари ҳарорат ўзгаришларига олиб келинадиган бошқа катталикларни, масалан, радиация оқимини қайд қилишда ҳам фойдаланилади.

Ҳароратлар фарқини эмас, балки битта нуқтадаги ҳароратни ўлчаш талаб қилинса, ва ишлатилмаётган кавшарланган жойдаги термостатлаш бирор сабабга кўра қийин бўлса, ишлатилмаётган кавшарланган жой ҳавода жойланади ва ундаги ҳарорат ўзгаришларини компенсациялаш қўлланилади.

## 2.6. Қаршиликли термометрлар

Электр қаршилигининг ҳароратга боғлиқлиги қаршиликли термометрларнинг термометрик хоссаси ҳисобланади. Уларда металл ва яримўтказгич термоқаршиликлар датчиклар сифатида фойдаланилади. Ҳарорат ўзгаришлари оқибатида датчиклар қаршилигининг ўзгаришини аниқловчи ўлчаш схемаси сифатида уларда асосан кўприк схемалари қўлланилади.

Қаршиликли термометрларнинг муайян схемаларини кўриб чиқамиз.

### 2.6.1. Мувозанатланган қаршиликли термометрлар

Термометрнинг принципаал схемаси 2.11-расмда кўрсатилган. Бу ерда  $R$  – датчикнинг қаршилиги,  $R_1, R_2, R_3$  – доимий қаршиликлар бўлиб, улардан биттаси, иккитаси ёки барчаси бошқарилади,  $P$  – гальванометр,  $R_4$  – реостат,  $r$  – датчикка келувчи уловчи ўтказгичларнинг қаршилиги.

Агар бошқарилувчи қаршиликларни ўзгартириб, кўприк мувозанатига (гальванометрда токнинг йўқлигига) эришсак, у ҳолда  $r \ll R$  бўлганда, “кўприк мувозанатида қарама-қарши елкаларда жойлашган қаршиликларнинг кўпайтмаси ўзаро тенг” қоидага мувофиқ датчикнинг қаршилигини қуйидаги муносабатдан аниқлаш мумкин:

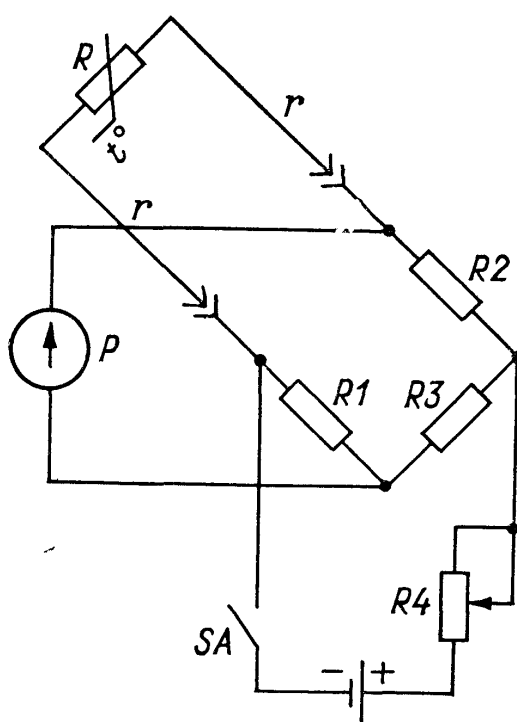
$$RR_3 = R_1R_2. \quad (2.20)$$

(2.20) тенгламага

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

ифодани кўйиб, натижани  $t$  га нисбатан ечсак, металл термоқаршиликли термометрлар учун қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{R_1R_2}{R_3R}. \quad (2.22)$$



2.11-расм. Қаршиликли термометрнинг схемаси

Шундай қилиб, кўприкнинг учта елкасидаги қаршилиқлар, кўрсаткичнинг  $0^\circ\text{C}$  даги қаршилиги ва  $\alpha$  коэффицентини билган ҳолда (2.22) тенглама асосида датчик ҳароратини ҳисоблашимиз мумкин. Бундай ҳисоблар одатда фақат намунавий термометрлар учун бажарилади. Қолган ҳолларда термометрлар намунавий термометрга таққосланиб, шкала бўлимларига ажратилади.

Мувозанатланган қаршиликли термометрларнинг *сезгирлиги* датчик ҳарорати  $1^\circ\text{C}$  га ўзгарганда кўприк мувозанатда қолиши учун бошқарилувчи қаршилиқларни қанчага ўзгартириш кераклигини кўрсатади. Агар  $R_2$  елкаси ягона бошқарилувчи елка бўлса, сезгирлик деганда  $\frac{dR_2}{dt}$  катталиқ

тушинилади. (2.20) ни  $R_2$  га нисбатан ечиб, ҳосил бўлган ифодани ҳарорат бўйича дифференциалласак, куйидагини ҳосил қиламиз:

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

Бундан бошқарилувчи елканинг қаршилиги ва датчик қаршилигининг ҳарорат коэффиценти қанчалик катта бўлса, битта бошқарилувчи елкали мувозанатланган термометрнинг сезгирлиги шунча катта бўлиши келиб чиқади.

Таъкидлаш лозимки, бу йўл билан ҳисобланган сезгирлик фақат гальванометр  $R_2$  қаршилиқнинг мос ўзгаришларини аниқлаш сезгирлигига эга бўлгандагина амалда тадбиқ этилиши мумкин.

Яримўтказгич термоқаршиликли термометрлар учун  $R = Ae^{\frac{\alpha}{T}}$  ифода ўринли. Бу ерда  $A$ ,  $\alpha$  – термоқаршилиқ доимийлари. Бу ифодани (2.20) га қўйиб, натижани  $T$  га нисбатан ечсак, яримўтказгич термоқаршиликли термометрлар учун датчик ҳарорати ва  $R_2$  бошқарилувчи қаршилиқ орасидаги боғланишни ҳосил қиламиз:

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

(2.23) га

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

ифодани қўйиб, яримўтказгич термоқаршиликли мувозанатланган термометрнинг сезгирлиги учун ифодани ҳосил қиламиз:

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

Металл термоқаршилиқларга нисбатан яримўтказгич термоқаршилиқлар учун  $\alpha$  коэффицентининг анча катта эканлигини ҳисобга олсак, бошқа тенг шароитларда яримўтказгич термоқаршилиқларнинг сезгирлиги анча катта бўлади. Бироқ яримўтказгич термоқаршиликли термометрларнинг шкаласи металл термоқаршиликли термометрларнинг шкаласига нисбатан ночизиқли.

Мувозанатланган қаршиликли термометрларнинг асосий хатоликлари ва уларни бартараф этиш йўллари кўриб чиқамиз. Қаршиликли термометрлар бир қатор ўзига хос камчиликларга эга ва уларни бундай термометрлардан фойдаланишда ҳисобга олиш зарур.

*Уловчи ўтказгичлар қаршилигининг ўзгариши билан боғлиқ хатоликлар.* Юқорида схемадаги барча уловчи ўтказгичларнинг қаршиликлари ўта кичик деб қабул қилинган эди. Бироқ, кўп ҳолларда ҳароратни ўлчаш, ўлчаш объекти кўприкнинг қолган елкаларидан сезиларли катта масофада жойлаштирилган шароитда амалга оширилади. Бунда датчикка уланган ўтказгичларнинг таъсири сезиларли бўлади. Манганин ёки константанларнинг солиштирма қаршилиги катта бўлгани ва қиммат туриши сабабли амалда улар ўтказгичларни тайёрлашда қўлланилмайди. Одатда ўтказгичлар ҳар қандай металл датчиклар каби ҳарорат ўзгаришларига яхши сезгирликка эга бўлган мисдан тайёрланади. Бироқ, бу ҳолда схема ўлчаш объекти ҳароратининг ўзгаришлари билан бирга датчикка уланган ўтказгичлар жойланган муҳит ҳароратининг ўзгаришларини ҳам қайд қилади.

Бундай ҳолат 2.11-расмда кўрсатилган энг содда термометр схемаси бўйича ўлчашларда сезиларли ноаниқликларни келтириб чиқаради. Бу ноаниқликларни минималлаштириш учун қуйидаги усуллар қўлланилади.

*Схемада юқори омли металл ва яримўтказгич датчикларини қўллаш.* Агар датчикка уланган ўтказгичларнинг қаршилиги  $r$  га, улар тайёрланган материал қаршилигининг ҳарорат коэффициенти  $\alpha'$  га тенг бўлиб, ўтказгичлар ҳарорати  $\Delta t'$  чегарада ўзгарса, у ҳолда ҳар бир ўтказгичнинг қаршилиги қуйидаги чегарада ўзгаради:

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

Агар датчикнинг қаршилиги  $R$ , қаршилиқнинг ҳарорат коэффициенти  $\alpha$  бўлса, ўтказгичлар қаршилигининг бу ўзгариши датчик ҳароратининг  $\Delta t$  катталиқка ўзгаришига эквивалент бўлади ва қуйидаги муносабат билан аниқланади:

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

Бу ердан  $r$  қаршилиқли ўтказгичлар ҳароратининг  $\Delta t'$  чегарада ўзгаришини ҳисобга олинмаганлиги оқибатидаги ўлчашлар хатолиги қуйидагича бўлиши келиб чиқади:

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

(2.27) ифодадан датчик қаршилиги  $R$  ўтказгичлар қаршилиги  $r$  дан канча катта бўлса, хатоликнинг шунча кичик бўлиши келиб чиқади. Катта  $\alpha$  коэффициентига эга бўлган яримўтказгичли датчикларни қўллаб, бошқа тенг шароитларда хатоликни  $\frac{\alpha}{\alpha'}$  марта камайтириш мумкин. (2.27) ифодадан тузатмалар киритишда фойдаланилади. Бу ҳолда  $\Delta t'$  катталигини ўтказгичлар ҳароратининг термометрни бўлимларга ажратишда у эга бўлиши керак бўлган ҳароратдан четланиши деб қараш керак. Тузатмалар киритиш учун

Ўтказгичлар ҳароратини нисбатан катта бўлмаган ( $R$  га нисбатан  $r$  қанча кичик бўлгандаги) аниқлик билан билиш етарли.

### 2.6.2. Мувозанатланмаган қаршиликли термометрлар

Мувозанатланмаган қаршиликли термометрнинг принципиал схемаси ҳам 2.11-расмда кўрсатилгандек бўлади. Бироқ, бу ерда  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  қаршиликлар ўлчашлар вақтида ўзгармайди. Одатда улар орасидаги нисбат схемани йиғиш вақтида шундай танланадики, термометрда ўлчаш мўлжалланган ҳароратлар диапозонида кўприк мувозанати минимал (ёки максимал) ҳароратда эришилади. У ҳолда экстремал ҳароратлардан бошқа ҳар қандай ҳароратларда термометр ҳарорати минимал (максимал) ҳароратдан қанча кўп фарқ қилса, гальванометрдан шунча катта ток оқади.

Агар минимал (ёки максимал) ҳароратда кўприк елкаларини  $R_1=R_2=R_3=R_4$  тенглик бажариладиган қилиб танланса, у ҳолда металл термоқаршилик қўлланилганда датчикнинг минимал (максимал) ҳароратдан фарқ қилувчи  $t$  ҳароратида гальванометрдан қуйидаги ток ўтади:

$$I = \frac{U(R - R_1)}{4R_1(R_2 + R_1)}. \quad (2.28)$$

Термисторлар учун ифода қуйидаги кўринишда бўлади:

$$I = \frac{U(R_0 e^{\alpha t} - R_1)}{4R_1(R_2 + R_1)}. \quad (2.29)$$

(2.29) ни  $t$  га нисбатан ечсак,

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{4IR_1(R_2 + R_1) + UR_1}{UR_0} \quad (2.30)$$

ифодани ҳосил қиламиз.

Шундай қилиб,  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  қаршиликлар,  $\alpha$  коэффиенти ва  $U$  кучланишни билган ҳолда гальванометрдан ўтаётган ток кучини ўлчаб, (2.30) тенглама асосида термоқаршиликнинг ҳароратини аниқлаш мумкин.

Мувозанатланмаган термометрнинг сезгирлиги датчик ҳарорати  $1^\circ\text{C}$  га ўзгарганда гальванометр стрелкаси нечта бўлимга силжишини кўрсатади.

(2.28) ифодани ҳарорат бўйича дифференциалласак, қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U}{4R_1(R_2 + R_1)} \frac{dR}{dt}. \quad (2.31)$$

Агар  $\frac{dR}{dt} = R\alpha$  ва  $\frac{dI}{dt} = c_a \frac{dN}{dt}$  (бу ерда  $c_a$  – гальванометр шкаласи бўлимининг амперлардаги қиймати,  $\frac{dN}{dt}$  – кўрсаткич ҳарорати 1°C га ўзгарганда гальванометр стрелкасининг қидирилаётган силжиши) эканлигини ҳисобга олсак, у ҳолда сезгирлик қуйидагига тенг бўлади:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\alpha UR}{4c_a R_1 (R_2 + R_1)}. \quad (2.32)$$

Шундай қилиб, тенг елкали мувозанатланмаган термометрнинг сезгирлиги кўприкка берилган кучланиш ва қаршиликнинг ҳарорат коэффициентига тўғри, гальванометр шкаласи бўлимининг қийматига тескари пропорционал бўлиб, схемани таркибига кирувчи қаршиликларга ҳам боғлиқ.

Яримўтказгич термоқаршиликли термометрлар учун сезгирлик тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\alpha UR}{4c_a R_1 T^2 (R_2 + R_1)}. \quad (2.33)$$

Мувозанатланган термометрларда бўлгани каби яримўтказгич термоқаршиликли мувозанатланмаган термометрларнинг сезгирлиги металл термоқаршиликли термометрларнинг сезгирлигидан каттароқ бўлади. Бироқ уларнинг шкалалари каттароқ нозизиқликка эга.

### 2.6.3. Дифференциал қаршиликли термометрлар

Объектлар ўртасидаги ҳароратлар фарқини бевосита ўлчаш талаб қилинганда дифференциал термометрлар қўлланилади. Иккита бир хил термоқаршилик бир-бирига боғланган елка сифатида киритилади. Термоқаршиликлар ҳароратлар фарқи ўлчанаётган объектлар билан иссиқлик мувозанатида бўлиши лозим. Дифференциал термометрлар тўлиқ автоматлаштирилган бўлиши мумкин.

### 2.7. Радиацион термометрлар

Радиацион термометрлар иссиқлик нурланиши қонунларига асосланади. Мутлақ қора жисмлар (МҚЖ) учун бу қонунлар аниқ ўрганилган.  $T$  ҳароратда тўлқин узунликларининг бирлик интервалидаги  $\lambda$  тўлқин узунлиги соҳасида МҚЖ нинг  $B_{\lambda, T}$  спектрал нурлантириш қобилиятини ҳисоблашга имкон берувчи Планк қонуни асосий нурланиш қонуни ҳисобланади. Бу катталиқ нурланишнинг спектрал жадаллиги ёки нурланиш қуввати оқимининг спектрал зичлиги деб ҳам аталади.

Иссиқлик нурланишининг квант табиати тўғрисидаги тахминга кўра

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

эканлигини кўрсатиш мумкин. Бу ерда  $h$  – Планк доимийси,  $c$  – вакуумдаги ёруғлик тезлиги,  $k$  – Больцман доимийси.

(2.34) тенгламадан  $\lambda$  нинг ихтиёрий қийматлари учун ҳароратнинг пасайиши билан  $B_{\lambda,T}$  нурлантириш қобилиятининг монотон камайиб бориши келиб чиқади. Бу ҳароратнинг пасайиши билан тўлқин узунликларининг барча соҳаларида ҳарорат нурланишининг камайишини билдиради.

Тўлқин узунлигининг функцияси сифатида нурлантириш қобилияти МҚЖ нинг ҳароратига боғлиқ бўлган тўлқин узунлигининг муайян  $\lambda_m$  қийматида максимумга эришади,  $\lambda=0$  ва  $\lambda=\infty$  бўлганда эса нолга тенг бўлади.

$\lambda_m$  ва ҳароратни боғловчи тенглама *Вин қонуни* деб аталади:

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

бу ерда  $c_m$  – Вин доимийси.

МҚЖ нинг *интеграл нурлантириш қобилияти* қуйидаги формула бўйича топилади:

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

бу ерда  $\sigma$  – Больцман доимийси.

Юқорида келтирилган МҚЖ нинг нурланиш қонунларига асосланиб, уч турдаги радиацион термометрларни ҳосил қилиш мумкин.

Ўрганилаётган оқимдан келаётган тўлқин узунлигининг етарлича энсиз диапозонида нурланиш оқимининг зичлигини ўлчаш мумкин:

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

Бу нурланиш бўйича ўлчаш объектининг ҳарорати аниқланади. *Монохроматик радиацион термометрларнинг* ишлаши шу принципга асосланади.

Интеграл нурлантириш қобилиятини ўлчаш ва унинг асосида объектнинг ҳароратини қуйидагича аниқлаш мумкин:

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

Булар *интеграл ўлчаш радиацион термометрларидир*.

Ва ниҳоят, турли тўлқин узунликлари учун  $B_\lambda$  ни ўлчаб, нурлантириш қобилиятининг тўлқин узунлигига боғланишини аниқлаш ва ундан  $\lambda_m$  ни топиб олиб, объектнинг ҳароратини қуйидагича аниқлаш мумкин:

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

Булар *максимал нурланиш термометрларидир*.

Максимал нурланиш термометрлари *ёруғлик термометрлари* деб ҳам аталади. Бундай номланиш жисмнинг етарлича юқори ҳароратларида нурланиш спектрал таркиби максимумининг силжиши оқибатида термометр рангининг кўзга сезиларли ўзгариши билан боғлиқ.

Монохроматик ва интеграл нурланиш термометрларининг имкониятларини баҳолаш учун уларнинг *нисбий сезгирликларини* таққошлаш лозим. Уларнинг нисбий сезгирлиги деганда жисм ҳароратининг бирлик ўзгаришига мос келувчи спектрал ва интеграл нурлантириш қобилиятларининг нисбий ўзгаришларини тушиниш керак:

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

Максимал нурланиш термометрларининг *нисбий сезгирлигини* жисм ҳароратининг бирлик ўзгаришига мос келувчи максимал нурланиш тўлқин узунлигининг нисбий ўзгариши орқали характерлаймиз:

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

Ҳароратнинг пасайиши билан  $\lambda_m$  ортгани сабабли максимал нурланиш термометри сезгирлигининг ишораси манфий.

## 2.8. Акустик термометрлар

Акустик термометрлар товуш тарқалиши тезлигининг муҳит ҳароратига боғлиқлигига асосланади. Хусусан, улар тадқиқ этилаётган товуш ўтувчи фазонинг муайян қисми бўйича ўртачаланган ҳаво ҳароратини ўлчашда қўлланилади.

Товуш тезлиги учун формула биринчи бўлиб Лаплас томонидан таклиф этилган. Акустик тебранишлар идеал газ муҳитида содир бўлади ва улар кичик амплитудага эга деб фараз қилиб, товуш тезлиги учун формула қуйидаги кўринишда ёзилиши мумкин:



$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT_v}{\mu}}, \quad (2.42)$$

бу ерда  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$  – доимий босим ва ҳажм шароитидаги ҳавонинг солиштирма иссиқлик сифимларининг нисбати,  $R$  – универсал газ доимийси,  $\mu$  – ҳавонинг молекуляр массаси,  $T_v$  – ҳавонинг виртуал ҳарорати.

(2.32) тенгламанинг таркибига кирувчи катталикларнинг куруқ ҳаво учун сон қийматларини қўйсак, қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$c = 20,1\sqrt{T} \text{ м/с}. \quad (2.43)$$

Акустик термометрларнинг нисбий сезгирлиги қуйидагича ифодаланади:

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

Формуладан нормал атмосфера шароитларида ҳарорат  $1^\circ\text{C}$  га ўзгарганда товуш тезлигининг тахминан  $0,7$  м/с га ўзгариши келиб чиқади.

Нам ҳавода товуш тезлиги ҳавонинг намлигига боғлиқ бўлади:

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

бу ерда  $e$  – сув буғининг босими ( $\text{гПа}$  да).

Акустик термометрлар билан ишлашда ҳавонинг ҳарорати қанча юқори бўлса, ҳаво намлигининг таъсири шунча аниқ ҳисобга олиниши керак. Етарлича паст ҳароратларда намликнинг таъсирини эътиборга олмаса ҳам бўлади. Агар Лаплас формуласини келтириб чиқаришда киритилган чеклашлардан воз кечилса, акустик термометр нормал атмосфера шароитларидан фарқ қилувчи шароитларда ишлай бошлаши билан сезиларли аҳамият касб этувчи ҳисобга олинмаган қатор янги вазиятлар аниқланади.

Муҳитнинг зичлиги қанча кичик ва акустик тебранишлар частотаси қанча катта бўлса, муҳитнинг қовушқоқлиги товуш тарқалишининг фазавий тезлигига шунча кучли таъсир кўрсатади. Бунга мувофиқ ҳавонинг зичлиги кичик бўлган атмосферанинг катта баландликларида товуш ва, айниқса, ультратовуш тезлиги Лаплас формуласи бўйича ҳисобланган қийматлардан ортиб кетади. Товуш тезлиги частотага боғлиқ бўлиб қолади (частота дисперсияси). Нормал атмосфера шароитларида дисперсия  $10^7$  Гц ва ундан катта частоталарда кузатилади.

Лаплас формуласида келтирилган боғланишга мувофиқ ҳаво ҳароратининг кучли пасайиши товуш тарқалиши тезлигига кучли таъсир кўрсатади. Шунингдек паст ҳароратларда ҳаво ўз хоссалари бўйича идеал

газдан кескин фарқлана бошлайди ва бундай шароитларда Лаплас формуласини қўллаб бўлмайди. Масалан, ҳавонинг нормал атмосфера босимида  $-60^{\circ}\text{C}$  ва ундан паст ҳароратларда Лаплас формуласи сезиларли хатоларни бера бошлайди.

Агар товуш тезлигини белгиловчи барча асосий омилларни етарли аниқлик даражаси билан ҳисобга олсак, товуш тезлигининг ҳароратга боғланиши табиий шароитларнинг етарлича кенг диапозонида термометрик хосса сифатида фойдаланилиши мумкин.

Муайян акустик термометрлар схемаларини таҳлил қилиш юқори частотали акустик тебранишлар (ультратовуш) термометрия учун энг катта имкониятлар беришини кўрсатади.

Акустик термометрларни амалий тадбиқ этиш учун ультратовуш манбаси, етарлича сезгир қабул қилувчи қурилма ва ультратовуш тарқалиши тезлигини ўлчаш схемасини танлаш зарур.

Ультратовуш манбаси ва қабул қилувчи қурилма сифатида одатда *пьезоэлектрик эффектга* эга бўлган материаллардан (кварц, шунингдек барий титатнати, сегнет тузи каби пьезокерамик материаллар) фойдаланилади.

*Тўғри пьезоэлектрик эффект* оқибатида механик сиқилиш ёки чўзилиш деформациялари таъсирида кристалл электр қутбланади. Агар пьезокристалл ультратовушни қабул қилувчи қурилмада қўлланилса, бу эффектдан ультратовуш тебранишларини қайд этишда фойдаланиш мумкин.

*Тескари пьезоэлектрик эффектда* кристалл электр майдони таъсирида деформацияланади (электростикция ҳодисаси). Агар пьезокристалл ўзгарувчан электр майдонининг таъсирига киритилса, тескари пьезоэлектрик эффектдан ультратовуш манбасини ясашда фойдаланиш мумкин. Бунда кристалл четларининг тебранишлари атроф-муҳитда акустик тўлқинларни ҳосил қилади.

### Назорат саволлари

1. Метеорологик ўлчаишларда қандай ҳарорат шкалалари қабул қилинган?
2. Суюқликли термометрларнинг сезгирлиги нима ва улар қандай параметрларга боғлиқ?
3. Суюқликли термометрларда қандай суюқликлар қўлланилади? Нима учун?
4. Ҳавонинг ҳароратини ўлчаш учун қандай термометрлар қўлланилади? Ҳарорат қандай аниқлик билан ўлчанади?
5. Термометрлар қандай мақсадда психрометрик будкага жойланади?
6. Максимал ва минимал ҳарорат термометрлари қандай мақсадларга мўлжалланган? Улар психрометрик будкага қандай ўрнатилади?
7. Праишч-термометр қаерда қўлланилади?
8. Тупроқ устида қандай термометрлар ўрнатилади?
9. Максимал ва минимал ҳарорат термометрларида ўлчаишлар қандай хусусиятларга эга?

10. Деформацион термометрнинг ҳарорат қабул қилувчиси қайси принципга асосланади?
11. Термограф қандай мақсадларда хизмат қилади?
12. Биметалл термометрнинг сезгирлиги нима ва у қайси параметрларга боғлиқ?
13. Термометрик термометрлар қайси принципга асосланади?
14. Компенсацион ўлчаш схемасининг устунлиги нимада?
15. Қаршиликли термометрлар қайси принципга асосланади?
16. Металл ва яримўтказгич қаршиликли термометрларнинг сезгирлиги нимага тенг?
17. Қаршиликли термометрлар билан ҳароратни ўлчаш учун қандай ўлчаш схемалари қўлланилади?
18. Турли радиацион термометрларни ясаида қандай принциплардан фойдаланилади?
19. Акустик термометрлар қайси асосларда ясалади?

## III БОБ. ҲАВО НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ

### 3.1. Намликни психрометрик ўлчаш усули

Намликни ўлчаш усули ҳаво ва юзасидан сув буғланаётган жисм ҳароратларини таққослаш принципларига асосланган. Одатда, *психрометр* иккита ёки учта бир хил термометрлардан иборат бўлиб, улардан бирининг датчиги бўз билан ўралади ва кузатишлар пайтида дистилланган сув билан хўлланади. Бевосита ҳаво ҳарорати ва хўлланган термометрнинг ҳарорати, ёки қуруқ ва хўлланган термометрлар кўрсаткичлари орасидаги фарқ (психрометрик айирма) ўлчанади.

Психрометрик ўлчаш усулининг назариясини кўриб чиқайлик. Хўлланган термометрнинг бирлик юзасидан бирлик вақт давомида атроф-муҳитга сув буғининг оқими  $SD(E'-e)$  га тенг, бу ерда  $S$  – буғланиш юз бераётган юзанинг майдони. Бу миқдордаги сувнинг буғланишига қуйидаги иссиқлик сарфланади:

$$Q_1 = LSD \left( \frac{E' - e}{P} \right), \quad (3.1)$$

бу ерда  $L$  – буғланишга сарфланадиган иссиқлик,  $E'$  – буғланаётган сирт ҳароратида сув буғининг максимал босими,  $e$  – сув буғининг босими,  $P$  – ҳаво босими,  $D$  – ...,  $c$  – пропорционаллик коэффициентлари.

Термометрга келаётган иссиқлик оқими икки қисмдан: атроф-муҳитдан иссиқлик оқими

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

ва термометр стержени бўйлаб иссиқлик оқимларидан

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

иборат. Бу ерда  $\alpha$  – термометр резервуари юзаси ва ҳаво муҳити орасидаги иссиқлик алмашилиш коэффициентлари,  $t$  – қуруқ термометрнинг ҳаво ҳароратига тенг бўлган ҳарорати,  $t'$  – хўлланган термометр ҳарорати,  $\lambda$  – термометр стерженининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари,  $S'$  – стерженнинг резервуар яқинидаги кесим юзаси,  $(t-t')/z$  – термометр стержени бўйича ҳарорат градиентини характерлайдиган катталиқ.

Хўлланган термометр ҳароратининг вақт бўйича ўзгариши  $dt'/d\tau$  термометрга узатилган иссиқлик ва буғланишга сарфланган иссиқлик орасидаги фарқ билан белгиланади:

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

бу ерда  $C$  – хўлланган термометр резервуарининг иссиқлик сиғими.

$Q_1, Q_2, Q_3$  лар ўрнига уларнинг қийматларини қўйиб чиқсак, қуйидагига келамиз:

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

Бу ерда  $D_0 = \frac{D_0 P_0}{P}$  деб фараз қилиб, қуйидаги катталиқни киритамиз:

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

$A$  катталиғи *психрометриқ коэффициент* деб аталади. (3.5) тенгламага  $A$  киритилса, у қуйидаги кўринишга келади:

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

Турғунлашган ҳолат учун, яни  $dt'/d\tau = 0$  бўлганда психрометриқ формулани ҳосил қиламиз:

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

Агар  $A$  нинг қиймати маълум бўлса,  $t$  ва  $t'$  ҳароратлар ўлчангаб, бу формуладан сув буғининг парциал босими  $e$  ни ҳисоблаш мумкин.

(3.6) формуладан келиб чиқадики, психрометриқ коэффициент  $A$  ҳаво ҳароратига, ҳаво босимига ва хўлланган термометрни ўраб оқиб ўтаётган ҳавонинг турбулентлик даражасига ва тезлигига боғлиқ. Унинг ҳароратга боғлиқлиги энг сезиларсиз бўлиб, ҳисобга олинмайди.

$A$  нинг ҳаво оқими тезлигига боғлиқлиги  $a$  ва  $D$  коэффициентларнинг Рейнольдс ( $Re$ ) сонига боғлиқлиги билан белгиланади.  $S \gg S'$  бўлганда, психрометриқ коэффициентнинг ҳаво оқими тезлигига деярли боғлиқ эмаслиги  $a$  ва  $D$  коэффициентларининг  $Re$  сонига боғлиқлиқларининг тахминан бир хиллиги билан тушинтирилади.

Агар психрометрнинг психрометриқ коэффициенти ҳаво оқими тезлигига боғлиқ бўлмаса, у ҳолда психрометр идеал ҳисобланади. Психрометриқ коэффициентнинг ҳаво оқими тезлигига боғлиқлиги қуйидагича ифодаланади:

$$A = A_\infty (1 + aV^b), \quad (3.9)$$

бу ерда  $a$  ва  $b$  – психрометр доимийлари,  $A_\infty$  – шамол тезлиги  $V \rightarrow \infty$  бўлганда психрометрик коэффициентнинг чегаравий қиймати. Идеал психрометр учун  $a=0$ .

Психрометрик коэффициентнинг ўзгарувчанлиги билан боғлиқ бўлган психрометр хатолигини камайтириш мақсадида, психрометрларни ишлаб чиқаришда  $a$  нинг таъсирини камайтириш чоралари кўрилади ёки ўлчаш пайтида ҳўлланган термометрни тезлиги бир хил бўлган ҳаво оқими билан сунъий вентиляциялаш қўлланилади.

Ҳаво намлигининг ўзгаришлари ҳамда  $t$  ва  $t'$  ҳароратларнинг ўзгаришлари орасидаги боғланишни аниқлайлик. Бу психрометрик усулни амалда қўллаш учун ҳароратларни қандай аниқлик билан ўлчаш зарурлигини аниқлашга имкон беради.

(3.8) психрометрик формуланинг икки томонини ҳаво ҳароратига мос келадиган сув буғининг максимал парциал босимига бўламыз:

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

Клаузиус-Клапейрон тенгламасинини қўллаб, (3.10) даги биринчи қўшилувчини ўзгартирамиз

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

бу ерда  $k$  – Больцман доимийси.

(3.11) даги катталикларни ажратиб, интеграллашдан сўнг қуйидагига келамиз:

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

Экспоненциал функцияни қўшилувчиларга ажратамыз ва биринчи иккита ҳадларни ҳисобга олиб, қуйидагини ҳосил қиламыз:

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

(3.10) қуйидаги кўринишга келтирамиз:

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

(3.14) дан нисбий намлик  $f$  нинг ҳароратни ўлчаш хатолигига қараганда, психрометрик айирмани аниқлаш хатолигига сезгирроқ эканлиги келиб чиқади. Ҳақиқатдан ҳам

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

(3.15) тенгламадан кўриниб турибдики, намлик аниқланганда ҳаво ҳароратига қараганда психрометрик айирма анча аниқроқ ўлчаниши керак.

Айнан шу мақсадда электр ва термометрик схемали психрометрларда бевосита ҳароратлар фарқи ва  $t$  ҳарорат ўлчанади. Бунда психрометрик фарқни ўлчагич ҳарорат ўлчагичдан аниқроқ бўлиши керак.

(3.15) га қайтиб, уни қуйидаги кўринишга келтирамиз:

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

Бу тенглама *психрометрик усулнинг сезгирлиги тенгламаси* деб аталиши мумкин. Бу тенглама ёрдамида нисбий намликни у ёки бу аниқлик билан ўлчаш учун психрометрик фарқни қандай аниқлик билан ўлчаш кераклигини билиш мумкин.

Турли ҳароратлар учун (3.16) формула бўйича ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатадики, юқори ҳароратларда (3.16) иккинчи кўшилувчисининг ҳиссаси нисбатан кичик. Паст ҳароратларда унинг ҳиссаси ортиб, асосийга айланади. Шу сабабли ҳароратнинг пасайиши билан психрометрик усулнинг сезгирлиги кескин камаяди, бу эса психрометрик усулни (манфий ҳароратларда) қўллаш имкониятини чеклайди.

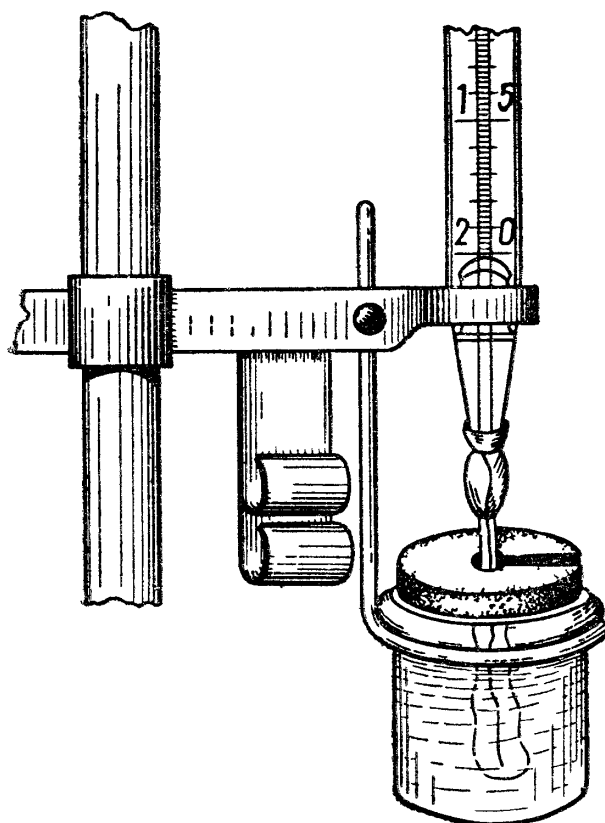
Ҳаво намлигини ўлчаш учун икки турдаги психрометрлар қўлланилади: станцион ва аспирацион психрометрлар.

*Станцион психрометр.* Станцион психрометр психрометрик будқада штативда вертикал ўрнатилган, шкаласи  $0,2^\circ$  бўлимларга бўлинган иккита бир хил термометрлардан иборат. Ўнг томондаги термометрнинг резервуари бўз парчаси билан бир қатлам ўралиб, учи дистилланган сув билан тўлдирилган стакан ботирилади. Стакан қопқоқ билан беркитилади (3.1-расм).

*Станцион психрометр ёрдамида кузатишлар.* Термометрлардан кузатиш ҳисобини олиш иложи борица тез ўтказилиши керак, чунки кузатувчининг ҳозир бўлиши термометрларнинг кўрсаткичларига хато киритиши мумкин. Олдин ўндан бирлари, кейин бутун градуслар ёзиб олинади.

Психрометрлар бўйича кузатишлар ҳавонинг ҳар қандай мусбат ҳароратларида, манфий ҳароратларда эса фақат  $-10^\circ$  гача ҳароратларгача олиб борилади, чунки ундан паст ҳароратларда кузатиш натижалари ишончсиз бўлади. Ҳаво ҳарорати  $0^\circ$  дан паст бўлса, бўзнинг учи қирқиб

ташланади. Бўз кузатишлардан 30 дақиқа олдин сув билан тўлдирилган стаканга ботирилиб намланади.



3.1-расм. Стаканли психрометр

Манфий ҳароратларда бўздаги сув нафақат қаттиқ ҳолатда (муз), балки суюқ (ўта совуган) ҳолатда ҳам бўлиши мумкин. Ташқи кўринишдан сувнинг ҳолатини аниқлаш қийин. Уни аниқлаш учун, қалам ёки таёқчанинг учига қор ёки музни ёпиштириб, бўзга тегизиш керак. Агар тегиш пайтида термометр кўрсаткичи кўтарилса, демак бўздаги сув музга айланди. Бу сув музга ҳолатига ўтган пайтда яширин иссиқлик ажралиб, бунинг ҳисобига ҳарорат бироз кўтарилади. Агар тегиш пайтида термометр кўрсаткичлари ўзгармаса, демак агрегат ҳолатнинг ўзгариши кузатилмаган ва бўзда муз бўлган деб хулоса қиламиз.

Хўлланган термометрнинг резервуарида сув агрегат ҳолатининг ҳисобга олиниши муҳимдир, чунки психрометриқ формулага кирган сув буғининг максимал босими сув ва муз устида ҳар хил.

*Ҳаво намлиги характеристикаларини ҳисоблаш*, яъни сув буғининг парциал босими  $e$ , нисбий намлик  $f$ , шудринг нуқтаси ҳароратини  $t_d$  ва намлик дефицити  $d$  ни психрометр кўрсаткичлари бўйича аниқлаш психрометриқ жадвал ёрдамида амалга оширилади.

(3.8) формуладаги  $A$  психрометриқ коэффицентнинг қиймати 0,0007947 тенг деб олинади ва бу психрометриқ будкадаги ҳаво ҳаракатининг ўртача тезлигига (0,8 м/с) мос келади. Психрометриқ жадвалларда  $A$  нинг қиймати 0,0007947 га, ҳаво босими 1000 гПа га тенг бўлганда,  $t$  ва  $t'$  ларнинг турли қийматлари учун  $t_d$ ,  $e$ ,  $f$  ва  $d$  ларнинг тайёр ҳисобланган қийматлари



келтирилади. Агар ҳаво босими 1000 гПа дан фарқ қилса, у ҳолда намлик характеристикаларига тузатмалар киритилади. Сув буғининг парциал босимига тузатма қуруқ ва ҳўлланган термометрлар кўрсаткичларининг фарқига ва ҳаво босимининг қийматига қараб психрометрик жадвалдан аниқланади. Ҳаво босими 1000 гПа дан кичик бўлса тузатма мусбат, ҳаво босими 1000 гПа дан катта бўлса тузатма манфий бўлади.

Бу тузатманинг физик маноси қуйидагича. Ҳаво босимининг ўзгариши билан ҳавода сув буғининг миқдори ўзгармас бўлганда ҳўлланган термометрдан буғланиш тезлиги ва, демак, унинг кўрсаткичлари ҳам ўзгаради. Агар кузатиш пайтида босим 1000 гПа дан кичик бўлса, буғланиш тезлиги 1000 гПа га тенг бўлган босимдагидан катта бўлади. Ҳўлланган термометрнинг кўрсаткичи ва сув буғининг кўрсаткичи кичрайган бўлади, шу сабабли мусбат тузатмалар киритилади. Табиийки, ҳаво босими 1000 гПа дан катта бўлса, тузатмалар манфий бўлади.

*Намликни ўлчаидаги хатоликлар.* Қуруқ ва ҳўлланган термометрлар кўрсаткичларининг фарқи аниқланганда йўл қўйилган хатолик намлик характеристикаларини аниқлашдаги хатоликларга олиб келади. Ҳароратнинг турли қийматлари учун бу хатоликларнинг қиймати ҳар хил бўлади. Масалан, ҳароратлар фарқи ўлчанганда йўл қўйилган 0,1° хатолик, турли ҳароратларда нисбий намликни аниқлашда қуйидаги хатоликларга олиб келади:

Ҳаво ҳарорати, °С	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
Нисбий намлик хатоси, %	18	8	4	2	1	1	1

Кўриб турибмизки, манфий ҳароратларда хатолик тез ортиб бормоқда, айниқса -10° кейин.

Станцион психрометр ёрдамида ҳаво намлигини ўлчаганда хатоликка олиб келадиган иккинчи сабаб бу психрометрик будқадаги ҳаво ҳаракати тезлигининг доимий эмаслигидир. Юқорида кўрсатилганидек, психрометрик *доимий А* ни келтириб чиқаришда будқадаги ҳаво ҳаракати тезлиги 0,8 м/с га тенг деб қабул қилинган. Амалда у будқадан ташқаридаги ҳавонинг тезлигига боғлиқ бўлиб, бу қийматдан анча фарқ қилиши мумкин ва бунга мос ҳолда психрометрик доимий *А* нинг қиймати ҳам ўзгаради.

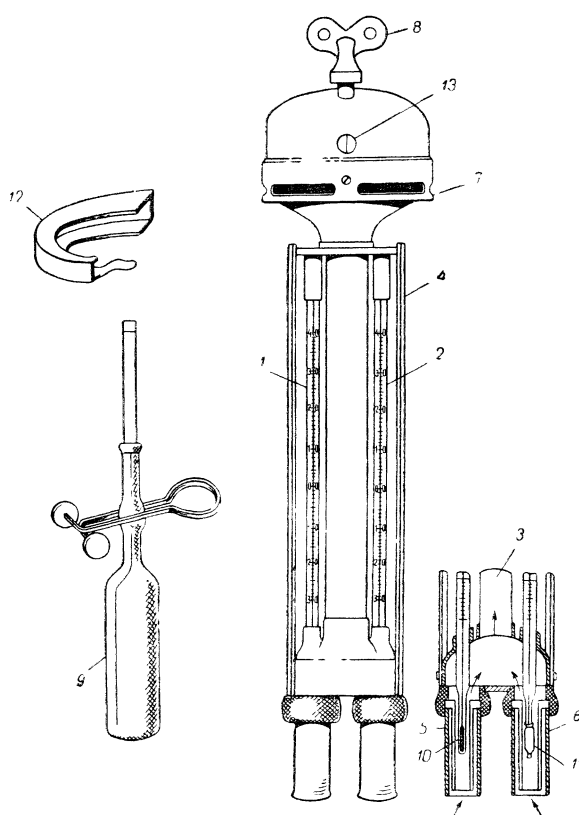
Тажрибадан маълум бўлдики, шамол тезлиги 0,3 м/с дан 4 м/с гача ўзгарса, сув буғи парциал босими учун хатолик ±1 гПа, нисбий намлик учун ±7% гача етиши мумкин. Лекин, шамол тезлигига тузатмалар киритилмайди, бу эса баъзида ҳаво намлиги характеристикаларини аниқлашда сезиларли хатоликларга олиб келади.

Юқорида санаб ўтилган нуқсонларга қарамай, станцион психрометр, унинг оддийлиги сабабли, метеорологик станцияларда қўлланиладиган асосий асбоб бўлиб хизмат қилади.

*Аспирацион психрометр (Ассман психрометри).* Аспирацион психрометрнинг ишлаш принципи станцион психрометр билан бир хил. Бу психрометрнинг афзаллиги шундаки, унда термометрларнинг қабул қилувчи

қисмлари атрофида ҳаво ҳаракатининг ўзгармас тезлигига (2 м/с) сунъий йўл билан эришилади.

Асбобнинг тузилишини кўрб чиқайлик (3.2-расм). Бу асбобнинг психрометрик доимийси 0,000662 га тенг. Станцион психрометрнинг термометрларидан кичикроқ, иккита психрометрик термометрлар 1, 2 темир гардишга ўрнатилган. Термометр шкаласининг бўлакчалари қиймати 0,2° га тенг. Гардиш, пастда иккита ажраладиган темир найчадан 3 ва ён томонида химоялардан 4 иборат. Найчанинг 3 тепа қисми аспиратор 7 га уланган. Аспиратор ёрдамида ташқаридаги ҳаво термометрларнинг 10, 11 резервуарлари жойлашган найчалардан 5, 6 ҳайдалади. Аспиратор пружинали механизмга эга. Пружина калит 8 билан бураб юргизилади. 5, 6 найчалар икки қаватли. Термометрлардан (ўнг томонидаги) бирининг резервуари калта кесилган бўз билан ўралган.



3.2-расм. Аспирацион психрометр

Психрометрларнинг никелланган ва силлқиланган сиртлари қуёш нурларини яхши қайтаради. Шунинг учун ҳам унга ҳеч қандай қўшимча химоя керак эмас ва очиқ ҳавода ўрнатилиши мумкин. Аспирацион психрометрлар метеорологик станциялар ва дала микроклимий тадқиқотларида градиент кузатишлар учун қўлланилади.

*Аспирацион психрометр ёрдамида кузатишлар.* Психрометрни қишда кузатишдан 30 мин, ёзда 15 мин олдин ташқарига олиб чиқилади. Термометрнинг бўзи кузатиш муддатидан қишда 30 мин, ёзда 7 мин олдин пипеткали резина “груша” 9 ёрдамида ҳўлланади. Ҳўллангандан кейин аспиратор юргизилади, у кузатиш муддатида максимал куч билан ҳавони

хайдаши керак. Шунинг учун қишда ҳисоб олишдан 4 мин олдин аспираторни қайта бураб, юрғизиш керак.

Ҳисоб олиш пайтида кузатувчи шундай туриши керакки, ҳаво ҳаракати асбобдан кузатувчи томонга йўналган бўлиши лозим. Агар кузатиш пайтида кучли шамол эсиб турган бўлса, вертикал жойлаштирилган асбобда аспирация тезлиги бузулади. Бундан қутилиш учун, аспираторнинг шамол эсиб турган томонига шамолдан ҳимоя 12 ўрнатилади. Шамол тезлиги 4 м/с дан ортганда ҳимоя қўлланилади.

Ҳаво намлиги характеристикалари аспирацион психрометр кўрсаткичлари бўйича психрометрик жадваллар ёрдамида ҳисобланади. Сув буғи босимининг кўрсаткичларини жадвал шароитига келтириш учун ҳаво босимига боғлиқ бўлган тузатмадан ташқари, аспирация тезлигига ҳам тузатма киритилади. Бу тузатма ҳар қандай ҳаво босимида мусбат бўлади, чунки аспирацион психрометр резервуарларини ўраб оқётган ҳаво ҳаракатининг тезлиги будкадагидан катта бўлади. Шунинг учун буғланиш ва унга сарфланган иссиқлик ортади, ҳўлланган термометрнинг ҳарорати худди шу шароитдаги стационар психрометр кўрсаткичларига нисбатан пастроқ бўлади.

Мутлақ қийматига кўра аспирация тезлигига тузатма босимга киритиладиган тузатмага нисбатан анча катта бўлади. Шунинг учун ҳам уларнинг йиғиндиси, яъни аспирацион психрометрнинг ҳўлланган термометрига киритиладиган умумий тузатма, ҳаво босимининг ҳар қандай қийматларида мусбат бўлади.

Психрометрик жадвалларда (1981 й.) йиғинди тузатма (аспиратор тезлигига ва босимга) бевосита сув буғининг босимига киритилади. У 4-жадвал (1981 й. психрометрик жадвали) ёрдамида қуруқ ва ҳўлланган термометрлар кўрсаткичлари фарқига ва ҳаво босими қийматига қараб аниқланади.

*Аспирация тезлигини текшириш.* Аспирацион психрометр бўйича кузатишларда ишончли натижаларни термометрларнинг қабул қилувчи қисмида ҳаво ҳаракатининг тезлиги ҳақиқат ҳам 2 м/с га айнан тенг бўлгандагина олиш мумкин. Психрометрнинг бошида ўрнатилган барабаннинг бурама пружина ёрдамида айланиш тезлигидан аспираторнинг қониқарли ҳолати тўғрисида хулоса қилиш мумкин. Барабанда чизиқча ёки стрелка шаклида белги мавжуд бўлиб, унинг айланишини асбобдаги 13 ойначадан кузатиш мумкин.

Психрометр барабанининг айланиш даври қуйидагича аниқланади: 1) пружинани тўлиқ айлантриб юрғизилади; 2) психрометрни вертикал ҳолатга келтириб, барабандаги ойначадан белги пайдо бўлиши кузатилади; 3) барабандаги белги ойначадаги белги билан устма-уст тушганда секундомер ишга тушурилади; 4) барабандаги белги бир марта тўлиқ айланиб келгандан сўнг секундомер тўхтатилади; 5) секундомердан барабаннинг битта тўлиқ айланиш вақти аниқланади (1 с аниқлик билан).

Текширилаётган психрометр барабанининг айланиш даври ушбу психрометрнинг ҳужжатларида кўрсатилган вақтдан 10 с дан кўпроққа фарк қилмаса, барабаннинг айланиш тезлиги қониқарли деб ҳисобланади.

*Электромоторли аспирацион психрометр.* Ушбу аспирацион психрометрларнинг вентилятори электромотор ёрдамида айлантирилади. Психрометрнинг ташқи кўриниши ва ўлчамлари аспирацион психрометр билан бир хил. Психрометрлар 127 ва 220 В кучланишли токда ишлайдиган моторлар билан ишлаб чиқарилади. Бу психрометрлар термометрларининг резервуарлари атрофида вентилиция тезлиги 2 м/с га тенг бўлади.

### 3.2. Конденсацион гигрометрлар

Бундай гигрометрларнинг метрик хусусияти шудринг (қиров) нуктаси ҳароратининг ҳаво намлигига боғлиқлигидадир, яъни сув буғи конденсация фазаси билан мувозанатда бўлган ҳароратдир. Бу тарифдан келиб чиқадики, сув буғининг парциал босим  $e$  шудринг нуктаси ҳароратидаги сув буғининг тўйиниш парциал босимига тенг:

$$e = E_r \quad (3.17)$$

Сув буғи қайси фаза (сув ёки муз) билан мувозанатда бўлишига боғлиқ ҳолда, мос равишда шудринг нуктаси ва қиров (муз) нуктаси ҳароратлари ажратилади.

Конденсацион гигрометр усулини амалга ошириш учун, сув буғининг парциал босимини ўзгартирмасдан уни буғ-конденсат тизимини совутиш йўли билан сув (ёки муз) билан термодинамик мувозанатга келтириб, сўнг фазалар ажралиб турган сиртдаги ҳароратни ўлчаш керак. Бу ҳарорат шудринг нуктаси ҳарорати бўлади.

Паст манфий ҳароратларда, сув буғи кристалларга айланмасдан тиник аморф музга конденсатланганда, конденсат устидан кузатиш мураккаблашади. Бу ҳолда сув ва музнинг физик хусусиятлари, зичлиги, қайтариш қобилияти, комплекс диэлектрик ўтказувчанлиги ва бошқаларнинг кескин фарқланишига асосланган ишончли индикация (аниқлаш) зарур.

Муайян асбобларни кўриб чиқишдан аввал, шудринг нуктаси ҳарорати ва ҳавонинг нисбий намлиги орасидаги боғланишни кўриб чиқайлик. Бу тадқиқот, усулни амалга ошириш учун шудринг нуктаси ҳарорати қандай аниқлик билан ўлчаниши кераклигини аниқлашга инмкон беради.

Ҳавонинг ҳарорати  $T$  бўлганда нисбий намик  $f$  га тенг бўлсин. Унда юқоридагиларга мувофиқ сув буғи парциал босими қуйидагича бўлади:

$$e = fE_m = E_r \quad (3.18)$$

Бу тенгламани ечиш учун Клаузиус-Клапейрон тенгламаси (3.11) ва унинг ечими (3.12) дан фойдаланамиз:

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

(3.19) ни  $f$  га нисбатан ечиб ва  $L$  нинг ҳароратга ( $T$  ва  $\tau$  диапазонда) боғлиқлигини ҳисобга олмасак, қуйидгига келамиз:

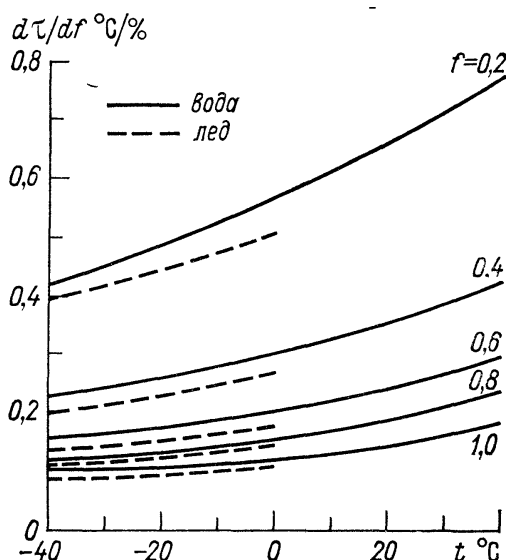
$$\ln f = \frac{L}{k} \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{\tau} \right) \quad (3.20)$$

(3.20) ни  $\tau$  га нисбатан ечиб, уни  $f$  бўйича дифференциалласак, қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

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

Бу тенглама *шудринг нуқтаси усулининг сезгирлик тенгламаси* деб аталади. Бу тенглама, ҳавонинг нисбий намлигини у ёки бу аниқлик билан топиш учун шудринг нуқтаси қандай аниқлик билан ўлчаниши кераклигини кўрсатадиган тенгламадир.

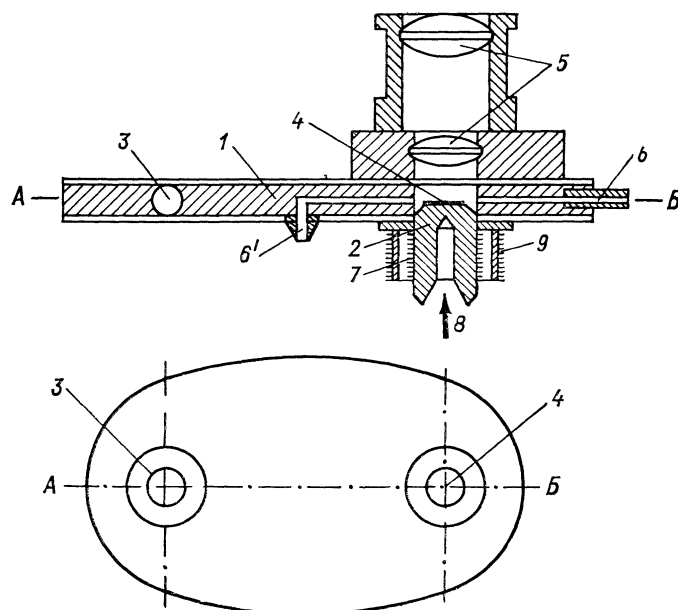
Турли ҳароратларда ва нисбий намликда ҳисобланган сезгирликлар 3.3-расмда келтирилган. Расмдан кўриб турибмизки, шудринг нуқтаси усулининг сезгирлиги нафақат мусбат, балки манфий ҳароратларда ҳам юқори, шу сабабли шудринг нуқтаси ҳароратини ўлчаш аниқлигига қўйилган талаблар паст ҳароратларда ҳам, юқори ҳароратларда ҳам, унчалик юқори эмас. Шудринг нуқтаси ҳароратини ўлчаш аниқлигига қўйиладиган унчалик юқори бўлмаган талаблар бу усулнинг асосий устунлигидир.



3.3-расм. Шудринг нуқтаси усулининг турли ҳарорат ва нисбий намликлардаги сезгирлиги

3.4-расмда акс эттирилган гигрометр конденсацион гигрометр намунаси бўлиши мумкин.

Эллипс шаклидаги ойнали қайтаргичнинг қутбларига металл ангишвона 2 ва ёруғлик манбаи 3 ўрнатилади. Ёруғлик, фокусда ўрнатилган ангишвонада йиғилиб, ҳар томонлардан кичик бурчак остида қорайтирилган кўзгуга 4 бир текис тушади. Конденсат ҳосил бўлмагунга қадар ангишвонадан қайтариш кўзгунинг қайтаришига яқин ва лупанинг кўриш майдони қора бўлади. Кўзгу устида конденсат ҳосил бўлганда ёруғликнинг бир қисми диффузион қайтарилиб, лупа окулярига 5 тушади ва конденсат аниқ кўринади.



3.4-расм. Конденсатни қоронғи майдон усули бўйича кузатиш конденсацион гигрометри

Текширилаётган ҳаво ангишвонага штуцерлар 6 ва 6' ёрдамида ингичка оқим кўринишда етказилади ва шу сабабли ангишвонада конденсат кўзгунинг қора фонида яққол кўринадиган тор йўлка кўринишда ҳосил бўлади.

Ангишвона ҳароратини ўлчаш учун қаршиликли термометр қўлланилади. Унинг датчиги - платинали сим 7 - ангишвона сиртига бир текис ўралади.

Ангишвонанинг совутилиши совуқ реагент 8 оқим билан амалга оширилади.

Совуқ реагент оқим ангишвонанинг ички қисмига берилади, шу сабабли ангишвона шудринг нуқтаси ҳароратидан пастроқ ҳароратларгача совийди. Иситгич 9 ўрамидан электроток ўтказиб ва уни бошқариб, ангишвонанинг ҳароратини шудринг нуқтаси ҳароратига яқин интервалда бир текисда ушлаб туриш мумкин.

Ракета ва смолётларда асбоб ўрнатилганда у автоматик тарзда ишлайди.

### 3.3. Деформацион гигрометрлар

Деформацион гигрометрларнинг датчиклари сифатида хайвон ички аъзоларининг юпқа органик пардалари ва ёғсизлантирилган инсон соч толалари, ҳамда уларнинг синтетик аналоглари (мембрана, толалар)дан фойдаланилади. Улар учун умумий хусусият - нам ҳавода сув билан тўладиган микроскопик ғовакларнинг мавжудлигидир. Атрофдаги ҳавонинг намлиги ўзгариши билан ғоваклар деформацияланади. Улар намлик ортиши билан кенгаяди ва аксинча, намлик камайганда тораяди. Мос ҳолда датчикларнинг чизикли ўлчамлари ҳам ўзгаради.

Деформацион гигрометрлар учун сезгирлик формуласини келтириб чиқарайлик. Агар сув сирти ботиклигининг эгрилиги шундай ўзгарсаки, уларнинг устида сув буғининг тўйиниш босими доимо атроф ҳаводаги сув буғининг парциал босимига тенг бўлса, яъни динамик мувозанат мавжуд бўлса, у ҳолда

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

ёки

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

Томсон формуласидан фойдаланамиз:

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

бу ерда  $E_r$  - ботик сирт устидаги тўйинган сув буғининг босими,  $E_0$  - ясси сирт устидаги тўйинган сув буғининг босими,  $\sigma$  - сувнинг сирт таранглик коэффиценти,  $R_1$  ва  $R_2$  - ботик сиртларнинг эгрилик радиуслари,  $a$  - пропорционаллик коэффиценти.

Лаплас формуласи бўйича

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

бу ерда  $P$  – сув сирти ботиклигидаги капилляр босими.

Соч (парда) узунлигининг ўзгаришини деформацияловчи кучга пропорционал деб ҳисоблаб, қуйидагини ёзиш мумкин:

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

бу ерда  $M$  – сочнинг сиқилиш модули,  $l$  - соч ғовақларида сувнинг ясси сирталари кузатилган пайтдаги соч узунлиги,  $\Delta l$  - деформацияловчи кучлар таъсирида соч узунлигининг ўзгариши. (3.24), (3.25) ва (3.26) ифодаларни бирлаштириб, қуйидагига келамиз:

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

Бу ифодадан  $f$  ва  $l$  бўйича ҳосила олсак, деформацион гигрометрлар учун сезгирлик тенгламасини ҳосил қиламиз:

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

Сезгирлик тенгламаси нисбий намлик ўзгарганда сочнинг узунлиги канчага ўзгаришини кўрсатади.

(3.28) да энг ўзгарувчан катталик эластиклик модули  $M$  дир. Ҳарорат пасайиши билан у ортади, бундан ташқари у датчикнинг эскириши билан ҳам ўзгаради. Лекин бунга қарамай юқоридаги формулалар етарли аниқлик билан бажарилади.

Ипак ва синтетик (масалан, нейлон) толалар ҳам ҳаво намлигининг ўзгариши билан ўз узунлигини ўзгартиради. Улар учун ҳам юқорида келтирилган формулаларни қўллаш мумкин. Бундан ташқари турли хил намликка таъсирчан органик пардалар ҳам кенг тарқалган. Соч толаси каби парда ҳам ҳаво намлиги ўзгариши билан деформацияланади, қўлланилаётган пардалар ўлчамларининг нисбий ўзгариши толалардагига нисбатан бирмунча катта.

Деформацион сезгир элементларнинг шакли гигрометрларга қўйилган талабларга жавоб берадиган кўринишда танланади.

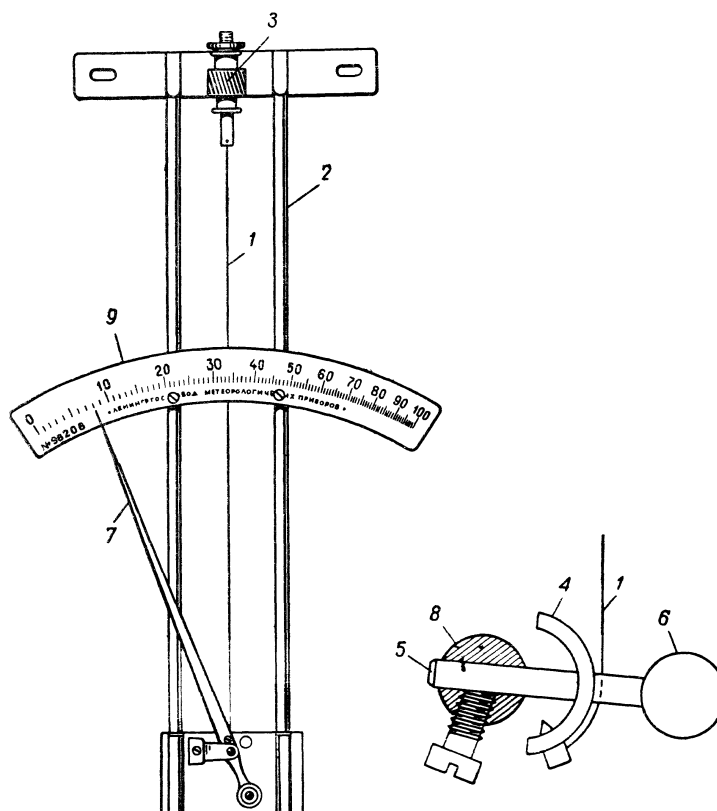
*Соч толали гигрометр.* Соч толали гигрометрнинг асосий қисми - нисбий намлик ўзгариши билан ўз узунлигини ўзгартириш хусусиятига эга бўлган ёғсизлантирилган (спирт ёки эфир ёрдамида ишлов берилган) инсон сочибир (3.5-расм). Нисбий намлик камайганда рама 2 да жойлаштирилган соч 1 калталашади, намлик ортганда - узаяди.

Сочнинг юқори учи созлаш винти 3 га уланади ва унинг ёрдамида гигрометрнинг шкаласи 9 даги стрелка 7 нинг жойлашини ўзгартириши мумкин. Сочнинг пастки учи стержен 7 да ўрнатилган ёйсимон шаклдаги блок 4 билан уланган. Бу блокдаги юк 6 сочни таранг ҳолатда ушлаб туришга хизмат қилади. Блок 8 нинг ўқида стрелка 7 ўрнатилган бўлиб, унинг эркин учи ҳавонинг намлиги ўзгарганда шкала бўйича силжийди.

Гигрометр шкаласининг бўлақлари қиймати нисбий намликнинг 1% га тўғри келади. Бўлақларнинг узунлиги бир хил эмас: намликнинг кичик қийматларида бўлақлар кенгрок, намликнинг катта қийматларида улар қисқароқ бўлади. Бундай шкаланинг қўлланилиши намликнинг кичик



қийматларида соч узунлигининг тезроқ, намликнинг катта қийматларида секинроқ ўзгариши билан изоҳланади.



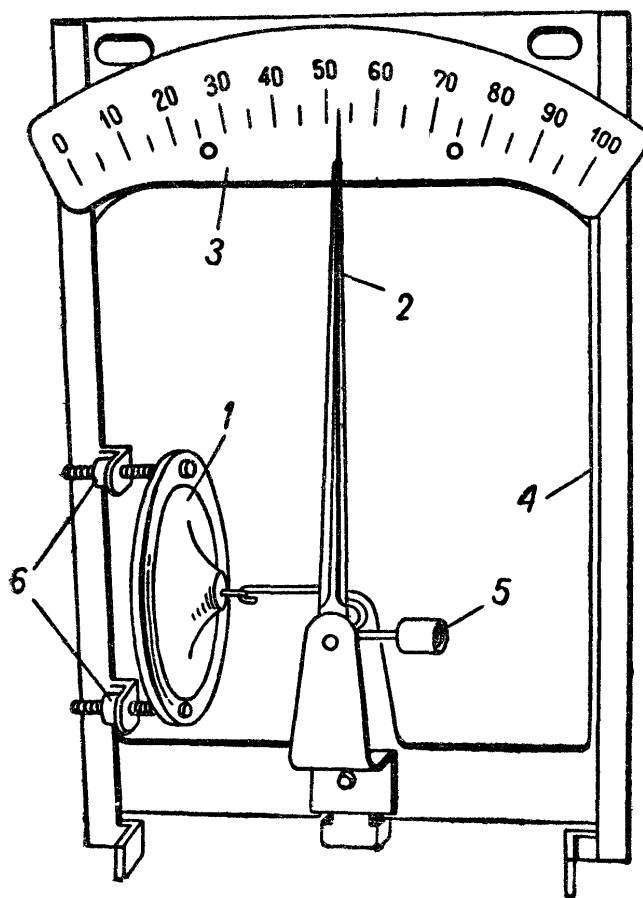
3.5-рasm. Соч толали гигрометр

Гигрометр ҳавонинг ҳарорати  $-50$  градусдан  $+59$  градусгача ўзгарадиган ҳароратларда ишлашга мўлжалланган.

*Пардали гигрометр.* Унинг ишлаш принципи, ҳавонинг нисбий намлиги ўзгариши билан боғлиқ бўлган гигроскопик органик парда чизиқли ўлчамларининг ўзгариши хусусиятига асосланган (3.6-рasm). Асбоб намликка сезгир элемент 1, узатувчи механизм, стрелка 2, шкала 3 ва асбобнинг қисмлари ва деталлари ўрнатиладиган темир рамка 7 дан иборат. Парданинг деформацияси узатувчи механизм ёрдамида асбобнинг шкаласига нисбатан стрелканинг силжишига айлантирилади. Парданинг доимий таранглиги махсус юк 5 ёрдамида амалга оширилади. Асбоб шкаласининг бўлаклари бир хил. Асбобда стрелканинг шкаладаги керакли бўлакка дастлабки ўрнатилиши, сезгир элементни асбоб рамкасига ўрнатадиган винтлар ёрдамида бажарилади. Гигрометр  $-60^{\circ}\text{C}$  дан  $+35^{\circ}\text{C}$  гача ҳароратлар диапозонида ишлашга мўлжалланган. У нисбий намлиги катта, ҳаво ҳароратлари эса паст бўлган иқлимий шароитларда (Арктика, Антарктида) яхши ишлайди.

*Гигрометрлар ёрдамида кузатишлар.* Гигрометр (соч толали ёки пардали) станцион психрометр ўрнатилган психрометрик будкада, қуруқ ва ҳўлланган термометрлар орасидаги штативда ўрнатилади. Гигрометрдан ҳисоб олиш (бутун бир бўлак аниқлигида) психрометрик термометрлардан

ҳисоб олиш ўтказилгандан сўнг дарҳол ўтказилади. Ҳисоб олишлар орасида вақт мумкин қадар кичик бўлиши керак.



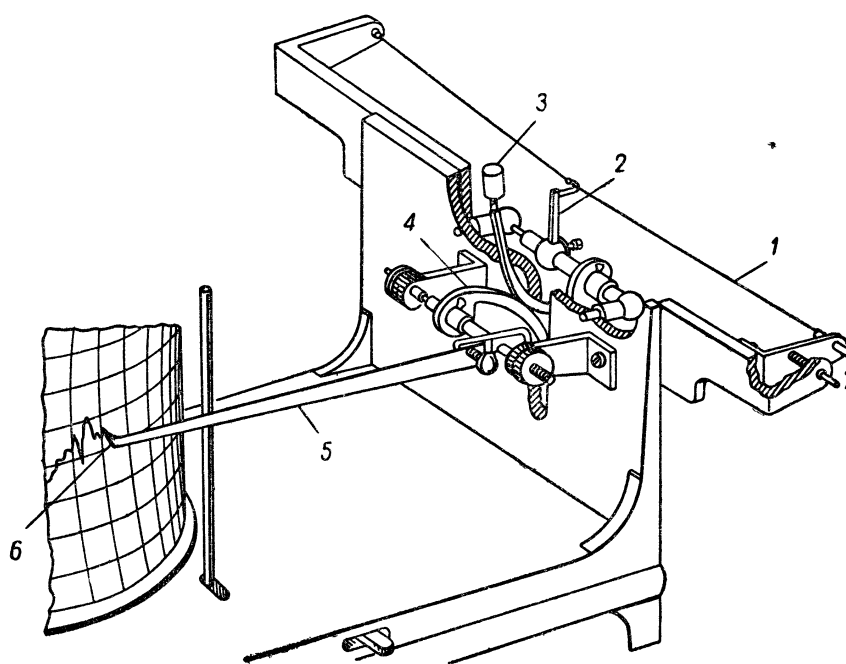
3.6-расм. Пардали гигрометр

*Гигрометр тузатмалари.* Гигрометрнинг узоқ вақт ишлатилиши, уларни намлик ўзгаришига сезгирлигини камайтиради, чунки соч толаси узун бўлиб, ифлосланиб қолади, парда эса қуриб қолади. Шунинг ҳисобига олиб гигрометр кўрсаткичларини тез-тез психрометр кўрсаткичлари билан таққослаб, тузатмалар киритиш лозим, бу мақсадда махсус график усули қўлланилади.

*Гигрографлар.* Нисбий намлик ўзгаришларини мунтазам кузатиш учун ўзиёзар гигрографлар қўлланилади (3.7-расм).

Соч толали гигрографнинг ўлчаш қисми сифатида ёғсизлантирилган инсон сочлари боғлами 1 хизмат қилади. Бу боғлам рамкага ўрнатилади, унинг узунлиги ўзгариши ричаглар тизими 3, 7 ёрдамида стрелка 5 ва перо 6 га узатилади. Боғламнинг ўрта қисми горизонтал илмоқ 2 ёрдамида тортиб қўйилади. Эгри ричаг бошқа эгри ричаг 4 бўйлаб сирпанади, у эса умумий ўк билан, учида перо 6 ўрнатилган узун стрелка 5 билан уланади. Ричагларнинг эгрилиги шундайки, улар соч боғламининг нотекис ўзгаришларида ҳам перонинг тасмада бир текис силжишини таъминлаб беради. Шундай қилиб, гигрометр шкаласидан фарқли ўлароқ, бутун шкала бўйича тасмадаги бўлақлар бир хил бўлади. Гигрограф перосини сошлаш учун винт 7 хизмат қилади. Унинг ёрдамида соч боғламининг учларини яқинлаштириш ёки

узоклаштириш мумкин. Шунда стрелканинг жойлашиши ҳам ўзгаради. Гигрограф ёзишини тўхтатиш ва барабандаги диаграмма тасмасини алмаштириш учун соат механизми барабан 6 дан перо стрелкаси 5 ни ажратиш лозим. Стрелкани ажратиш учун уни соат стрелкасига тескари йўналишда охиригача бурилади. Барабанга перони тушириш учун, аксинча йўналишда бурилади. Асбоб, белги қўядиган қурилма билан таъминланган. Унинг ёрдамида, асбоб қопқоғини очмасдан, кнопкага енгил босиш йўли билан тасмада кузатишларнинг бошланиши вақти ҳақида белги ўрнатилади. Гигрографнинг қайд қилувчи қисми бошқа ўзиёзарлар каби тузилган. Ёзув, соат механизми барабанга кийдирилган тасмага туширилади. Гигрограф барабаннинг айланиш тезлигига қараб суткалик ёки ҳафталик бўлиши мумкин.



3.7-расм. Гигрограф

*Пардали гигрограф* корпус, ўлчайдиган қисм, узатиш механизми ва сезгир элементдан иборат бўлади. Сезгир элемент сифатида пардали гигрометр каби махсус ишланган, гигроскопик органик пардадан ясалган думалоқ мембрана қўлланилади. Мембрананинг эгилиши махсус узатиш механизми ёрдамида соат механизми барабанида ўрнатилган тасмага ёзадиган пероли стрелкага узатилади. Намлик ўлчагич механик таъсирлардан махсус қурилма билан ҳимояланган.

Гигрограф тасмаларини қайта ишлаш график усули билан бажарилади. Бу мақсадда муддатли кузатиш соатларидаги психрометрдан олинган ҳисоблар ва айнан шу соатлар учун гигрограф тасмалаларидан олинган ҳисоблар учун график тузилади. Кейин гигрограф тасмасидан олинган ҳар бир ҳисоб учун жадвалдан нисбий намликнинг тузатма киритилган кийматлари аниқланади. Гигрограф тасмасидан ҳисоблар, гигрометрлар каби 1% аниқлик билан олинади. Гигрограф ёзувларининг ўзгартирилган кийматлари ойлик жадвалга киритилади.

### 3.4. Радиацион гигрометрлар

Радиацион гигрометрларда ҳаводаги сув буғи миқдори ва оптик нурланишнинг ҳаво муҳитидан ўтишида сув буғида ютилиши натижасида кучсизланиши даражаси орасидаги боғланишдан фойдаланилади қўлланилади. Анъана бўйича улар радиацион деб аталса ҳам, уларни оптик (оптоэлектрик) деб номлаш тўғрироқ бўларди.

Сув буғи радиация спектрининг турли участкаларида чуқур ютиш полосаларига эга. Айнан шу полосалар радиацион гигрометрларда қўлланилади. Одатда,  $\lambda = 694,383$  нм га тенг бўлган тўлқин узунлиги атрофидаги тор ютиш полосаси қўлланилади.  $l$  масофада монохроматик нурланишнинг ютилиши Бугер-Ламберт-Беер қонуни бўйича ҳисобланади:

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

бу ерда  $I_{0,\lambda}$  - нурланиш оқими зичлигининг дастлабки жадаллиги,  $k$  – кучсизланиш коэффициенти.

Радиацион гигрометрларнинг сезгирлиги деб, ҳавонинг мутлақ намлиги  $a$  аргумент,  $l$  масофани ўтгандан сўнг нурланиш оқимининг нисбий зичлиги функция бўлган ҳосила тушинилади.

(3.29) қонунни қабул қилсак,  $u$  ҳолда сезгирлик қуйидагига тенг бўлади:

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

$l \rightarrow 0$  бўлганда, сезгирлик ҳам нолга интилади, чунки чексиз кичик масофада ютилиш нолга тенг бўлади. Масофа чексизликка интилганда ( $l \rightarrow \infty$ ), сезгирлик нолга интилади, чунки радиация бутунлай ютилади.

Сезгирликнинг максимуми  $k_{\lambda} l = 1$  тенг бўлганда эришилади. Унда

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

Радиацион гигрометрлар тузилиши бўйича радиацион термометрларга ўхшайди. Лекин термометрларда ўлчаш объектининг ўзи радиация манбаси бўлади, гигрометрларда эса радиация манбаси асбобнинг ичидаги деталлардан бири бўлади. Радиацион гигрометрларда нурланиш манбаси сифатида лазерлар қўлланилади.

### 3.5. Намликни ўлчашнинг бошқа усуллари

#### 3.5.1. Электрохимёвий гигрометр

Электрохимёвий гигрометрлар моддаларнинг гигроскопик хоссалрига асосланади. Бу моддалар атрофдаги ҳаво таркибига кирувчи сув буғи билан динамик мувозанат ҳолатида шундай миқдордаги сув буғини ютадики, бунда модда устидаги буғнинг тўйиниш босими ҳаводаги буғнинг босимига тенг бўлиб қолади.

Гигроскопик модданинг (қаршилиқ, диэлектрик ўтказувчанлик) ундаги сув миқдори билан максимал даражада бир қийматли боғланган электр параметрларидан фойдаланиш қулай.

Ишлаш принципига кўра электрохимёвий гигрометрларни икки турга ажратиш мумкин. Биринчи ҳолда гигрометр датчиги гигроскопик модда эритмаси – электролитдан иборат бўлади. Электролитнинг концентрацияси намлик функцияси ҳисобланади. Булар *электролитли намлик датчикларидир*. Иккинчи ҳолда гигрометр қаттиқ ҳолатдаги гигроскопик моддadan иборат бўлади. Бу турдаги датчиклар *сорбцион датчиклар* деб аталади. Ўз навбатида уларни *адсорбцион* ва *абсорбцион* гуруҳларига ажратиш мумкин. Адсорбцион датчикларда сув фақат материалнинг ташқи қатламида ютилади (адсорбцияланади). Абсорбцион датчикларда сувнинг ютилиши ғовак тузилишга эга бўлган сезгир элементнинг бутун ҳажмида содир бўлади (сув буғи абсорбцияси). Сорбентнинг сиртида сув пленкасининг ҳосил бўлиши бутун материалнинг у ёки бу даражадаги намланишига олиб келганлиги учун бу босим маълум даражада шартли ҳисобланади.

Иккала турдаги электрохимёвий гигрометрларнинг асосий имкониятларини кўриб чиқамиз.

*Электролитли гигрометрлар*. Гигроскопик модда эритмаси – электролит шимдирилган ғовак пленка электролитли гигрометрнинг датчиги бўлиб хизмат қилади. Атрофдаги ҳавонинг намлиги қанча катта бўлса, электролит шунча кўп суюқлашади ва пленканинг электр ўтказувчанлиги шунча камаяди. Миқдорий боғланишни топиш мақсадида гигроскопик модда эритмасининг устидаги сув буғи учун Рауль қонунидан фойдаланамиз:

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

бу ерда  $E'$  – гигроскопик электролит эритмасининг устидаги сув буғининг тўйиниш босими,  $i$  – мазкур электролит учун Вант-Гофф коэффиценти,  $c'$  – электролит эритмасидаги гигроскопик модданинг концентрацияси,  $\mu'$  – гигроскопик модданинг нисбий молекуляр массаси.

Гигроскопик мувозанат ҳолатида ҳаводаги сув буғининг босими эритма устидаги тўйиниши босимига тенг:

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

Иккинчи томондан электролитнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги қуйидагига тенг:

$$\chi = Ac'(U_+ + U_-), \quad (3.34)$$

бу ерда  $U_+$ ,  $U_-$  – берилган ҳароратда эритмадаги катион ва анионларнинг ҳаракатчанлиги,  $A$  – электролитнинг кимёвий таркибига боғлиқ бўлган ўлчам коэффициентлари.

(3.34) тенгламадан  $c'$  ни (3.33) тенгламага қўямиз. У ҳолда:

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

Электролит пленканинг қаршилиги  $R$  солиштирма электр ўтказувчанлик билан қуйидагича боғланган:

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

бу ерда  $l$ ,  $b$ ,  $d$  – мос равишда пленканинг бўйи, эни ва қалинлиги. У ҳолда

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

Намлиқни электролитик усул билан ўлчашнинг сезгирлигини нисбий намликнинг бир бирликка ўзгаришига мос келувчи пленка электролит қаршилигининг ўзгариши сифатида аниқлаймиз:

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

Бундан плёнканинг узунлиги қанча катта, қалинлиги ва эни қанча кичик бўлса, электролитли гигрометрнинг сезгирлиги шунча катта бўлиши кўриниб турибди. Намлик ортганида сезгирлик ҳам ортади.

Плёнканинг қаршилигини ўлчаш учун одатда елкаларидан бири электролит датчикдан иборат бўлган кўприк схема қўлланилади. Электролитнинг емирилиши ва электродлар қутбланишининг олдини олиш мақсадида кўприкка ўзгарувчан ток берилади. Кўприкнинг сигнали нисбий намлик бирликларида бўлакланган шкала ва ўзиёзар ўлчаш қурилмасига узатилади.

Электролитли гигрометрларнинг асосий хатоликлар манбаси пленканинг гистерезиси билан боғлиқ. Маълум бўлган материаллар ичида поливинилацетат етарлича механик мустаҳкамликка эга бўлиш билан бирга энг кичик гистерезисга эга.

*Сорбцион гигрометрлар.* Бу турдаги гироскопик модда – сорбент қаттиқ тагликка қопланади. Нам ҳавода сорбент сувни гироскопик мувозанатга келгунга қадар ютади. Бу ҳолда сорбентнинг электр қаршилиги сирт қатламининг ўлчаш параметри вазифасини бажариши мумкин. Мутлақ қуруқ ҳавода сорбентнинг қаршилиги чексизга яқинлашади. Нам ҳавода намлик қанча катта бўлса, қаршилик шунча камайиб боради. Улар орасидаги боғланиш тажриба йўли билан аниқланади.

Сорбцион гигрометрларда фаол қаршилик эмас, балки сорбент билан қопланган тагликнинг диэлектрик ўтказувчанлиги ўлчанади. Диэлектрик ўтказувчанлик сорбентдаги сув миқдорига, у эса ўз навбатида ҳавонинг нисбий намлигига боғлиқ.

Генераторнинг тебранма контурига киритилган кварц пластинка сиртига қопланган сорбент сезувчи элемент вазифасини бажарувчи сорбцион гигрометр ишлаб чиқилган. Контурдаги электр тебранишларининг частотаси адсорбцияланган сувнинг массасига боғлиқ бўлади. Сув массаси эса, юқорида таъкидланганидек ҳавонинг намлиги билан бир қийматли боғлиқ.

### 3.5.2. ЎЮЧ резонаторли гигрометрлар

ЎЮЧ гигрометрларда ҳаво диэлектрик ўтказувчанлигининг намликка боғлиқлигидан фойдаланилади. Эркин атмосферада ўлчашлар ўтказиш учун ЎЮЧ диапозони ҳажмий резонаторлари қўлланилади. Гигрометрнинг номи шундан олинган. Бироқ электромагнит ЎЮЧ сигналининг қаттиқ жисмнинг сирти яқинидаги ёки эркин фазодаги тўлқин ўтказувчидан ўтишида унинг тадқиқ этилаётган ҳаво намлигининг ўзгариши билан боғлиқ трансформациясини ҳам кузатиш мумкин.

ЎЮЧ гигрометрия усуллари намликни  $10^{-6}$  с тартибидаги вақт доимийси билан аниқлашга имкон бериши, шунингдек уларнинг автоматлаштирилган ўлчаш тизимларида ишончли ишлаши билан қизиқиш уйғотади. Ўлчашларнинг аниқлигига келсак, у термобарик компенсация шароитларида ёки ҳавонинг ҳарорати ва босими мустақил ўлчанганда ва уларнинг диэлектрик ўтказувчанликка таъсири ҳисобга олинганда етарлича юқори бўлиши мумкин.

Намликни диэлектрик ўтказувчанликнинг ҳақиқий қисми бўйича ( $\epsilon'-1$ ) ёки диэлектрик йўқотишлар бўйича аниқлаш мумкин.

Рақамли ЎЮЧ резонансли гигрометрларнинг замонавий вариантларида резонанс эгри чизиғини ўзгартириш бўйича барча операциялар микропроцессор томонидан бажарилади. Бундан ташқари микропроцессор термометр ва барометр маълумотларини ҳисобга олади ва ўлчанган диэлектрик ўтказувчанликни ҳаво намлигининг қидирилаётган қийматига ўтказишни амалга оширади.

### 3.5.3. Мембранали (диффузион) гигрометрлар

Мембранали гигрометр иккита бир хил камерадан иборат бўлиб, уларнинг ҳар биридаги деворлардан биттаси ғовак мембраналардан ташкил топади. Камералардаги босим фарқи юқори сезгирликка эга бўлган микроанометр ёрдамида ўлчанади. Агар камераларнинг бирига сув буғини тўхтовсиз ютувчи элемент ўрнатилса, у ҳолда бу ерда биринчи камерага диффузияланаётган атмосфера ҳавосининг намлиги қанча катта бўлса, иккинчи камерадаги босимдан шунча кичик бўлган босим ҳосил бўлади. У ҳолда камералардаги босимларнинг фарқи, демак, микроанометрнинг кўрсаткичлари атмосфера ҳавоси намлиги ўзгаришининг ўлчови бўлиб хизмат қилади.

Мембранали гигрометрларда ғовакларининг ўлчамлари ҳаво молекулаларининг эркин югириш йўлидан кичик бўлган мембраналардан фойдаланилади. Шу сабабли бундай мембраналар орқали ўтаётган ҳаво секин ҳаракатланади. Мембрана материали сифатида ғовакларининг ўртача диаметри 0,4-0,6 мкм бўлган микроғовакли эбонитдан (мипор) фойдаланиш мумкин.

### 3.5.4. Иссиқлик ўтказувчанлик гигрометрлари

Маълумки, ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлиги ундаги сув буғининг миқдорига маълум даражада боғлиқ бўлади. Бу ҳолатдан иссиқлик ўтказувчанлик гигрометрларида фойдаланилади.

Ўрганилаётган ҳаво чангдан тозаланади ва иккита камерадан параллел ўтказилади. Камераларнинг бирида ҳаво 100% намланади ёки бирор маълум қийматгача қурийд. Камераларда электр токи билан иситиладиган термоқаршилиқлар ўрнатилган бўлиб, улар кўприк схемасининг аралаш елкасига қўшилган ва термоанометрлар режимида ишлайди.

Термоқаршилиқлар иложи борича бир хил қилиб танланади. Бу ҳолда кўприк мувозанатининг бузилиши камералардан ўтувчи ҳаво иссиқлик ўтказувчанликларининг фарқи, яъни (бошқа бир хил шароитларда) камералардаги ҳаво намликларининг фарқи билан белгиланади.

Агар намланиш қўлланилаётган бўлса, у ҳолда кўприкнинг дисбаланси ҳаво намлигининг дефицитига пропорционал бўлади. Агар ҳавонинг қуриши қўлланилаётган бўлса, у ҳолда дисбаланс ўрганилаётган ва қуритилган ҳаво намликларининг фарқига пропорционал бўлади.

Иссиқлик ўтказувчанлик гигрометрларининг асосий устунлиги содда ва ишончли ишловчи ўлчаш схемасини қўллаш имконияти билан боғлиқ. Бунда, албатта, ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлиги ҳавонинг намлигига нисбатан кучсиз боғланганлиги учун сигналнинг сезиларли кучайтирилиши талаб этилади.

Иссиқлик ўтказувчанлик гигрометрларининг асосий камчилиги камераларда аниқ бир хил ҳароратни ва ҳаво ҳаракати шароитларини ушлаб туришнинг қийинлиги билан боғлиқ. Камералардаги термоқаршилиқлар



иссиқлик сарфининг жадаллиги ва, демак, кўприкнинг мувозанат даражаси юқоридаги омилларга сезиларли боғлиқ.

### **3.5.5. Ҳаво намлигини ўлчашнинг турли усуллари ни такқослаш**

Ҳаво намлигини ўлчашнинг юқорида кўриб чиқилган асосий усуллари ва уларга мос келувчи асбобларнинг кўпчилигига хос бўлган асосий камчилик ҳарорат пасайганда сезгирликнинг кескин камайиши ҳисобланади. Бунга мувофиқ мусбат ҳароратларда турли усуллар билан намликни ўлчаш нисбатан кичик хатолик билан амалга оширилиши мумкин. Паст ҳароратларда ҳавонинг намлигини ўлчаш муаммоси ҳозиргача маълум даражада ҳал қилинмаган. Бошқа гигрометрлардан фарқли ҳам мусбат, ҳам манфий ҳароратларда сезгирлиги катта бўлган конденсацион гигрометрлар паст ҳароратлар учун энг истиқболли ҳисобланади.

Янги турдаги гигрометрларни ишлаб чиқиш ёки мавжудларини баҳолашда сезгирликдан ташқари уларнинг инерцияси, конструкциясининг мураккаблиги, ўлчаш схемаси ва бошқа хоссаларини эътиборга олишга тўғри келади. Конденсацион гигрометрларнинг инерцияси энг кичик. Деформацион ва мембранали гигрометрлар, шунингдек психрометрлар билан ишлаш энг содда ҳисобланади.

### **Назорат саволлари**

- 1. Психрометрлар ёрдамида ҳаво намлигини ўлчаш қайси принципга асосланади?*
- 2. Психрометр доимийси (психрометрик коэффициент) нима ва у қандай параметрларга боғлиқ?*
- 3. Станцион психрометр қаерда ўрнатилади?*
- 4. Аспирацион психрометр қайси ҳолларда қўлланилади?*
- 5. Ҳавонинг манфий ҳароратларида ҳўлланган термометрнинг ҳароратини ўлчашда қандай хусусиятларни ҳисобга олиш керак?*
- 6. Агар қуруқ ва ҳўлланган термометрлар ўртасидаги ҳарорат фарқини ўлчашда  $0,1^{\circ}\text{C}$  ноаниқликка йўл қўйилган бўлса, ҳавонинг турли ҳароратларида нисбий намликни ўлчашдаги хатолик қандай ўзгаради?*
- 7. Аспирацион психрометрларда кузатишлар қандай кетма-кетликда бажарилиши керак?*
- 8. Аспирацион психрометрларнинг аспирация тезлигини текишириш қандай мақсадда бажарилади?*
- 9. Сочли ва пардали гигрографлар ёрдамида ҳаво намлигини ўлчаш қайси принципга асосланади?*
- 10. Сочли ва пленкали гигрографлар ёрдамида нисбий намлик қандай аниқлик билан ўлчанади?*
- 11. Сочли ва пленкали гигрографларни ҳароратнинг қандай оралиқлари учун қўллаш мумкин?*
- 12. Гигрографлар қандай мақсадларда қўлланилади?*

13. Гигрограф лентаси қайси тартибда қайта ишланади?
14. Конденсацион гигрометрларнинг ишлаши қайси принципга асосланади?
15. Конденсацион гигрометрларнинг сезгирлиги қайси параметрларга ва қандай боғлиқ? Ҳароратнинг қандай диапазонларида улардан фойдаланиши мумкин?
16. Радиацион гигрометрларнинг ишлаши қайси принципга асосланади? Уларнинг сезгирлиги қайси параметрларга боғлиқ?
17. Электрокимёвий гигрометрлар қайси принципга асосланади?
18. ҶЮЧ резонаторли, мембранали ва иссиқлик ўтказувчанлик гигрометрлари қайси принципларга асосланади?

#### IV БОБ. АТМОСФЕРА БОСИМИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ

Маълум вақт momentiдаги об-ҳаво ҳолатини акс эттирувчи ер яқини синоптик хариталарини тузиш учун барча метеорологик стацияларда ўлчанадиган атмосфера босимини билиш зарур. Атмосфера босими ҳақидаги маълумотлардан фан ва халқ хўжалигининг турли соҳаларида ҳам фойдаланилади.

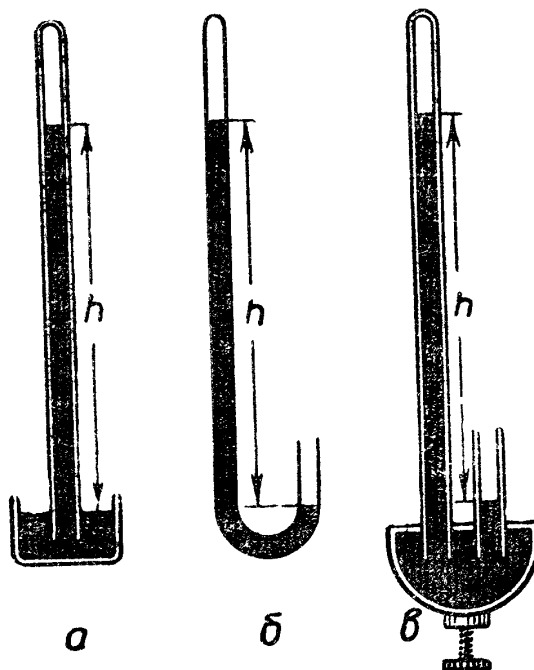
Атмосфера босимини ўлчашда ўлчов бирликлари бўлиб миллиметр симоб устунни (мм с.у.) ва гектопаскаль (гПа) хизмат қилади.

Миллиметр симоб устунни - бу барометрдаги симоб устунининг атмосфера босимига мос равишда 1 мм га кўтарилиши ёки пасайишидир. Миллиметр симоб устунни ва гектопаскаль орасидаги нисбат қуйидагича: 1 гПа – 0,75 мм с.у., 1 мм с.у. – 1,33 гПа.

Денгиз сатҳидаги ўртача босим 760 мм с.у. ёки 1013,2 гПа ни ташкил қилади. Бу қиймат *стандарт* ёки «*нормал*» деб қабул қилинган. Бундан ташқари, 1000 гПа га тенг бўлган босимни ҳам стандарт қиймат деб қабул қилиш мумкин.

Атмосфера босимини ўлчайдиган асбоблар белгиланган вазифаларига кўра ҳар хил русумда ишлаб чиқарилади, бироқ уларнинг барчаси уч асосий турга бўлинади: симобли барометрлар (ёки манометрлар), анероидлар ва гипсотермометрлар.

Симобли барометрларнинг аниқлиги катта ва метеорологик стацияларда босимни ўлчашда асосан шу асбоблардан фойдаланилади. Барометрлар (симоб билан тўлдирилган идишларининг тузилишига кўра) уч турга бўлинади: косали, сифон-косали ва сифонли (4.1-расм). Уларнинг косали ва сифон-косали турларидан кўпроқ фойдаланилади.

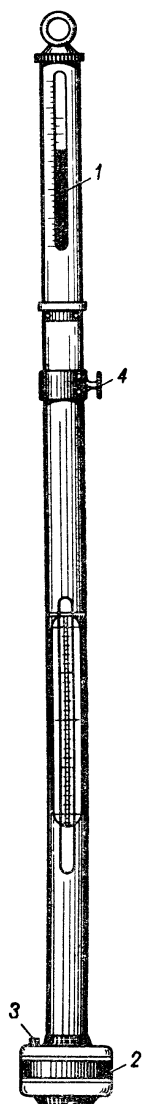


4.1-расм. Симобли барометр турлари: а – косали; б – сифонли; в – сифон-косали

#### 4.1. Симобли барометрлар

Метеорологик станцияларда косали барометр ўрнатилади.

*Косали барометр* қўидаги тузилишга эга (4.2-расм): дистирланган (тозаланган) симоб билан тўлдирилган ва тепа томони кавшарлаб қўйилган, пастки очик томони билан симоб қўйилган платмассали ёки металл коса 2 га ботирилган шиша найча. Коса ташқи ҳаво билан винт 3 билан беркитилган тешик орқали боғланган. Шиша найчанинг юқори қисмида ҳаво йўқ, шунинг учун косанинг ичидаги симоб юзасига атмосфера босими таъсири остида найча ичидаги симоб устуни маълум баландликкача кўтарилади. Симоб устунининг оғирлиги атмосфера босимига тенг.



4.2-расм. Косали барометр

Симобли шиша найча косага винт билан маҳкамланган гардишга ўрнатилади.

Бу гардишнинг юқори қисмида найчанинг икки томонида узунасига жойлашган тешиклар очилган. Бу тешиклар орқали найчадаги симоб устунининг баландлиги кузатилади. Бу бўйлама тешикнинг бир томонига мм с.у. ёки гПа даги шкала чизилган. Ўндан бир бўлақлар ҳисобини олиш учун

гардишнинг ичига винт 4 ёрдамида шкала бўйича ҳаракатланадиган нониусли ҳалқа ўрнатилган. Гардишнинг ўрта қисмига термометр жойлаштирилган, бу термометр ёрдамида симоб устуни баландлиги ҳисобини олишдан олдин асбобнинг ҳарорати ўлчанади. Метеорологик станцияларда симобли барометр деворга қотирилган махсус шкафага ўрнатилади.

Косадаги симобнинг сатҳи атмосфера босимининг тебраниши натижасида шкаланинг нолидан юқорироқ ёки пастроқ бўлиб қолиши мумкин. Симоб устуни баландлигини аниқлашдаги хатоликни (силжиш натижасида юзага келувчи номувофикликни) бартараф этиш учун бўлаклари 1 мм дан кичик бўлган махсус компенсацион шкаладан фойдаланилади.

У ёки бу пунктда атмосфера босими қийматига мос келадиган симоб устуни баландлигини аниқлаш учун симобли барометрдан олинган ҳисобга қатор тузатмалар киритилади: асбоб тузатмаси, ҳароратга боғлиқ тузатма, жойнинг географик кенглиги ва денгиз сатҳидан баландлигига боғлиқ бўлган оғирлик кучи тезланишига тузатма.

*Симобли барометр тузатмалари.* Атмосфера босими  $P$  барометрик найчадаги симоб устуни оғирлигига тенг. Бироқ содда ва қулай бўлиши учун атмосфера босими оғирлик билан эмас, балки симоб устуни баландлигида характерланади. Бу симоб устунинг оғирлиги қуйидаги кўпайтма кўринишида берилиши мумкин:

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

бу ерда  $d$  – симоб зичлиги,  $g$  – оғирлик кучи тезланиши.

(4.1) дан кўринадики, босим  $dP$  катталиқка ўзгарганда симоб устуни баландлиги  $dH$  катталиқка ўзгаради. Шунинг учун

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

Бу суюқлик барометрларининг сезгирлик тенгламаси. У босим бир бирликка (1 мм ёки гПа) ўзгарганда суюқлик устуни баландлиги қанчага ўзгаришини кўрсатади. Суюқликли барометрларнинг сезгирлиги фойдаланилаётган суюқликнинг зичлигига тескари пропорцианал. Агар бундай барометрларда сувдан фойдаланилса, унинг сезгирлиги симобли барометрга қараганда 13,6 марта юқори бўлади. Бироқ бундай барометрлар амалий жиҳатдан жуда ноқулай.

$d$  ва  $g$  катталиқлар тўлиқ доимийликка эга эмас. Шунинг учун ҳар хил ҳароратлар ва оғирлик кучи тезланиши ҳар хил бўлган шароитларда барометр бўйича олинган симоб устуни баландликлари ҳисобини ўзаро таққослаб бўлмайди. Улар мос тузатмалар киритиш орқали стандарт («нормал») шароитларга келтирилади.

Ҳарорат кўтарилганда симоб кенгайди, унинг зичлиги камаяди ва симоб устунининг баландлиги «нормал» деб қабул қилинган  $0^\circ$  ҳароратдаги

кузатувлардагига қараганда ортиқроқ бўлиб қолади. Шунинг учун ҳарорат бўйича киритиладиган тузатма нолдан юқори ҳароратларда манфий ишора, нолдан паст ҳароратларда эса мусбат ишорага эга бўлади. Ер марказигача бўлган масофа билан аниқланадиган оғирлик кучи тезланиши қутбларда энг катта қийматга ва экватор атрофида эса энг кичик қийматга эга. Бундан ташқари денгиз сатҳидан юқорига узоқлашган сари бу қиймат кичрайиб боради. Турли кенглик ва денгиз сатҳидан баландликларда босим бўйича олиб борилган кузатувларни таққослаш учун улар стандарт оғирлик кучига келтирилади. Стандарт оғирлик кучи тезланиши деб  $45^\circ$  кенгликдаги денгиз сатҳидаги қиймат қабул қилинган.  $45^\circ$  кенгликдан нисбатан қуйи кенгликларда (0 дан  $45^\circ$  гача) симобли барометр кўрсаткичи қийматлари ортган ва юқори кенгликларда ( $45^\circ$  дан  $90^\circ$  гача) кўрсаткич қиймати камайган бўлиб қолади. Денгиз сатҳидан кўтарилган сари симобли барометр кўрсаткичи қиймати бирмунча ортган бўлиб қолади.

Шундай қилиб жойнинг кенлигига боғлиқ бўлган оғирлик кучи тезланиши бўйича киритиладиган тузатма юқори кенгликларда мусбат ва қуйи кенгликларда манфий бўлади. Жойнинг денгиз сатҳидан баландлигига боғлиқ бўлган оғирлик кучи тезланиши бўйича киритиладиган тузатма денгиз сатҳидан абсолют баландликка эга баландликларда мусбат қийматга эга бўлади.

Симобли барометрдан олинган ҳисобга санаб ўтилган тузатмалардан ташқари асбоб тузатмаси ҳам киритилади. У барометр кўрсаткичларининг барометрни ишлаб чиқаришдаги номукамаллиги билан боғлиқ. Масалан, шкалани киритишдаги хатолик, найчанинг турли қисмларидаги радиуслардаги фарқлар ва бошқалар.

Асбоб тузатмаси ушбу асбобни эталонга таққослаш орқали топилади ва асбобга қўшиб бериладиган паспортга ёзиб қўйилади.

Босимнинг тузатилган катталиги (ҳисоб+тузатма) станция сатҳидаги атмосфера устунининг оғирлигини англатади. Турли абсолют баландликларда жойлашган метеорологик станциялардаги атмосфера босими ҳақидаги маълумотларни бир-бири билан таққослаш имкониятига эга бўлиш учун, одатда босим денгиз сатҳига “келтирилади”. Денгиз сатҳига келтириш – бу станция сатҳидаги атмосфера босимининг тузатма киритилган қийматига станция сатҳидан денгиз сатҳигача бўлган ҳаво устунининг босим бирликларида ифодаланган оғирлигини қўшиш демакдир:

$$P_{\text{денг.с}} = P_{\text{ст.с}} + \Delta P \quad (4.3)$$

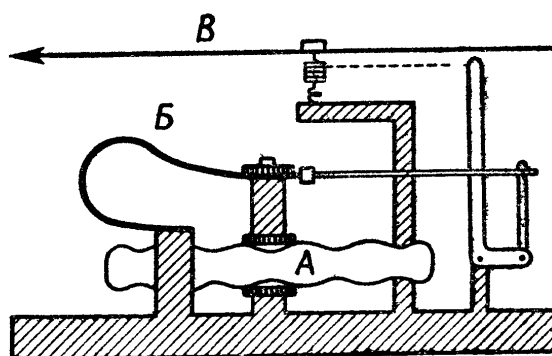
Ҳаво босими ва ҳароратнинг турли қийматлари учун  $\Delta P$  қиймати махсус жадвал ёрдамида топилади.

## 4.2. Деформацион барометрлар

Деформацион барометрларга барометр-анероидлар киради.

*Анероид.* Анероиднинг ишлаш принципи атмосфера босими ўзгаришларининг таъсири остида қабул қилувчи қисмнинг эластик деформациясига асосланган.

Қабул қилувчи қисм сифатида таги ва қопқоғи гофрировка қилинган металл анероид қутича А қўлланилади (4.3-расм). Қутича ичидаги ҳаво деярли тўлиқ сўриб олинган. Атмосферадаги ҳаво босими таъсирида қутича ёпишиб қолмаслиги учун кучли пружина Б қути қопқоғини тортиб мувозанат ҳолатига келтириб туради. Ташқи босим ортганда қопқоқ қутичага итарилади (сиқилади), ташқи босим кичрайганда пружина таъсири остида юқорига кўтарилади. Қутичанинг босим ўзгаришидаги деформацияси катталиги жуда кичик (босим 80 мм с.у. га ўзгарганда 0,3 мм га тенг). Бироқ қутича қопқоғининг бу жуда кичик тебранишлари ричаглар тизими ёрдамида 200 дан 800 мартагача катталаштириб шкала бўйлаб ҳаракатланадиган стрелкага узатилади. Асбоб ҳароратини ўлчаш учун анероиднинг тепа қисмида ёйсимон термометр ўрнатилган. Анероиднинг бутун механизми шиша қопқоқли металл ёки пластмасса корпус ичига ўрнитилган.



4.3-расм. Анероиднинг тузилиши

Ҳозирги вақтда пружинасиз анероидлар ҳам ишлаб чиқарилмоқда. Уларда пружина вазифасини қутичанинг эластик қопқоғи бажаради. Бу анероиднинг босимни қабул қилувчи қисми 5-6 та қутичадан ташкил топган.

*Анероидларга тузатма.* Анероид бўйича ҳисобларга учта тузатма киритилади: шкала тузатмаси, ҳарорат бўйича тузатма ва қўшимча тузатма.

Шкала тузатмаси анероид шкаласининг мазкур туридаги барча анероидлар учун стандарт қилиб ишланади. Шундай бўлса ҳам ҳар бир анероид узатувчи механизмнинг инструментал ноаниқлиги ва ўзига хос бўлиши, бунинг натижасида анероиднинг кўрсаткичи ҳақиқий босимдан фарқ қилиши мумкин. Бунда фарқнинг қиймати шкаланинг турли қисмларида бир хил бўлмайди. Бу хатоларни аниқлаш мақсадида анероидлар сунъий шароитда ҳосил қилинадиган турли босимларда аниқ симобли манометр билан таққосланади. Шундай қилиб шкала тузатмаси топилади.

Ҳарорат бўйича тузатма киритиш атроф-муҳит ҳарорати ўзгарганда қутича ва пружинанинг эластиклик хусусиятларининг ўзгариши сабабли амалга оширилади. Масалан, ҳарорат ортганда уларнинг эластиклиги

камаяди, бунинг натижасида қутича кўпроқ сиқилади ва анероид босимнинг ортганлигини кўрсатади, ҳақиқатда эса у ўзгарган эмас. Асбобнинг паспортда ҳарорат коэффиценти  $K$  берилади. У ҳарорат  $1^\circ$  га ортганда ёки пасайганда анероид кўрсаткичининг ўзгаришини кўрсатади. Анероидларда ҳарорат коэффицентларининг қийматини камайтириш мақсадида икки хил компенсация қўлланилади: а) биметалл пластинка-компенсаторлар, улар турли кенгайиш коэффицентига эга бўлган иккита металлдан ташкил топган; 2) газ ёрдамида компенсациялаш, анероид қутичасини яшаш вақтида унинг ичида озгина газ (одатда азот) қолдирилади. Ҳозирги вақтда асосан компенсациянинг иккинчи усули қўлланилади.

Анероид кўрсаткичини  $0^\circ$  га келтириш учун  $X$  орқали белгиланган тузатма катталиги

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

га тенг, бу ерда  $t$  – асбоб ҳарорати.

Кўшимча тузатма пружина ва қутича металл ички тузилишининг мунтазам ўзгариши билан боғлиқ. Бунинг натижасида уларнинг эластиклиги ўзгаради. Вақт ўтиши билан тузатма ҳам ўзгаради. Шунинг учун анероидлар асбобларни текшириш бюросида даврий текширувдан ўтказиб турилади. У ерда анероидни симобли барометр билан таққослаш йўли билан янги кўшимча тузатма топилади.

*Барограф.* Барограф деб атмосфера босими тебранишларини узлуксиз қайд қилиб борувчи асбобга айтилади. Тузилишига кўра барограф уч қисмга бўлинади: қабул қилувчи, узатувчи ва қайд қилувчи қисм (4,4-расм).

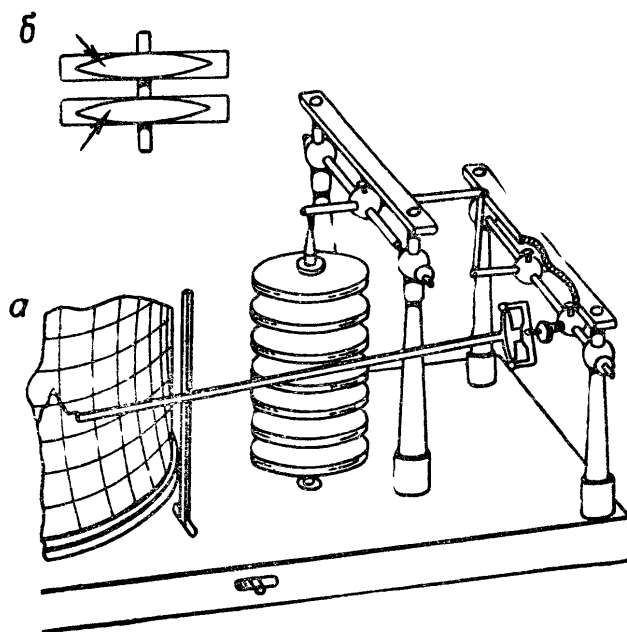
Босим ўзгаришига сезгир қабул қилувчи қисм бир-бирига винтланган анероид қутичалар тизимидан ташкил топган. Ичидаги ҳаво деярли тўлиқ сўриб олинган қутилар ташқи босим таъсирида ёпишиб қолмаслиги учун, уларнинг ичига пружина рессорлар (4,4б-расм) ўрнатилган. Пружина вазифасини махсус тайёрланган қутиларнинг девори бажариши мумкин.

Юқоридаги қутича узатувчи механизм ричагига уланган. Қутичанинг деформация қиймати жуда кичик, бироқ перога узатишда у ричаглар ёрдамида 80-100 марта катталаштирилади.

Барограф кўрсаткичига ҳароратнинг таъсирини камайтириш учун унинг остки қисмида биметалл компенсатор ўрнатилган. Бу компенсатор пўлат ва мис пластинкаларни кавшарлаш йўли билан тайёрланган. Бир-бирига винтланган анероид қутичалар устунининг остки қисми компенсаторга тақалади. Ҳарорат ортганда қути ичидаги пружинанинг эластиклиги кучсизланади ва барограф ҳақиқий босимдан катта қийматни кўрсатиши керак. Бироқ бундай бўлмайди, чунки ҳарорат ортганда мис ва пўлатнинг кенгайиш коэффицентлари фарқ қилганлиги сабабли биметалл пластинка бироз тепага эгилади. У билан бирга бутун қутилар устунни кўтарилади. Шундай қилиб қутилар устунининг ҳарорат ортиши натижасида юзага келган қисқариши компенсатор ёрдамида компенсацияланади. Баъзи



холларда биметалл компенсатор ўрнига анероид қутичасининг ичида озгина газ қолдирилади ва у ҳам компенсацияловчи таъсир кўрсатади.



4.4-расм. Барографнинг тузилиши

Барографнинг қайд қилувчи қисми ичида соат механизми ўрнатилган гардишдан иборат (4.4а-расм). Гардиш устига қоғоз лента ўралади. Бу лентада горизонтал ва вертикал ёйсимон чизиқлар туширилган: горизонтал чизиқлар мм с.у. ёки гПа даги атмосфера босимига мос келади. Агар ўзиёзгич ҳафталик бўлса бир ҳафтада бир марта айланиб чиқади ва лентадаги ёйсимон бўлақлар ҳар 2 соатга мос келади, суткалик барографларда эса ҳар 15 минутга мос келади.

Анероид қутичасига уланган стрелка охирига ричаглар ёрдамида перо ўрнатилган. Бу перо ўзиёзгични ишга тайёрлашда махсус сиёҳ билан тўлдирилади. Барабан айланганда лентага тегиб турган перо атмосфера босими тебранишларига мос келувчи ёзувни қолдиради. Перонинг лентага босими стрелка асосига қотирилган гардиш бурилиши ҳисобига бошқарилади.

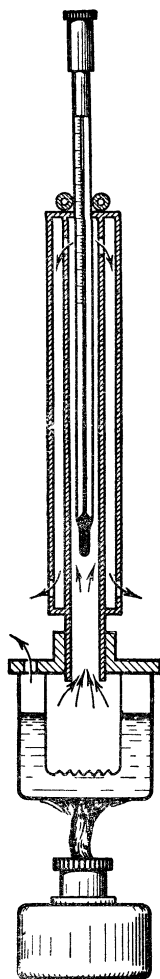
Қутининг остида тешик очилган бўлиб, бу тешик ичида тўрт қиррали винт бор. Бу винтни махсус калит билан бураб, анероид қутиларнинг бутун устунини силжитилади ва перо лентанинг керакли бўлагига тўғирланади.

Барографлар кўрсаткичларини мунтазам равишда симобли барометрга таққослаб туриш керак. Бунинг учун муддатли соатлардаги кузатувларда барограф лентасида кертиклаб белги қўйилади (эҳтиёткорлик билан перо 2-3 мм га кўтарилади). Суткалик барографлар лентасини қайта ишлаш худди термографлар лентасини қайта ишлаш каби ўтказилади (2 -бобга қаранг).

Ҳафталик барографларнинг ёзувлари бўйича кузатиш муддатларидаги барик тенденция, яъни охири уч соатдаги босим ишораси ва характерининг катталиги аниқланади.

### 4.3. Гипсотермометрлар

Гипсотермометрлар ёрдамида атмосфера босимини ўлчаш суюқлик қайнаш нуқтасининг атмосфера босимига боғлиқлигига асосланган. Суюқликнинг қайнаши тўйинган буғ босимининг атмосфера босимига тенглашган вақт momentiда бошланади. Шундай қилиб босим ортганда суюқликнинг қайнаш нуқтаси кўтарилади ва аксинча. Масалан, босим 760 мм. с.у. га тенг бўлганда қайнаётган сув буғининг ҳарорати  $100^{\circ}$  га тенг, 800 мм. с.у. бўлганда –  $101,4^{\circ}$ , 700 мм с.у. бўлганда –  $97,7^{\circ}$  га тенг бўлади. Гипсотермометрлар махсус термометр ва қайнатгичдан ташкил топган (4.6-расм). Термометр Цельсий градусларида  $0,0^{\circ}$  гача ёки босим бирликларида (мм с.у. ёки гПа) градуировкаланган.



4.5-расм. Гипсотермометр

Қайнатгич металл идиш бўлиб, дистирланган сув билан тўлдирилган, унинг устидан икки қават деворли металл найча уланган. Термометр шу найча ичига ўрнатилади ва сув қайнаганда сув буғи билан ювилиб туради. Қайнатгичдаги сув «спиртовка» ёрдамида иситилади (қиздирилади).

## Назорат саволлари

1. Нима учун суюқликли барометрларга симоб қўйилади?
2.  $20^{\circ}$  ш.к. да ва  $60^{\circ}$  ж.к. да тортиш кучи бўйича киритиладиган тузатмалар қандай ишораларга эга бўлади?
3. Симобли барометр кўрсаткичи нима мақсадда  $0^{\circ}$  ҳароратга ва  $45^{\circ}$  кенгликка келтирилади?
4. Босимни денгиз сатҳига келтириши нимани англатади?
5. Анероид ёрдамида атмосфера босимини ўлчаши қандай принципга асосланади?
6. Барометр анероидлар кўрсаткичларига қандай тузатмалар киритилади?
7. Анероидлар кўрсаткичларига ҳароратнинг таъсири қандай қилиб компенсацияланади?
8. Барографлар нима мақсадда қўлланилади?
9. Барограф лентаси қандай қилиб қайта ишланади?
10. Гипсотермометрлар қайси принципга асосланган?

## V БОБ. ШАМОЛНИНГ ТЕЗЛИГИ ВА ЙЎНАЛИШИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ

Ҳавонинг ер сиртига нисбатан горизонтал ҳаракати *шамол* деб аталади. Одатда шамолнинг йўналиши – горизонтнинг шамол келаётган томони ва унинг м/с лардаги тезлиги аниқланади. Метеорологик станциялардаги кузатишларда шунингдек йўналиш (доимий ёки ўзгарувчан) ва тезлик (бир текис ва кучаювчан) бўйича шамолнинг ўзгарувчанлик даражасига сифат характеристикалари берилади.

Тадқиқот вазибаларига боғлиқ равишда шамолни кузатишнинг турли асбоблари ва усуллари қўлланилади. Дала шароитларида ҳавонинг ер яқинидаги қатламида шамол тезлигини аниқлаш учун *косали, контактли ва индукцион анемометрлардан* фойдаланилади. Косали ва контактли анемометрлар одатда атмосферанинг қуйи қатламидаги иссиқлик ва намликнинг турбулент оқимларини ҳисоблаш учун зарур бўлган градиент ўлчашларида қўлланилади. Уларнинг ёрдамида вақтнинг керакли оралиғи (бир неча минутдан 1-3 соатгача) учун шамолнинг ўртача тезлигини аниқлаш мумкин. Индукцион анемометрлар шамолнинг оний (2-3 с) тезлигини аниқлашда қўлланилади. Бундай кузатишлар, масалан, балансўлчагич кўрсаткичларига шамол тузатмаларини киритиш учун зарур.

Шамол характеристикаларини аниқлаш учун ҳозирги вақтда метеорологик станцияларда *анеморумбометрлар* қўлланилади. Шамолни кузатиш қуйидагиларни ўз ичига олади: а) вақтнинг 2 ёки 10 дақиқа оралиқларида (ўлчашларда фойдаланилаётган асбобнинг техник имкониятларига боғлиқ ҳолда) шамолнинг ўртача тезлигини ўлчаш; б) вақтнинг шу оралиғидаги оний шамол тезлигининг максимал қийматини аниқлаш (кучаювчи шамол тезлиги); в) 2 дақиқа ичидаги шамолнинг ўртача йўналишини аниқлаш. Шамол тезлиги ва йўналишини узлуксиз қайд қилиб бориш учун *анеморумбографлардан* фойдаланилади. Уларнинг ёрдамида шамол тезлигининг 1 соат ичидаги ўртача қиймати, оний тезликнинг 1 соат ичидаги максимал қиймати ва 1 соат ичидаги ўртача тезликка мос келувчи шамол йўналиши аниқланади.

Шамол тезлиги датчикларининг конструкциясига боғлиқ равишда анемометрларнинг қуйидаги турлари ажратилади:

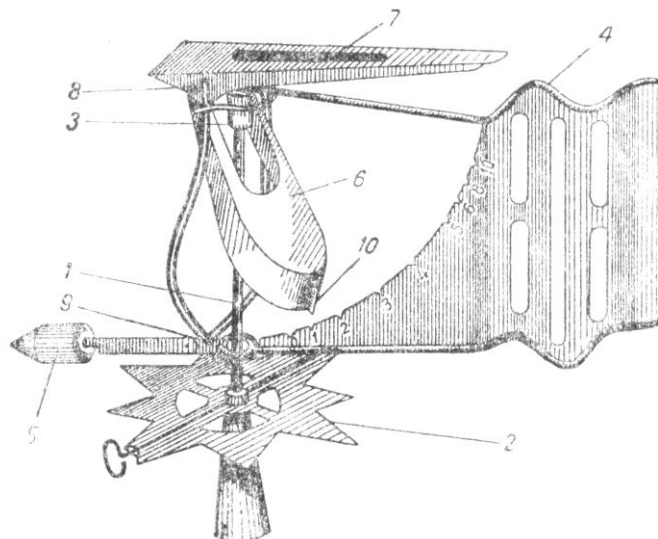
- ҳаво оқимининг босимини қайд этувчи пластинка ёки бошқа шаклдаги жисм (флюгер, шамолўлчагич);
- шамол таъсирида вертикал ўқ атрофида айланувчи бир нечта коса ёки парраклардан ташкил топган тизим (ротоанемометрлар, қанотли анемометрлар)
- ҳарорати атрофдаги ҳаво ҳароратидан фарқ қилувчи жисмлар (иссиқлик анемометрлари).

Бу анемометрларнинг ҳар бирини кўриб чиқамиз.

## 5.1. Третьяков шамолўлчагичи

Бу асбоб дала шароитида шамолнинг тезлиги ва йўналишини аниқлашга хизмат қилади.

Флюгер каби бу асбобнинг ишлаши ҳам эркин осиб қўйилган қошиқсимон шаклли металл пластинанинг айланишига асосланган (5.1-расм). Шамолнинг йўналиши флюгарка ёрдамида аниқланади.



5.1-расм. Третьяков шамолўлчагичи

Асбоб қуйидаги тузилишга эга.

Учли найза билан туговчи вертикал ўқ 1 да румбларнинг номи туширилган саккиз қиррали йиғма юлдуз 2 маҳкамланган. Кузатишларда ҳисоблаш осон бўлсин учун ёзувлар юлдузнинг пастки юзасига туширилган. Вертикал ўқ 1 га кичкина цилиндр 3 ёрдамида 5 посонгили флюгарка 4 ва ўзаро  $76^\circ$  бурчак остида қаттиқ маҳкамланиб, ўқ 8 да эркин айлана оладиган 6 ва 7 пластинкалардан иборат ҳаракатчан тизим кийдирилади. Флюгарка 4 қирқимларга эга бўлган тўлқинсимон эгилган пластина кўринишида тайёрланган. Посонги 5 шарнирли тирсак 9 га эга ва асбоб қутига йиғилган вақтда юқорига қўтарилади. Пластинка 6 нинг пастки қисмида учли найза кўринишидаги кўрсатгич 10 ўрнатилган бўлиб, қошиқсимон кўринишга эга ва ботиқлик томони билан шамолга қаратиб қўйилган. 6 ва 7 пластинкаларнинг ўрта қисмида қирқимлари бор.

Шамол таъсирида бутун тизим шамол бўйлаб бурилади ҳамда 6 ва 7 пластинкалар кузатиш вақтидаги шамол тезлигига боғлиқ ҳолда бирор бурчакка оғади. Пластинка 6 нинг кўрсатгичи 10 флюгарка текислигига туширилган шкала бўйлаб ҳаракатланади. Бу шкала бўлимларига шамолнинг м/с лардаги қийматини ифодаловчи 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 рақамлари туширилган.

Бу шамолўлчагичнинг шкаласи В.Д.Третьяков томонидан тажрибада аэродинамик трубада берилган шамол тезликларида қошиқсимон пластинка 6 нинг оғиш бурчагини кўп марта аниқлаш йўли билан ҳосил қилинган.

*Третьяков шамолўлчаги ёрдамида кузатишларни ўтказиш.* Ёғоч таёк вертикал ўрнатилади ва унга йўналиш кўрсаткичига эга бўлган ўқ 1 кийдирилади. Бундан кейин асбобнинг ҳаракатчан қисми – флюгарка кийдирилади. Компас ёрдамида юлдуз 2 нинг учлари дунё томонлари йўналишида ўрнатилади. Кузатишлар олдидан вертикал ўқ 1 ни, шунингдек флюгарка ҳамда 6 ва 7 пластинкаларнинг ҳаракатида ишқаланишнинг йўқлигини текшириш лозим.

Асбоб ўрнатилганидан сўнг кузатишларга киришилади. Шамолнинг йўналишини аниқлаш учун флюгарка посонгиси 5 нинг кўрсаткичи ҳолати 1-2 дақиқа давомида кузатилади ва унинг ўртача ҳолати ёзиб олинади.

Шамолнинг тезлиги шамолнинг йўналиши аниқланган вақт оралиғи учун кўрсаткич 10 нинг шкаладаги ўртача ҳолати бўйича аниқланади. Шамол ўлчагичнинг аниқлиги шкаланинг 1-6 м/с оралиғида 0,5 м/с, бундан катта тезликларда 1 м/с ни ташкил этади.

10 м/с дан катта шамол тезликларини ўлчаш учун пластинка 7 нинг ўртасига тилча ёрдамида юк қўйилади. Юк билан кузатишлар олиб борилганда шкала бўйича ҳисобланган барча шамол тезликлари иккига кўпайтирилиши керак.

Кузатишлардан кейин асбоб сочилади ва ясси ёғоч қутига жойланади.

Дала шароитларида кузатишларга мўлжалланган Третьяков шамолўлчагичи қўл анемометрларидан устунликка эга. Унинг кўрсаткичлари вақт ўтиши билан ўзгариши мумкин бўлган ўтказиш кўпайтирувчиларига боғлиқ эмас. Дала шароитларида асбобни текшириш ва ўтказувчи кўпайтирувчиларнинг ўзгариш қийматларини аниқлаб бўлмаслиги туфайли бу ҳолат дала кузатишларида муҳим ҳисобланади.

Третьяков шамолўлчагичи кўрсаткичларининг тўғрилигини сақлаш учун 6 ва 7 пластинкалар орасидаги бурчакнинг доим бир хил, яъни  $76^\circ$  га тенг бўлишини назорат қилиш керак бўлади. Фақат шу бурчакдагина шкала ўз қийматини сақлаб қолади. Шунингдек 6 ва 7 пластинкалар шаклининг ўзгармаслигига ҳам аҳамият бериш лозим.

Таъкидлаш лозимки, Третьяков шамолўлчагичида етарли сезгирликни сақлаган ҳолда йўналиш кўрсаткичи ва шамол кучининг тебранишларини камайтириш чоралари кўрилган. Шакли бўйича пластинка 6 дан фарқ қилувчи юқоридаги пластинка 7 пластинка 6 нинг динамик посонгиси ҳисобланади ва шамолнинг кучайишларида шамол тезлиги кўрсаткичининг тебранишларини камайтиришга хизмат қилади. Флюгарканинг дум қисми унинг тебранишларини тинчлантириш мақсадида тўлқинсимон шаклда ясалган.

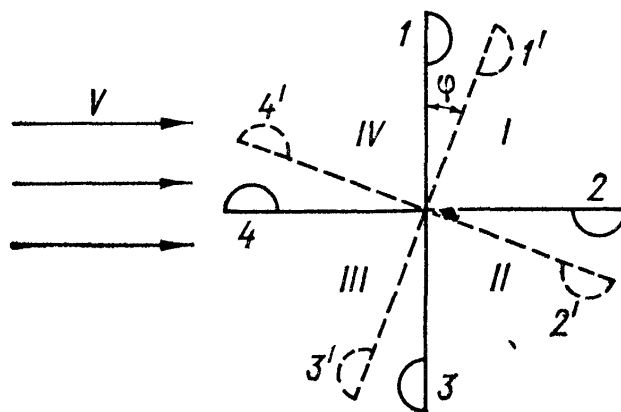
## **5.2. Ротоанемометрлар**

Ротоанемометрларда шакли бўйича яримсфера ёки яримцилиндрларга яқин келувчи коса ёки ҳаво парраги кўринишида тайёрланган «куракчали» парраклар шамол тезлигининг бирламчи датчиги вазифасини бажаради. Ҳаво оқимининг паррака босими оқим тезлиги қанча катта бўлса, парракни шунча

тез айланишга мажбур қилувчи аэродинамик куч моментини ҳосил қилади. Бирор йўл билан парракнинг айланиш тезлигини ўлчаб, уни айланиб ўтувчи ҳаво тезлигини аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, айланиш тезлигини ўлчовчи тахометр ротоанемометрнинг иккиламчи датчиги вазифасини бажаради.

Аниқлик мақсадида тўртта косали паррак учун ҳаво оқимининг тезлиги ва парракнинг айланиш тезлиги орасидаги боғлиқликни ўрганамиз (5.2-расм).



5.2-расм. Ротоанемометр тенгламасини келтириб чиқаришга доир

Оқим тезлигининг коса айланиш траекториясининг уринмасига проекцияси  $V$  ва косанинг чизиқли тезлиги  $U$  нинг алгебраик фарқига тенг бўлган нисбий тезликни киритамиз:

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

Оқимнинг косага кўрсатаётган динамик босими куйидагига тенг бўлади:

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

бу ерда  $S$  – косанинг оқим тезлиги векторига перпендикуляр бўйича кўндаланг кесими юзсаи,  $c_a$  – косанинг оқимга аэродинамик қаршилиги коэффиценти,  $\rho$  – ҳавонинг зичлиги.

Хусусан, 1 ҳолатда коса максимал тезлик билан оқимдан «узоқлашади». Ундаги босим

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

га тенг, аэродинамик кучлар momenti эса соат стрелкаси бўйича йўналган. 3 ҳолатда, аксинча, коса максимал тезлик билан оқимга қарши ҳаракатланади. Ундаги босим

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

га тенг, аэродинамик кучлар моменти эса соат стрелкасига қарши йўналган. Тинч ҳолатда  $V_1' = V_3'$ , бироқ кўндаланг кесим юзалари тенг  $S_1 = S_2$  бўлганда оқимга ботиқ томони (I ва IV чораклар) билан турган косалар учун аэродинамик қаршилиқ коэффициентлари кавариқ томони (II ва III чораклар) билан турган косалардагига нисбатан катта  $c_a^{(1)} > c_a^{(3)}$  бўлгани учун  $P_1 > P_3$  бўлади.

Шу сабабли датчикни ўз ўқи атрофида (5.2-расмда соат стрелкаси бўйича) айланишга мажбур қилувчи натижаловчи куч моменти ҳисол бўлади. Паррак тезлашиб боргани сари нисбий тезлик, демак, оқимнинг I ва IV чоракларда косаларга босими айланишдан айланишга камайиб, II ва III чоракларда эса ортиб боради. Бу босимлар тенглашгунга қадар давом этади. Бундай кейин датчик турғунлашган оқимда турғунлашган оқим тезлигини қабул қила бошлайди.

Ҳаво оқимининг тезлиги ва датчик айланишининг тезлиги орасидаги миқдорий муносабатларни аниқлашга ўтамуз. Ротоанемометрнинг ҳаракат тенгламасини ҳосил қилиш учун механикадан маълум бўлган қонундан фойдаланамиз. Унга мувофиқ *айланаётган тизим учун тизим айланиш ўқиға нисбатан механик инерция моментининг бурчак тезланишига кўпайтмаси тизимга таъсир этувчи кучлар моментларининг йиғиндисига тенг. n та куракчали паррак учун*

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

бу ерда  $\varphi_i = \varphi + (i-1) \frac{2\pi}{n}$ ,  $K$  – айланиш ўқиға нисбатан тизимнинг механик инерция моменти,  $M_u$  – парракнинг ўқ атрофида айланишида ва ҳаракатни асбоб кўрсаткичига узатувчи механизмда ҳосил бўлувчи механик ишқаланишга боғлиқ бўлган кучлар моменти,  $R$  – парракнинг елкаси.

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

(бу ерда  $\omega$  – айланишнинг бурчак тезлиги) алмаштиришни бажарсак:

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

$c_a^{(i)}$  бурилиш бурчаги ва куракчалар сонининг, шунингдек ҳаво оқими турбулентлигининг мураккаб функцияси бўлганлиги учун бу тенгламанинг



умумий кўринишдаги ечими жуда мураккаб. Икки идеаллаштирилган ҳол учун ечимларни кўриб чиқамиз.

Биринчи ҳолда (5.7) тенгламага қуйидаги шартлар қўйилади:

а) ҳаво оқимининг тезлиги ўзгармас, парракнинг ҳаракати эса турғунлашган, яъни  $V = const$ ,  $\frac{d^2\varphi}{d\tau^2} = \frac{d\omega}{d\tau} = 0$ . Демак  $\omega = const$ ;

б) аэродинамик куч моментлари вақт бўйича ўзгармас ва 5.2-расмда кўрсатилган ҳолатга мос. У ҳолда (5.7) тенгламанинг охириги ҳади соддалаштирилиши мумкин:

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

Бу ерда ни нинг турғунлашган қиймати деб тушиниш керак;

в) ишқаланиш ўта кичик:

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

У ҳолда (5.8) ни эътиборга олиб, (5.7) тенглама сезиларли соддалашади:

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

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

муносабат ротоанемометр коэффиценти деб аталади.

Турли шакл ва ўлчамга эга бўлган косаларни тажриба йўли билан ўрганиш аэродинамик қаршилик коэффицентларининг косаларнинг шакли ва ўлчамига сезиларли боғлиқ эканлигини кўрсатади. Косаларнинг параметри ўзгарганда  $c_a^{(1)}$  ва  $c_a^{(3)}$  коэффицентларнинг қандай ўзгаришидан қатъий назар уларнинг нисбати тахминан доимий бўлиб, қуйидаги қийматни ташкил этади:

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

(5.11) ва (5.12) ларни (5.10) га қўйиб,  $\sigma$  га нисбатан ҳосил бўлган квадрат тенгламани ечамиз ва  $\sigma = 3$  эканлигини топамиз. Бу муносабат ҳам косали, ҳам винтли ротоанемометрларнинг параметрларини тақрибий ҳисоблашда фойдаланилади.

Анемометрларни чуқур ўрганишда  $\sigma$  коэффицентининг ҳавонинг зичлиги, парракнинг параметрлари, унинг оқимга нисбатан бурилиш бурчаги ва, ниҳоят оқимнинг тезлигига кучсиз, бироқ яққол ифодаланган боғланиши аниқланади.

иккинчи ҳолда парракнинг инерцион хаарктеристикаларини аниқлаш учун (5.7) тенглама қуйидаги шартларда ечилади:

а) ишқаланиш ўта кичик;

б) аэродинамик кучларнинг (бир марта айланиш даври учун) ўртача моменти ҳаво оқими тезлигининг квадрат ива сирпанишга пропорционал:

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

Бу ерда  $k$  – анемометр датчигининг индивидуал хоссаларини характерловчи ўлчамли пропорционаллик коэффициенти,  $\frac{\omega - \Omega}{\Omega}$  – қаралаётган ҳаво оқимига мос келувчи датчик айланиши бурчак тезлиги оний қиймати  $\omega$  нинг турғунлашган қиймати  $\Omega$  дан нисбий четланишига тенг бўлган сирпаниш.

Шундай қилиб, иккинчи ҳолда турғунлашган ҳаракатдан сезиларли фарқ қилувчи ҳаракат қралади. Бу табиий, чунки иккинчи ҳолда бизни ҳаракатнинг турғунлашиши учун керак бўлган вақт қизиқтиради.

Агар (5.13) шартни қабул қилсак, у ўолда асосий (5.7) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

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

Фақат датчикнинг конструкцияси билан аниқланувчи  $L = \frac{K}{\sigma k R}$  синхронизация йўли деб аталадиган катталикни киритамиз. У ҳолда (5.14) тенглама қуйидагича ёзилади:

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

Ҳаво оқимининг фиктив тезлигини киритамиз:

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

У ҳолда (5.15) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

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

$\vartheta$  катталикни анемометрнинг “кўрсатиши” деб тушиниш керак, негаки бу датчик айланишининг турғунлашган тезликларида бўлимланган асбоб кўрсатувчи датчик айланишининг берилган бурчак тезлиги  $\omega$  даги тезликдир.

(5.15) ва (5.17) тенгмаларнинг хусусий ҳоллардаги ечимларини кўриб чиқамиз. биринчи ҳолда ҳаво оқимининг тезлигини ўзгармас ( $V, \Omega = const$ ) деб фараз қиламиз. У ҳолда  $\vartheta$  ва  $\tau$  ўзгарувчилари ажралади ва (5.17) тенгламанинг ечими қуйидагича бўлади:

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

бу ерда  $\vartheta_0 = \vartheta(\tau=0)$  (бўлганда), ёки  $\vartheta_0 = \vartheta(0)$ .

(5.15) тенгламанинг ечими ҳам шунга ўхшаш топилади:

$$\omega(\tau) - \Omega = (\omega_0 - \Omega)e^{-\frac{\sigma R \Omega \tau}{L}} = (\omega_0 - \Omega)e^{-\frac{V\tau}{L}}, \quad \omega_0 = \omega(0). \quad (5.18)$$

Иккинчи ҳолда (5.18) ва (5.19) ечимларда  $L=0$  деб қабул қилиб,  $\vartheta=V$ ,  $\omega=\Omega$  ларни ҳосил қиламиз. Бу натижа оқим тезлигининг ўзгаришларини дарҳол қабул қилувчи идеаллаштирилган инерциясиз паррақларга таллуқли.

(5.18) ва (5.19) да  $\tau \rightarrow \infty$  деб қабул қилиб,  $\omega \rightarrow \Omega$  ва  $\vartheta \rightarrow V$  ( $V=const$  бўлганда) ни ҳосил қиламиз, яъни вақт ўтиши билан ротоанемометр датчигининг айланиш тезлиги қаралаётган ҳаво оқимининг тезлигига мос келувчи турғунлашган тезликка яқинлашади.

(5.19) ечим синхронизация йўлининг физик моҳиятини кўргазмали аниқлашга имкон беради.  $L=V\tau$  деб қабул қилиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{\omega - \Omega}{\omega_0 - \Omega} = \frac{1}{e}. \quad (5.20)$$

Бундан кўришиб турибдики, синхронизация йўли сон жиҳатидан ўзгармас ҳаво оқимининг паррақнинг бошланғич ва турғунлашган тезликлари орасидаги фарқ  $e$  марта камайгунга қадар босиб ўтиши керак бўлган йўлга тенг. Бу йўлга мувофиқ келувчи  $\tau = \frac{L}{V}$  вақт *синхронизация вақти* деб аталади. Термометрларда бўлгани каби бу катталиқ паррақнинг инерция коэффиценти деб ҳам аталади.

Синхронизация йўлининг камайиши билан паррақ ҳаво оқимининг янги, ўзгарган тезлигини (берилган хатолик аниқлиги билан) қабул қила бошлайдиган вақт давомийлиги ҳам камаяди.

Ҳаво винтли ротоанемометрларнинг назарияси ҳам шунга ўхшаш. Винтларнинг қўлланилиши синхронизация йўлини камайтиришга имкон беради. Тез ўзгарувчи ҳаво оқимларини ўлчашда бунинг аҳамияти катта. Ҳаво винтлари кичик инерция билан бир қаторда катта механик мустаҳкамлик, хусусан, шамолнинг катта тезликларини ўлчаш талаб қилинганда қўлланилади.

Датчик айланишининг сонини ҳисоблаш қуриламалари бўйича фарқланувчи анемометрларнинг кўпсонли турлари мавжуд.

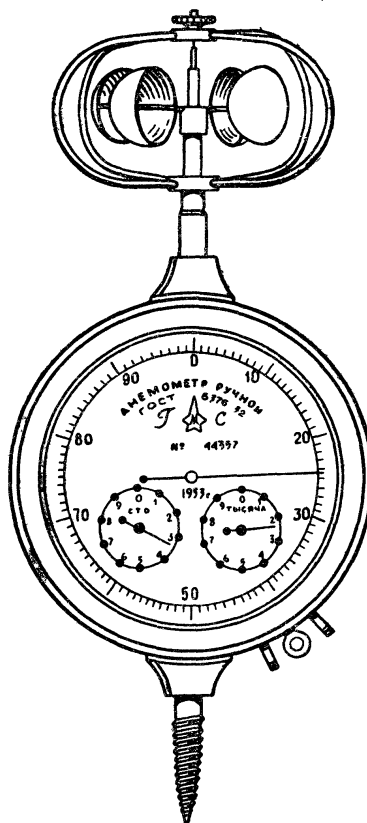
Уларнинг асосийларини кўриб чиқамиз.

### 5.2.1. Косали анемометрлар

*Косали анемометр* маълум вақт оралиғидаги шамолнинг ўртача тезлигини ўлчашга мўлжалланган асбобдир.

Қабул қилувчи қисмининг тузилишига кўра анемометрларнинг иккита асосий тури ажратилади: а) ихтиёрий йўналишли шамолнинг 1 дан 20 м/с гача чегараларда ўртача тезлигини ўлчашга мўлжалланган косали (яримшарли) анемометрлар; б) бир йўналишли ҳаво оқимининг 0,3 дан 5 м/с гача ўртача тезлигини ўлчашга мўлжалланган қанотли (парракли) анемометрлар.

Косали кўл анемометрларининг қабул қилувчи қисми металл крестовинадан иборат бўлиб, унинг учларига қаварикликлари бир томонга қаратилган тўртта ботиқ яримшарлар ўрнатилган (5.3-расм). Яримшарлар механик таъсирлардан махсус рамка ёрдамида ҳимояланган бўлиб, ўққа ўрнатилган. Ўқнинг қуйи қисми винтли қирқимга эга бўлиб, пластмасса ёки металл корпус ичига ўрнатилган узатувчи механизмнинг бир қатор “шестерналарига” уланган. Ҳисоблаш механизми учта циферблатга эга. Уларнинг бирига (энг каттаси) 0 дан 100 гача бўлимлар, иккинчисига – юзликлар ва учинчисига мингликлар туширилган.



5.3-расм. Кўл анемометри

Корпуснинг пастки қисимда арретир ўрнатилган бўлиб, унинг ёрдамида узатувчи механизмнинг биринчи шертернаси ўқнинг винтли

қирқими билан уланади ёки ажратилади. Дастлабки ҳола яримшарларнинг шамол таъсиридаги айланишини стрелкага узатилади (ҳисоблагич кўшилган). Иккинчи ҳолда эса эркин айланиш (ҳисоблагич узилган) юз беради. Арретирнинг икки томонида кўзғалмас қилиб ўрнатилган ҳалқалар мавжуд. Улардан анемометр баландга жойлаштирилганда арретирга кўл етмайдиган ҳолларда ҳисоблагични ип ёрдамида улаш учун фойдаланилади. Ипнинг ўртаси арретирга боғланади, учлари эса ҳалқалар орқали ўтказилади. Корпуснинг тагида винт қирқимли мих бўлиб, у анемометрни ёғоч таёққа вертикал ҳолатда ўрнатиш учун хизмат қилади.

*Анемометр ёрдамида кузатишлар* куйидгича олиб борилади. Кузатувчи шамолга юзланиб туради ва анемометр керакли баландликка ўрнатиладики, бунда шкала шамолга тескари томонда, циферблат текислиги эса шамол йўналишига перпендикуляр жойлашиш керак. Сўнгра барча стрелкаларнинг кўрсаткичини ёзиб олиш керак (бошланғич ҳисоб). Бунда жуда эътиборли бўлиш керак, чунки стрелка тўғри ўрнатилмаган бўлиши ва бунинг оқибатида юз ва мингликлардаги ҳисоб олишлар хатоликка олиб келиши мумкин. Бундан кейин арретир юқори ҳолатга ўтказилиб, анемометр ҳисоблагичи ишга туширилади ва шу билан бир вақтда маълум ораликдаги (1, 2, ..., 10 дақиқа) вақтга секундомер ишлатиб юборилади. Вақт тугагач асбоб ва секундомер тўхтатилади ҳамда якуний ҳисоб ёзиб олинади.

*Ўлчаиш натижаларини қайта ишлаш.* Якуний ҳисоб  $N_y$  дан бошланғич ҳисоб  $N_o$  ни айтириб, фарқни секундлар сони  $t_c$  га бўламиз ва бир секундга тўғри келувчи бўлимлар сонини ҳосил қиламиз:

$$V_{o/c} = \frac{N_y - N_o}{t_c}.$$

Ҳар бир анемометрга ўтказиш жадвали ёки графиги кўринишидаги сертификат илова қилинади. Бир секундга тўғри келувчи бўлақлар сонини билган ҳолда улар бўйича шамол тезлигини м/с ларда аниқлаш мумкин. Агар  $V_{o/c}$  бутун сонга тенг бўлмаса, ўнли интерполяция қўлланилади.

### **5.2.2. Айланишлар сонини электромеханик ҳисоблагичли ротоанемометрлар**

Ротоанемометрларнинг бу турида роторнинг маълум сондаги айланишларидан кейин ишга тушувчи электромеханик контакт жуфтлик мавжуд. Роторнинг айланиши камайтирувчи редуктор ёрдамида электромагнит релега узатилади. Бирлик вақт давомидаги контактлар сони парракнинг айланиш тезлигига тўғри пропорционал. Тезликнинг редукция коэффициенти пропорционаллик коэффициенти ҳисобланади. Айланишларни қайд қилиш контакларнинг ўзиёзар датчиги ёрдамида бажарилади. Улардан рақамли қайд қилувчи қурилмаларни ишлатиш мақсадга мувофиқ.

### 5.2.3. Оптоэлектрон тахометрли ротоанемометрлар

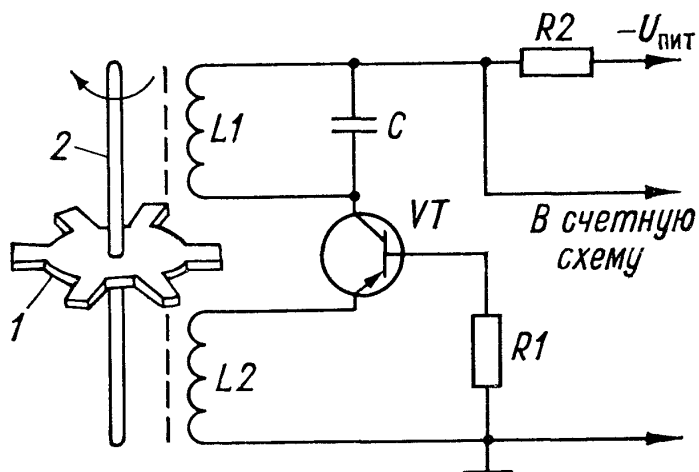
Оптик нурланиш манбаси сифатида ёруғлик диодлари, қаттиқ жисмли ўта кичкина лазерлар ва бошқалардан фойдаланилади. Фотодиодлар, фототранзисторлар, фоторезисторлар ва бошқалар қабул қилувчи қисм вазифасини бажаради.

Ёруғлик диод ива фотодиод орасидаги оптик сигнал айланиш ўқи анемометр роторига маҳкам бириктирилган узгич (обтюратор) ёрдамида узилади. Ҳар сафар обтюратор дискдаги тешик оптик сигналнинг йўлини очганда фотодиоднинг ички қаршилиги кескин камаяди. Эргашини давомийлиги ва частотаси, шунингдек импульслар фронтининг эгрилиги анемометр роторининг айланиш тезлигига боғлиқ. Ўлчаш схемаси шамолнинг ўртача тезлигига пропорционал бўлган обтюратор айланишининг ўртача тезлигини қайд қилувчи рақамли частота ўлчагичнинг киришига келувчи импульсларга асосланган. Оптоэлектрон ротоанемометрнинг схемасига импульсларни ҳисоблаш ва қатъий белгиланган ўртачалаш оралиғига эга бўлган интегратор вазифасини бажарувчи микропроцессор ҳам қўшилиши мумкин. Интегратор шамол тезлигининг таркибий характеристикаларини аниқлайди ва ахборотни керакли кўринишда чиқариб бериш учун тайёрлайди.

### 5.3. Индукцион ротоанемометрлар

Индукцион ротоанемометрлар паракка бириктирилган роторнинг айланиш тезлигига пропорционал бўлган токни ҳосил қилувчи тахогенераторлардан иборат. Ток бевосита электр ўлчовчи асбоб ёрдамида ўлчанади ёки спирал пружина билан тормозланган енгил металл дискни (ёки коса) буриш учун фойдаланилади.

Электр ўлчовчи асбобли индукцион ротоанемометрларда (5.4-расм) доимий магнит 1 ротор, темир ўзакли ғалтак 2 статор вазифасини бажаради. Ғалтак ўрамлари изоляцияланган мис симдан ясалади.



5.4-расм. Тебранишларнинг “узилиши” асосида ишловчи юкори частота генераторли ротоанемометр

Агар ғалтакнинг магнит майдонида ҳосил бўладиган индукция  $B$ , битта ғалтакдаги барча ўрамларнинг йиғинди юзаси  $S$  га тенг бўлса, у ҳолда битта ғалтак орқали ўтаётган индукция оқими қуйидагига тенг бўлади:

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

Бир айланишда индукция оқими магнит кутблари ўқ устида бўлганда – максимумдан, магнит ғалткалар ўзакларини туташтирувчи чизикқа перпендикуляр бўлганда – минимумгача ўзгаради. Ротоанемометрларнинг ротори айланганда магнит майдони индукциясининг ўзгариш қонуни гармоник қонунга яқин бўлади ва қуйидагича ёзилиши мумкин:

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

бу ерда  $\varphi$  - ғалтак ўқларини туташтирувчи чизик ва магнитнинг ўқи орасидаги бурчак.

Агар магнит айланишининг бурчак тезлиги (радианда)  $\omega$  га тенг бўлса, у ҳолда

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

ва мос ҳолда

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

Магнитнинг айланиши натижасида ғалтакда ҳосил бўладиган индукция электр юритувчи кучининг (ЭЮК) оний қиймати қуйидагига тенг бўлади:

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

Агар ғалтаклар кетма-кет уланган бўлса, у ҳолда ЭЮК лар бир-бирига қўшилади ва йиғинди ЭЮК қуйидагига тенг бўлади:

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

Генераторни ўз ичига олган занжирнинг йиғинди қаршилиги  $r$  га тенг бўлса, занжирдаги токнинг кучи қуйидагига тенг бўлади:

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

Токнинг тўғриланиши икки яримдаврили схема бўйича бажарилганлиги учун, магнитнинг битта айланишида пайдо бўладиган ўртача ток қуйидагига тенг бўлади:

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

Шундай қилиб, ротоанемометр занжиридаги ўртача ток айланаётган магнитнинг бурчак тезлигига тўғри пропорционал, ёки магнит парракнинг ўқига қаттиқ маҳкамланган бўлса, парракнинг бурчак тезлигига пропорционал бўлади.

*Электроўлчагичли индукцион ротоанемометрнинг сезгирлиги* деб ҳаво оқими тезлигининг бирлик ўзгаришига тўғри келадиган ток кучининг ўзгариши тушунилади:

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

$d\omega/dV$  ни аниқлаш учун  $V=U\sigma=R\omega\sigma$  муносабатдан фойдаланиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

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

Ҳаво оқими тезлигининг бирлик ўзгаришига мос келадиган электрўлчагич асбобнинг стрелкасини силжишида ифодаланган сезгирликка  $\frac{dN}{dV}$  ўтиш учун, электрўлчагич асбобнинг амперларда ифодаланган бўлак қийматини  $C_a = dI/dN$  киритиш лозим. Унда сезгирлик қуйидагига тенг бўлади:

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

Парракнинг бир айланишидаги ток тебранишини камайтириш учун ва у билан бирга ротоанемометрнинг сезгирлигини орттириш мақсадида кўпқутбли магнитлар ва уларга мос жуфт микдордаги ғалтаклар қўлланилади.

Тормозланадиган металл индикатор косали индуктив ротоанемометрларда, паррак билан бир ўқда ўтирадиган доимий магнитнинг айланиши натижасида индукция токи пайдо бўлади. Парракнинг айланиш тезлиги қанча катта бўлса, ток шунча катта бўлади. Доимий магнит ва косадаги индукцион тоқлар атрофида юзага келган магнит майдонларининг



ўзаро таъсири иккита бир-бири билан боғлиқ бўлган эффектга – парракнинг тормозланишига ва косанинг магнитга тортилишига олиб келади.

Магнит кучлари орқали парракнинг тормозланиши ниҳоятда кичик, чунки уларга акс таъсир қилаётган аэродинамик кучлар қийматларининг ўзи кичик. Косанинг айланишига фақат спиралли пружина қаршилик кўрсатади, у эса етарлича юмшоқ ишланиши мумкин. Шундай қилиб, ротоанемометрнинг ҳаво оқими тезлигининг бирлик ўзгаришига коса бурилишининг бурчак қийматида ифодаланган сезгирлиги, магнит кучлари ва спиралли пружинанинг эластиклиги орасидаги муносабат билан аниқланади.

Индукцион (тормозланмайдиган) ротоанемометрлар импульс режимда ҳам ишлаши мумкин. Импульс режимининг бир вариантыда ротоанемометр ишлаб чиқарувчи гармоник электр сигнал импульслар сериясига ўзгартирилади. Улардан ҳар бири сигнал ишораси ўзгарадиган пайтда юзага келади. Шунда бирлик вақтдаги импульслар сони парракнинг айланиш тезлигига тўғри пропорционал бўлади.

#### 5.4. Ҳаво оқимлари йўналишининг ўлчагичлари

Ҳаво йўналишини аниқловчи асбоблар *румбометрлар* деб аталади. Йўналиш датчиклари ҳаракатчан (айланадиган) ва ҳаракатсиз бўлиши мумкин. Айланадиган датчиклар сифатида суйри шаклдаги жисмлар ёки оқим йўналишининг ўзгаришига сезгир, иккита бир-бири билан кинематик боғланган тезлик датчиклари қўлланилиши мумкин. Ҳаракатсиз йўналиш датчики сифатида иккита ёки учта мустақил тезлик датчикларидан иборат бўлган тизим қўлланилади. Уларнинг кўрсаткичлари таққосланиб, ҳаво оқимининг тезлик вектори аниқланади.

Йўналиш датчики сифатида қўлланиладиган *флюгарка* деб аталадиган асбоб кенг тарқалган. Оқим йўналишининг ўзгаришига сезгирликка қўйилган талаблардан ва бунда юзага келадиган инерциядан келиб чиқиб, флюгарканинг шакли ва ўлчамлари танланади. Флюгарканинг сезгирлиги, унинг қанотларига таъсир кўрсатаётган ҳаво оқими динамик босими кучларининг моменти ва флюгарка айланишида юзага келадиган қаршилик кучларининг моменти орасидаги пропорционаллик билан аниқланади. Оқим тезлиги ортиши билан динамик босим ортганлиги сабабли флюгарканинг сезгирлиги ҳам ортади.

Флюгарка туридаги йўналиш датчикларининг ҳаракат тенгламаси куйидаги кучлардан ташкил топади:

- *инерция кучлари*, уларнинг моменти  $K \frac{d^2\varphi}{d\tau^2}$  га тенг, бу ерда  $K$  – бурулиш ўқига нисбатан йўналиш датчиги механик инерциясининг моменти,  $\varphi$  - флюгарканинг бурулиш бурчаги;
- *ишқаланиш кучлари*, уларнинг моменти  $k_1 \frac{d\varphi}{d\tau}$ , бу ерда  $k_1$  – ишқаланиш коэффициентлари;

- паррак қанотига динамик босим кучлари, уларнинг моменти  $k_2(\varphi - \varphi_0)$ , бу ерда  $k_2$  - динамик босим коэффиценти,  $\varphi - \varphi_0$  - ҳаво оқими йўналиши ва флюгарка орасидаги бурчак;
- аэродинамик демпферлаш кучлари, уларнинг моменти  $k_3 \frac{d(\varphi - \varphi_0)}{d\tau}$ , бу ерда  $k_3$  - аэродинамик демпферлаш коэффиценти.

Кўрсатиб ўтилган кучларни ҳисобга олсак, флюгарканинг ҳаракат тенгламаси куйидаги кўринишга келади:

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

$k_2$  ва  $k_3$  коэффицентларга таъсир этувчи ҳаво оқими тезлиги ва турбулентлигини ўзгармас деб ҳисоблаб, ҳаво оқими йўналишининг вақт бўйича ўзгаришини кўриб чиқайлик. Оқим йўналиши қандайдир вақт моментида сакраб ўзгариб, кейинчалик ўз йўналишини сақлаб туради.

Фараз қилайлик, бошланғич вақт моментида флюгарка оқим йўналишидан  $\varphi_0$  бурчакка оғиган, бошланғич тезлик эса нолга тенг бўлсин. Унда, (5.32) ифодада  $\varphi_0 = 0$  ва  $\frac{d\varphi_0}{d\tau} = 0$  тенг деб олинса, ҳосил бўлган иккинчи даражали чизиқли биржинсли тенгламанинг ечими куйидагича бўлади:

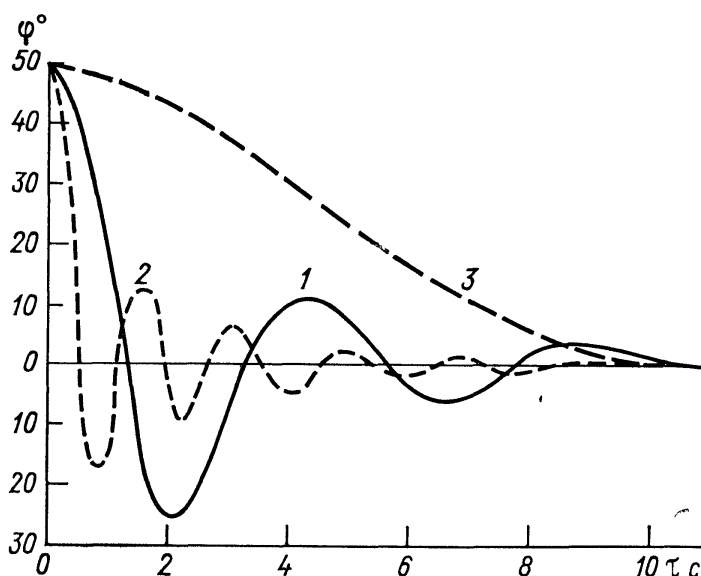
$$\varphi = \varphi_0 e^{-\tau/\lambda} \left[ \frac{1}{\lambda \omega_c} \sin(\omega_c \tau) + \cos(\omega_c \tau) \right], \quad (5.33)$$

бу ерда  $\omega_c = \sqrt{\frac{k_2}{K} - \left(\frac{k_1 + k_2}{2K}\right)^2}$ ,  $\lambda = \frac{2K}{k_1 + k_3}$ ,  $\omega_c$  - флюгарканинг эркин тебраниш частотаси,  $\lambda$  - флюгарканинг инерция коэффиценти (ёки флюгарканинг вақт доимийси).

Оқим йўналишини аниқлашда юқори аниқликка эришиш учун, ўзгарувчан ишқаланиш кучларининг қийматлари нисбатан кичик бўлиши керак ( $k_1 \ll k_3$ ). Шунинг учун ҳам  $(k_1 + k_3)$  коэффицент, асосан, флюгарка канотларининг демпферлаш хусусиятини характерлайди. Аэродинамик демпферлаш, юқорида таъкидлангандек, оқим тезлиги ортиши билан катталашади. Мос ҳолда флюгарканинг вақт доимийси камаяди. (5.33) ифодадан келиб чиқадики, механик инерция моменти  $K$  қанча кичик ва аэродинамик демпферлаш коэффиценти  $k_3$  қанча катта бўлса, флюгарканинг инерцияси шунча катта бўлади. Оқимнинг тезлиги ортиши билан  $k_2$  катталиқ ортади ва биринчи яқинлашишда у тезликнинг квадратига пропорционал бўлади. Мос ҳолда тебраниш даври тахминан оқим тезлигига тесқари пропорционал бўлади, чунки реал ҳолларда, одатда,  $k_1 + k_3 \approx k_3$ ,  $k_3 \ll \sqrt{Kk_2}$  ва шу сабабли (5.33) ифодада тебраниш даври ва тезлик орасидаги боғланишни

баҳолаш учун илдиз остидаги иккинчи қўшилувчини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Шундай қилиб, флюгарканинг инерцион характеристикалари фақат уларнинг конструкциясига боғлиқ. 5.5-расмда массаси ва ўлчамлари тахминан бир хил бўлган учта турли йўналиш датчикларининг ҳаво оқимининг тезлиги 2 м/с га тенг бўлгандаги ҳаракатланиш характери кўрсатилган. Дастлабки вақт momentiда датчиклар оқим йўналишидан  $50^\circ$  бурчакка оғиган. Оддий флюгаркалар (1 ва 2) сўнувчи тебранишда бўлиб, янги мувозанат ҳолатига яқинлашади. Агар аэродинамик демпферлаш катта бўлса (3), йўналиш датчигининг ҳаракати аperiодик бўлиб қолади.



5.5-расм. Шамол йўналиши датчикларининг ўзгармас ҳаво оқимидаги ҳаракатланиш характери. 1 – флюгарка, 2 – бифлюгарка, 3 – виндроza.

Конкрет йўналиш датчиклари учун графиклар тузилганда, юқорида кўрсатилган инерцияни белгилайдиган параметрларни аниқ кўрсатиш керак. Бу мақсадда, ҳаво оқимининг турли тезликларида, шу жумладан, тезлик нолга тенг бўлганда, яъни аэродинамик қаршилик ҳисобга олинмайдиган тинч ҳавода, эркин тебранишларнинг сўниш даври ва тезлиги аниқланади. Бу катталиқлар ёрдамида  $\omega_c$  ва  $\lambda$  учун келтирилган формулалардан қидирилаётган параметрларни топиш мумкин.

Ҳаво оқимининг горизонтал ва вертикал ташкил этувчиларининг йўналиш тебранишларини ўлчаш учун *бифлюгаркалар* (қўшалок флюгаркалар) қўлланилади. Бифлюгаркалар – бу иккита эркинлик даражасига ва халқали стабилизаторга эга бўлган флюгаркалар. Бундай флюгарка, автоматик синхронизацияланадиган тизими датчикларнинг ўқлари билан устма-уст тушадиган ўзаро перпендикуляр бўлган ўқлар атрофида айланиши мумкин.

## 5.5. Электр иссиқлик анемометрлар

Электр иссиқлик анемометрларининг ишлаши ҳаво оқими тезлиги ва оқимда жойлашган электр токи билан иситиладиган жисмнинг иссиқлик қайтарувчанлик жадаллиги орасидаги боғланишга асосланган. Қуйида иссиқлик анемометрларининг икки тури кўрилади.

Термоэлектрик анемометрда иссиқлик қайтарувчанликнинг ўлчагичи сифатида термоэлектрик термометр, қаршиликли анемометрларда – иситиладиган жисм сифатида қаршиликли термометр схемасига киритилган термоқаршилик хизмат қилади.

Иссиқлик анемометрларининг асосий устунлиги уларнинг кичик инерцияга эга эканлигидир. Бу мақсадда датчиклар кичик иссиқлик инерциясига эга бўлган ингичка металл толалар шаклида ишланади. Иссиқлик анемометрлари бошқа турдаги анемометрларга нисбатан ҳаво оқими тезлигининг алоҳида ташкил этувчиларни, шу жумладан, вертикал ташкил этувчиси ўлчашга каттароқ имконият беради.

### 5.5.1. Термоэлектр иссиқлик анемометрлар

5.6-расмда сезгир элемент сифатида металл тола қўлланилган термоэлектр иссиқлик анемометрнинг схемаси келтирилган. Сезгир элемент сифатида электр токи билан қизитиладиган константли тола 1 хизмат қилади, унда терможуфтлик 2 нинг кавшарланган жойи 3 ҳаво ҳароратини қабул қилади. Тола 1 нинг иситиш манбаси сифатида батарея хизмат қилади. Агар тола ҳаво оқимига перпендикуляр жойлашган бўлса, у ҳолда толадан ҳаво оқимига иссиқлик узатилишининг оқим тезлиги ва ҳароратга ҳамда толанинг диаметрига боғлиқлиги бир қатор мезоний сонларнинг ўзаро муносабати билан аниқланади:

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

$$\text{Рейнольдс сони} - Re = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\nu}, \quad (5.35)$$

$$\text{Прандтль сони} - Pr = \frac{\nu\rho c}{\lambda} = \frac{\mu c}{\nu}, \quad (5.36)$$

бу ерда  $d$  - тола диаметри,  $\rho, \mu, \nu$  - мос равишда ҳаво зичлиги, динамик ва кинематик қовушқоқликлари,  $\alpha$  - иссиқлик узатиш коэффиценти,  $\lambda$  - молекуляр иссиқлик ўтказувчанлиги коэффиценти.

Лаборатория тажрибаларига асосан, оқимдаги тола учун қуйидагини қабул қилиш мумкин:

$$Nu = n Re^m, \quad (5.37)$$

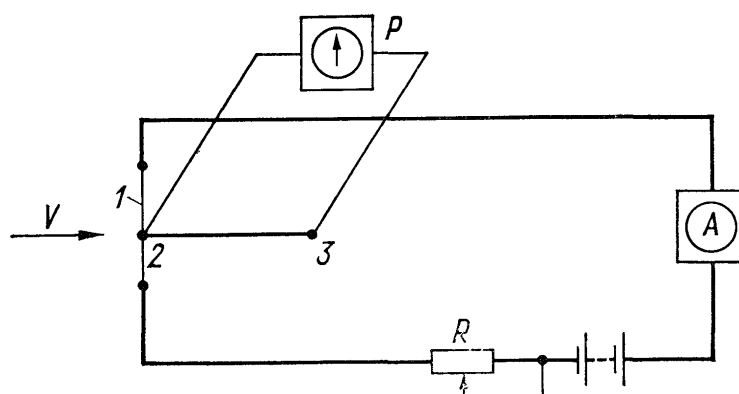
бу ерда  $n$  ва  $m$  - етарлича турли шароитлар учун ўзгармас сонлар.

Термоэлектр иссиқлик анемометрининг сезгирлигини аниқлайлик. Бу ҳаво оқими тезлигининг бир бирликка ўзгаришида гальванометрнинг стрелкаси неча бўлакка силжишини кўрсатадиган сон.

Иккита кавшарланган жойлар ҳароратининг фарқи  $(T - \theta)$  га тенг бўлса, термोजуфтлик занжирида қуйидаги ток пайдо бўлади:

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

бу ерда  $e$  – мазкур жуфтликнинг жадвалда кўрсатилган термоЭЮКси,  $R_n$  - термोजуфтликнинг қаршилиги,  $R_g$  - гальванометрнинг қаршилиги.



5.6-расм. Термоэлектр иссиқлик анемометрининг схемаси

$\frac{dN}{dV} = \frac{1}{c_a} \cdot \frac{dI}{dV}$  ифодани ва (5.38) ни ҳисобга олган ҳолда, сезгирлик тенгламаси қуйидаги кўринишга келади:

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

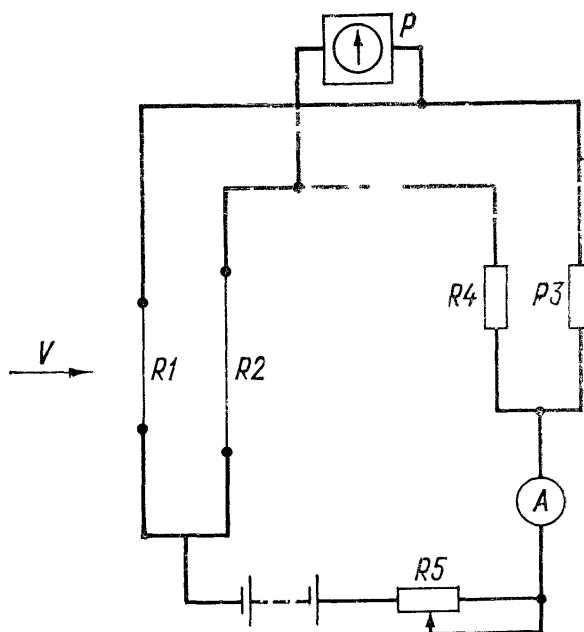
бу ерда  $c_a$  - гальванометр бўлагининг қиймати,  $I_t$  - толани қизитадиган ток кучи,  $c$  – мазкур ўлчаш схемасини характерлайдиган доимий.

(5.39) дан кўриб турибмизки, қизитиш ток кучи ва гальванометрнинг сезгирлиги қанча катта бўлса, схеманинг сезгирлиги шунча катта бўлади. Шамол тезлиги ортиши билан сезгирлик тез камаяди, шамолнинг кичик тезликларида у тез ортади. Бу хусусият, шу турдаги иссиқлик анемометрларининг вертикал тезликларни ўлчашда қўллашга имкон беради.

### 5.5.2. Иссиқлик қаршиликли анемометрлар

Қаршиликли анемометрларнинг типик схемаси 5.7-расмда кўрсатилган. Ҳаво оқими тезлигининг датчиклари, электр токи билан қизитиладиган, узунлиги ҳар хил бўлган иккита платинали толалар тизимидан иборат.

Платинали толаларнинг  $R_1$  ва  $R_2$  қаршиликлари, ҳамда батарея ва галванометрларнинг  $R_3$  ва  $R_4$  ўзгармас қаршиликлари қаршилик кўпригини ҳосил қилади.



5.7-расм. Қаршиликли анемометрнинг схемаси

Ҳаво оқими тезлигини ўлчаш принципи қуйидагидан иборат.  $R_1$  ва  $R_2$  толалардан электр токи ўтказилади.  $R_1$  ва  $R_2$  бир хил бўлмаганлиги учун улар ҳар хил ҳароратларгача қизийди. Шамол тезлигининг ўзгариши орқали юзага келган иссиқлик йўқотилиши, толаларнинг қизишига боғлиқ. Толалар қизишининг фарқи улардан ҳар хил ток ўтиши билан изоҳланади. Қаршилик анемометрининг сезгирлиги тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

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

бу ерда  $I_1$  ва  $I_2$  - толалардан ўтаётган ток кучи,  $c_1$  - асбобнинг конструктив хусусиятларига боғлиқ бўлган доимий.

Қаршиликли анемометрлар ёрдамида оқим йўналиши ўлчанганда, қўшни елкалар сифатида қаршиликли термометрлар схемасига киритилган, бир-бирига нисбатан маълум бурчак остида жойлашган, иккита бир хил қизитиладиган толалар тизими қўлланилади. Бундай кўприк шамол векторининг толалар орасидаги бурчакнинг биссектрисасидан оғишларига акс таъсир кўрсатади.

Иссиқлик қаршиликли анемометрлар, термоэлектр анемометрлардан мураккаброқ бўлсада, улар кичик иссиқлик инерцияси ва тезликларнинг кенг диапозонида юқори сезгирликка эришишда каттароқ имкониятларга эга.

### 5.5.3. Яримўтказгич қаршиликли анемометрлар

Яримўтказгич термоқаршилиқларнинг анемометр датчиклари сифатида қўлланилиши икки жиҳати билан қизиқиш уйғотади. Биринчидан, термометрияда бўлгани каби, қаршилигининг катта ҳарорат коэффиценти билан характерланадиган яримўтказгичли датчикларнинг қўлланилиши кузатишларни катта масофадан бажаришга имкон беради. Иккинчидан, анемометрларда яримўтказгичларнинг қўлланилиши, ўлчамлари кичик бўлган ва етарлича юқориомли сферик, оқим йўналишидан қатъий назар тезлик векторини ўлчайдиган датчикларни ишлаб чиқишга имкон беради. Лекин, термисторларнинг қўлланилиши асбобни ҳарорат компенсацияси билан боғлиқ бўлган қийинчиликларни юзага келтиради, чунки термометрларнинг қаршилиқ ҳарорат коэффиценти ўзгармас катталиқ эмас ва юқорида айтиб ўтилган металл термоқаршилиқларга тегишли оддий ҳисоб амаллари, яримўтказгичли термоқаршилиқларга тўғри келмайди. Қаршилиқ анемометрларида бўлганидек яримўтказгич қаршиликли анемометрларда ҳам схемани қўшимча мураккаблаштириш йўли билан ҳарорат компенсациясига эришиш мумкин.

### 5.6. Акустик анемометрлар

Акустик анемометрлар икки қабул қилгичли акустик термометрлар каби принципиал тузилишга эга. Фарқи шундаки, уларнинг метрик хусусияти сифатида йиғинди эмас, балки қабул қилгичга етиб келган акустик сигналлар орасидаги вақт ёки фазаларнинг айирмаси олинади. Шунда, импульсли анемометр учун

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

бу ерда  $\tau_1$  ва  $\tau_2$  -  $L$  базаси бўйича иккита қарама-қарши йўналишларда ўтаётган сигналларнинг вақти.

Шундай қилиб,  $(\tau_2 - \tau_1)$  айирма ҳаво оқими тезлигининг нур тарқатгич ва қабул қилгичларини туташтирувчи чизиқ бўйича ташкил этувчисига тўғри пропорционал.

*Импульсли анемометрнинг сезгирлиги* деб қуйидаги тушунилади:

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

$(\tau_2 - \tau_1)$  катталиқ ҳаво ҳароратига кучсиз боғланган.

Фазали акустик анемометрлар ўз тузилиши бўйича иккита қабул қилгичли фазали акустик термометрларга ўхшаш, лекин анемометрларда йиғинди эмас, балки фазалар айирмаси ўлчанади. Нур тарқатгич ва қабул

қилгичлар бир хил. Улар, штангадан товуш ўтказишига тўсқинлик қиладиган прокладкалар ёрдамида штангага ўрнатилади. Қабул қилгичга келаётган акустик сигналлар учун  $L$  масофада нечта тўлқин узунликлари жойлашишини кўрсатадиган сонлар айирмаси  $N$  қуйидагича аниқланади:

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

бу ерда  $v_{ak}$  - акустик тебранишлар частотаси.

Агар  $V^2 \ll c_{ak}^2$  бўлса, унда

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

(5.44) ифода фазали акустик анемометрнинг сезгирлик тенгламасидир. Сезгирлик юқори частотали нур тарқатгич қўлланилганда ортади. Шунинг учун ҳам акустик анемометрларда ультратовуш нур тарқатгич қўлланилади.

### Назорат саволлари

1. Шамол тезлигини, шамол йўналишини, шамол тезлиги ва йўналишини ўлчайдиган асбоблар қандай номланади?
2. Третьяков шамолўлчагичи қандай принципга асосланган? Уни характерлаб беринг.
3. Ротоанемометрлар қандай принципга асосланган? Синхронизация йўли, синхронизация вақти нима?
4. Косали анемометрнинг тузилишини тушинтириб беринг. Бу асбоб ёрдамида шамол тезлигини ўлчаиш тартибини айтиб беринг.
5. Қанотли ва косали анемометрлардан олинган кузатиш натижаларини қайта ишлаш нимадан иборат?
6. Ротоанемометрларда айланиш сонини ўлчаиш учун қандай усуллар мавжуд?
7. Индукцион анемометрларда шамол тезлигини ўлчаиш қайси принципга асосланган? Уларнинг сезгирлиги қандай катталикларга боғлиқ?
8. Флюгерканинг сезгирлиги қандай параметрларга боғлиқ?
9. Иссиқлик анемометрлари ёрдамида шамол тезлигини ўлчаиш қайси принципга асосланади?
10. Иссиқлик анемометрларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг сезгирлиги қандай?
11. Акустик анемометрлар қандай принцип асосида ишлайди? Уларнинг сезгирилиги қандай параметрларга боғлиқ?



## VI БОБ. АКТИНОМЕТРИК ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ

Метеорологияда қуёшнинг қисқа тўлқинли радиацияси ва ер юзасининг инфракизил (ёки узун тўлқинли) нурланиши ва атмосферанинг қарши нурланишини ажратиш қабул қилинган. Қуёш радиацияси ва узун тўлқинли радиациянинг барча турлари  $Вт/м^2$  да ўлчанади.

### 6.1. Тўғри қуёш радиациясини ўлчаш

Тўғри қуёш радиациясини ўлчаш учун мутлақ (Онгистрем компенсацион пиргелиомери) ва нисбий (актинометрлар) асбоблар қўлланилади. Метеорологик станцияларда Савинов-Янишевский термоэлектрик актинометри ишлатилади.

Бу актинометрнинг ишлаш принципи асбобнинг қабул қилувчи қисмига келаётган қуёш энергиясини термоэлектрик батарея ёрдамида электр энергиясига ўзгартиришга асосланган. Термоэлектр юритувчи ток кучининг (термоток ЭЮК) катталиги ГСА-1 русумидаги махсус сезгир гальванометрлар ёрдамида ўлчанади. Қуёш радиацияси тасирида гальванометрнинг стрелкаси  $N$  бўлақлар сонига бурилади. Шундай қилиб тўғри радиациянинг катталиги  $S$  қуйидагига тенг:

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

бу ерда  $N_0$  – гальванометр стрелкасининг нол ҳолати,  $\alpha$  – радиация қабул қилгич – гальванометр жуфтлигининг ўтказиш кўпайтувчиси.

Ўтказиш кўпайтувчиси актинометр кўрсаткичини абсолют асбоб – пиранометр кўрсаткичига, ёки намунавий актинометр кўрсаткичига таққослаш орқали топилади.

*Савинов-Янишевский термоэлектрик актинометри.* Актинометрнинг қабул қилувчи қисми кумуш фольгадан ясалган. Бу гардиш марказида думалоқ тешик ишланган. Гардишнинг Қуёшга қараган томони қорага бўялган (6.1-расм). Бошқа томонига юлдузча шаклига эга термоэлектрик батареянинг ички фаол кавшарлари ёпиштирилган. Ташқи (пассив) кавшар мис ҳалқага ёпиштирилган. Бу ҳалқа термоюлдузчага қўйилган ва асбоб корпусининг ичига сиқилган. Кавшарни ёпиштиришда термоюлдузча диск ва корпусдан папирос қоғози билан изоляцияланади. Гардиш (актинометрнинг қабул қилувчи қисми) актинометрнинг найчаси 2 га ўрнатилган коса 1 ичига ўрнатилган (6.2-расм). Найча ичида қабул қилувчи қисми шамол ҳамда тарқоқ ва қайтган радиация киришидан сақловчи бешта диафрагма бор. Ўлчаш вақтида кумуш гардиш Қуёш радиациясини ютади. Бунинг натижасида гардиш ва ички фаол термобатарея кавшарининг ҳарорати ортади. Ташқи пассив кавшар ташқи ҳаво ҳароратига яқин бўлган асбоб корпуси ҳароратига эга. Ички ва ташқи кавшарлар ҳароратлар фарқи таъсири остида термобатарея занжирида гальванометр билан ўлчанадиган

термоэлектрик ток юзага келади. Ўлчовлар орасида актинометр найчаси қопқоқ 3 билан ёпиб қўйилади. Ва бу билан гардиш ифлосланишдан ҳимоя қилинади. Термоэлектрик актинометр катта бўлмаган штатив 4 га ўрнатилади. Бу штатив асбобни жойнинг кенглигига, баландлигига ва Қуёш азимути бўйича ўрнатиш имкониятини беради.

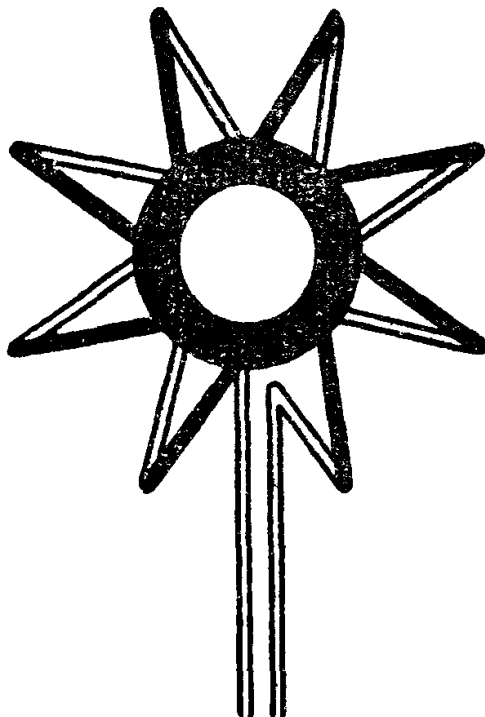


Рис. 6.1. Термоэлектрик актинометр қабул қилувчи қисмининг схемаси (термоюлдузча)

Актинометр жойнинг кенглиги бўйича қуйидагича ўрнатилади: Винт 5 бўшатилади ва сектор 6 нинг бўлаклари индексига келтирилади, шундан сўнг винт 5 бураб қотирилиб қўйилади. Атрофида найчанинг горизонтал бурилиши содир бўладиган ўқ меридиан текислигида жойлашган бўлиб, кенгликка мос ҳолда шимолга эгилган бўлиши керак.

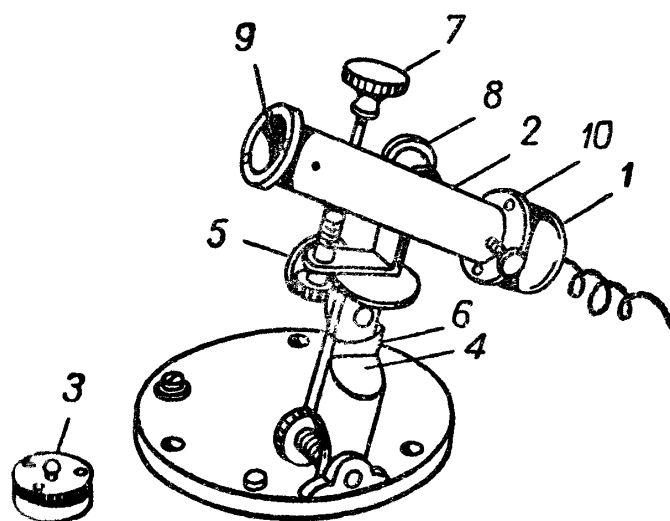


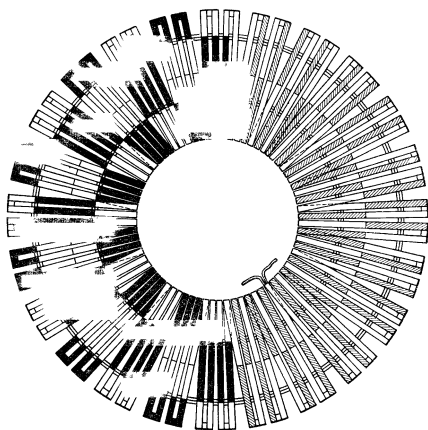
Рис. 6.2. Савинова-Янишевский термоэлектрик актинометри

Найча винт 7 ва 8 ёрдамида қуёшга қаратиб мўлжалланади. Аниқ йўналтириш учун ташқи диафрагмада кичкина думалоқ тешик 9 ишланган. Бу тешик тўғрисида оқ экран 10 бор. Асбоб тўғри ўрнатилганда қуёш нури тешикдан ўтиб, экраннинг марказида ёруғ доғ ҳосил қилади.

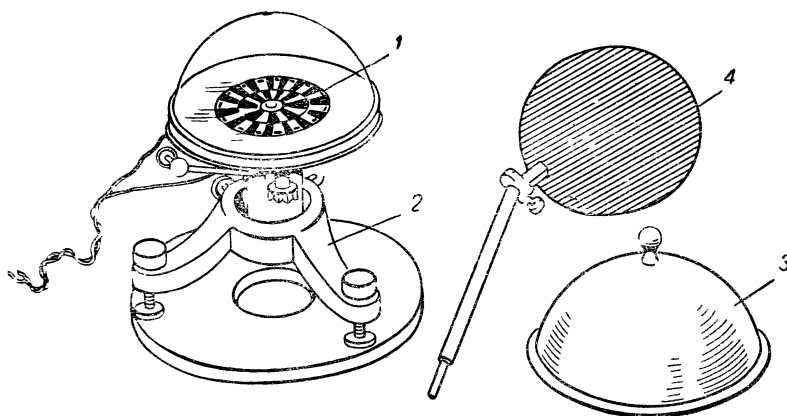
## 6.2. Тарқоқ, ялли ва қайтган радиацияни ўлчаш

Радиациянинг бу турлари Янишевский термоэлектрик пиранометри ёрдамида ўлчанади. Бу нисбий асбоб ҳам худди Савинов-Янишевский актинометри принципида ишлайди.

Пиранометрнинг қабул қилувчи қисми манганин ва константан парчасидан ташкил топган термоэлектрик батареядан иборат (6.3-расм). Термобатареянинг ҳамма жуфт кавшарлари магнезий билан оқланган, тоқлари эса қора қуя билан қорайтирилган. Таглик 2 га қотирилган қабул қилувчи қисми 1 узун тўлқинли радиация ва шамол таъсиридан ҳимоя қилиш учун шиша қопқоқ билан беркитилган (6.4-расм).



6.3-расм. Радиал термобатарея схемаси



6.4-расм. Янишевский пиранометри

Фақат тарқоқ радиацияни ўлчаш учун соя экрани 4 дан фойдаланилади. У билан асбобнинг қабул қилувчи қисми тўғри радиация таъсиридан ҳимоя қилинади. Экран ва стержен ўлчамлари шундай ҳисоб қилинганки пиранометрнинг қабул қилувчи қисми марказидан экран  $10^\circ$  бурчак остида кўриниб турсин, яни экран қуёш атропоида  $5^\circ$  осмон қисмини беркитиб турсин. Бунинг учун экраннинг диаметри шиша қопқоқ диаметрига тенг бўлиши керак. Асбобнинг қабул қилувчи қисми ва экран орасидаги масофа экран диаметридан 5,7 марта катта бўлиши керак. Асбобга келиб тушаётган қуёш радиацияси қорайтирилган қисмда оқидагига нисбатан анча кўп ютилади. Оқ ва қора термокавшарлар орасида қабул қилувчи қисмга тушаётган радиация катталигига пропорционал ҳарорат фарқи юзага келади. термобатареядаги ҳарорат фарқи термоток ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Бу ток ГСА-1 гальванометри ёрдамида ўлчанади. Асбобга тушаётган радиация катталиги гальванометр стрелкаси силжиган  $N$  бўлак сонига пропорционал. Қуёш  $\Theta^2$  ва  $\Theta$  нуқтада бўлганида ялли радиацияни одатда бир вақтда иккита

асбоб ёрдамида, яъни тўғри радиация  $S$  актиномерт бўйича ва тарқоқ радиация  $D$  пиранометр бўйича кузатилади, сўнгра улар қўшилади.

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

$$S' = S \sinh_{\odot} \quad (6.3)$$

Агар ялпи радиация фақат пиранометр ёрдамида ўлчанса (актинометр йўқлигида), унда очик пиранометрда  $N$  ҳисоб олинади ва ёпиқ пиранометрда  $n$  ҳисоб олинади. Бу ҳолда тарқоқ радиация қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади.

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

бу ерда  $n=(N - N_0)$ ,  $a$  – пиранометр-галванометр жуфтлигининг ўтказувчи кўпайтмаси.

*Тўғри радиацияни ҳисоблаб топиш* қуйидагича амалга оширилади. Фақат тўғри радиацияга мос келувчи  $(N-n)$  ҳисоблар фарқига тенг кўрсаткични ўтказувчи кўпайтма  $a$  га ва асбоб сезгирлигининг қуёш радиацияси тушиш бурчагига боғлиқлигини ҳисобга олувчи тузатма кўпайтма  $Fh_{\odot}$  га кўпайтирилади. Бу тузатма кўпайтма пиранометр паспортдаги графикдан топилади. Шундай қилиб

$$S' = a( N - n )Fh_{\odot} \quad (6.5)$$

*Ялпи радиация бу  $D$  ва  $S$  каталликлар йиғиндис*. Қуёшнинг кучсиз нур сочишида ва булутли об-ҳавода ялпи радиация тарқоқ радиацияга тенг:

$$Q=D.$$

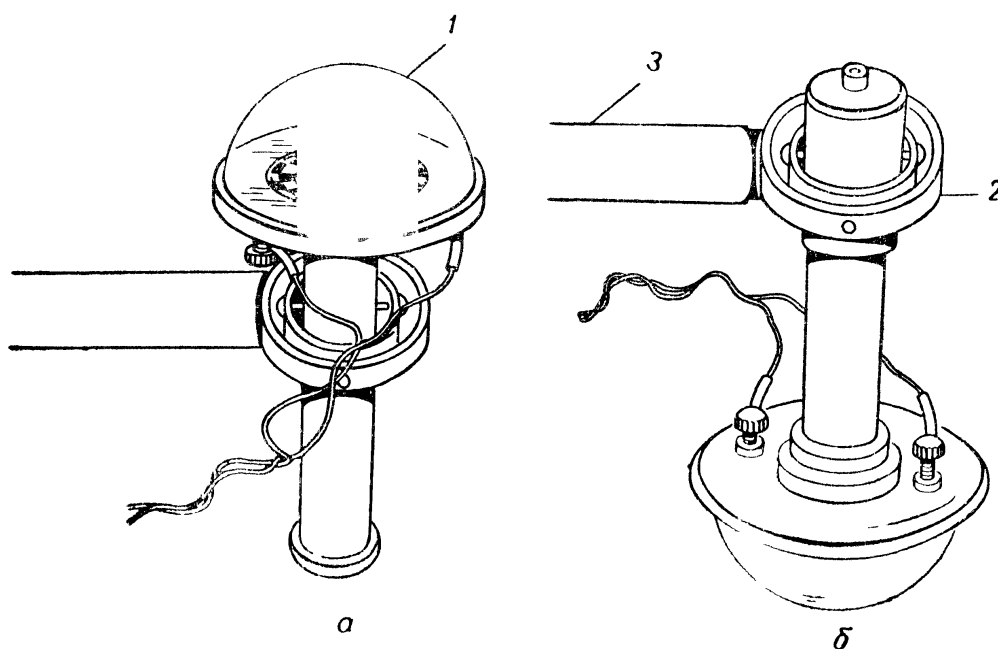
*Пиранограф* тарқоқ радиацияни узиликсиз ёзиб бориш учун хизмат қилади. У пиранометр ва унга уланган гальванометр (ёки бошқа типдаги қайд қилувчи) дан ташкил топган.

Қайтган қуёш радиацияси *альбедометр* ёрдамида ўлчанади. Стационар ва дала альбедометрларидан фойдаланиш мумкин. Стационар альбедометр – бу Янишевский универсал термоэлектрик пиранометридир. Унинг конструкцияси шундай тузилганки, асбобнинг қабул қилувчи қисмини паст томонга айлантириб, ер юзасидан қайтган радиацияни ўлчаш мумкин.

Дала альбедометри (6.5-расм) маршрут кузатувларида қўлланилади. У альбедометр каллаги 1, каллакни пастга қаратиш имконини берувчи дастакли 3 қурилма 2 дан ташкил топган. Бундай қурилма дастакни горизонтал ўқ атрофида айлантирганда қабул қилувчи қисм юзасининг горизонталлигини таъминлайди. Кузатув вақтида дастак таёққа ўрнатилади ва бу дастакнинг

бир учи кузатувчи кўлида бўлади. Асбобнинг қабул қилувчи қисми юқорига қараган ҳолатда ялпи радиацияни ўлчайди. Сўнгра қайтган радиация  $R$  ни ўлчаш учун альбедометр  $180^\circ$  га айлантирилади. Бу қийматларни билган ҳолда қуйидаги формула ёрдамида альбедони аниқлаш мумкин:

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



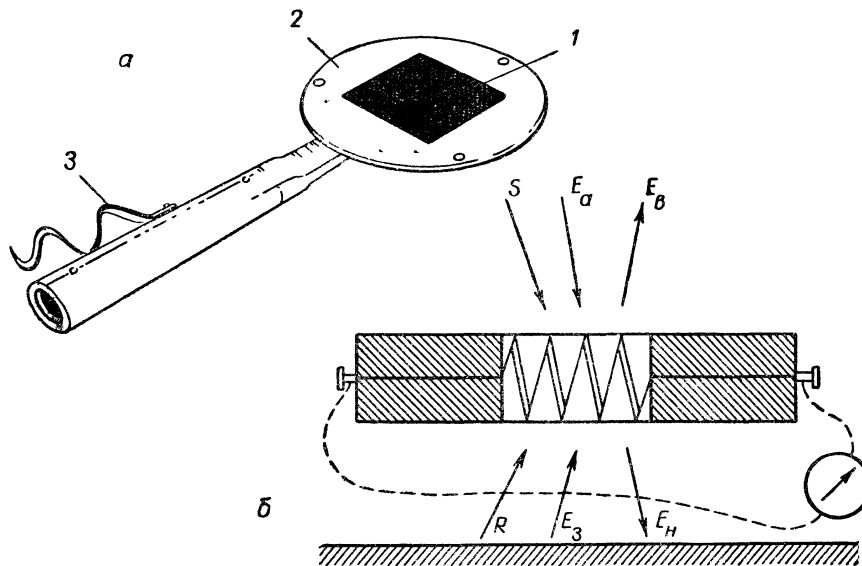
6.5-расм. Дала альбедометри: а – юқорига қаратилган ҳолат; б – пастга қаратилган ҳолат

### 6.3. Ер юзаси радиация балансини ўлчаш

Ер юзаси радиация балансини ўлчаш балан ўлчагич ёрдамида амалга оширилади. Бу нисбий асбобнинг ишлаш принципи юқорида кўриб чиқилган актинометр ва пирометрларнинг принципи каби.

*Янишевский термоэлектрик баланс ўлчагичи.* Баланс ўлчагичнинг қабул қилувчи қисми вазифасини ташқи юзаси қорайтирилган иккита юпқа мис пластинка 1 бажаради (6.6-расм). Пластинкалар дастали диск шаклидаги думалоқ гардиш 2 ичига ўрнатилган. Бу ерда пластинкаларнинг бири юқорига, иккинчиси пастга қаратиб жойлаштирилган. Пластинкалар орасида 10 та махсус термобатарея ўрнатилган. Ҳар бир батарея мис парчаси бўлиб, изоляция қоплами билан қопланган. Унинг устига константан лента ўралган. Константан лента ҳар ўрама ярмининг бир бўлаги кумуш билан қопланган, кумуш қопламининг боши ва охири термокавшар бўлиб хизмат қилади. Ҳамма батареялар ўзаро кетма-кетликда уланган. Биринчи ва охири батареяларнинг симлари асбоб дастаги 3 ичидан ташқарига чиқарилган. Баланс ўлчагичнинг қабул қилувчи қисми гардиш 7 билан биргаликда икки табақали қопкоқ билан беркитилади. Баланс ўлчагични ўрнатиш учун унинг комплектида икки ошиқ-мошиқли даста мавжуд.

Асбоб дастаси охирида резбали втулка бор. У балансўлчагични катта ошиқ-мошиққа бураб қотириш учун хизмат қилади. Кичик ошиқ-мошиқ асбобни тўғри радиациядан ҳимояловчи соя экранини ўрнатишга хизмат қилади. Баланс ўлчагич қатъий горизонтал ўрнатилади, кейин ГСА-1 типигади гальвонометрга уланади. Баланс ўлчагичнинг сезгирлиги шамол тезлиги ортиши билан камаяди (чунки қабул қилувчи қисм юзаси шиша қопқоқ билан ҳимояланмаган), шунинг учун ўлчаш вақтида шамол тезлиги бўйича ҳам кузатув олиб бориш лозим.



6.6-расм. Термоэлектрик баланс ўлчагич: а – умумий кўриниши; б – схемаси

Кундузги вақтда юқоридаги пластинкага қуйидаги радиацион оқимлар етиб келади (6.6.б-расм): ялпи куёш радиацияси  $Q=S'+D$ ; атмосфера учрашма нурланиши  $E_a$ , пластинкадан унинг ўзининг нурланиши  $E_b$ .

Пастки пластинкага эса қуйидаги радиация оқимлари етиб келади. Ер юзасидан қайтган радиация  $R$ ; ер юзасининг хусусий нурланиши  $E_3$ ; пластинкадан унинг ўзининг хусусий нурланиши  $E_n$ .

Гальванометр стрелкасининг силжиши  $N$  устки ва остки пластинкаларга келаётган “тоза” радиациялар фарқига пропорционал бўлади.

$$(Q + E_a - E_b) - (R + E_3 - E_n) = a\Phi_v(N - N_0), \quad (6.6)$$

бу ерда  $a$  – асбобнинг ўтказувчи кўпайтмаси,  $\Phi_v$  – шамол тезлигини ҳисобга олувчи тузатма-кўпайтма. Баланс ўлчагич кўрсаткичи ушбу тезликда шу қийматга кўпайтирилади. Бунда баланс ўлчаничнинг кўрсаткичи штиль ҳолатидагига келтирилади.

Устки  $E_b$  ва  $E_n$  пластинкалар нурланишини бир хил деб ҳисоблаш мумкин, унда (6.6) ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$Q + E_a - R_k - E_a = Q - R - (E_3 - E_a) = a\Phi_v(N - N_0). \quad (6.7)$$

Чунки  $E_3 - E_a$  эффектив нурланиш  $E_{эф}$  ни билдиради. Унда

$$Q - R_k - E_{эф} = a\Phi_v (N - N_0) = B \quad (6.8)$$

(6.8) формула ер юзаси радиация баланси  $B$  ни ифодалайди.

Ялпи радиация ва атмосферанин учрашма нурланиши ер юзасига иссиқлик келишини ҳосил қилади, қайтган радиация ва ер юзасининг хусусий нурланиши иссиқлик сарфини ҳосил қилади.

Радиация баланси мусбат, манфий ва ноль бўлиши мумкин.  $Q$  ва  $R$  нолга тенг бўлган тунги вақтда фақат эффе́ктив нурланиш кузатилади. Кундузи узун тўлқинли радиация баланси ўлчанмайди, бироқ уни ҳисоблаш орақали топиш мумкин.

$$B_0 = B - (1 - A)Q = -E_{эф}, \text{ яъни } B_0 = -E_{эф} \quad (6.9)$$

Изоҳ: барча актинометрик асбоблар махсус актинометрик тиргакка (устунга) ўрнатилади.

#### 6.4. Қуёшнинг нур сочиб туриши давомийлигини ўлчаш

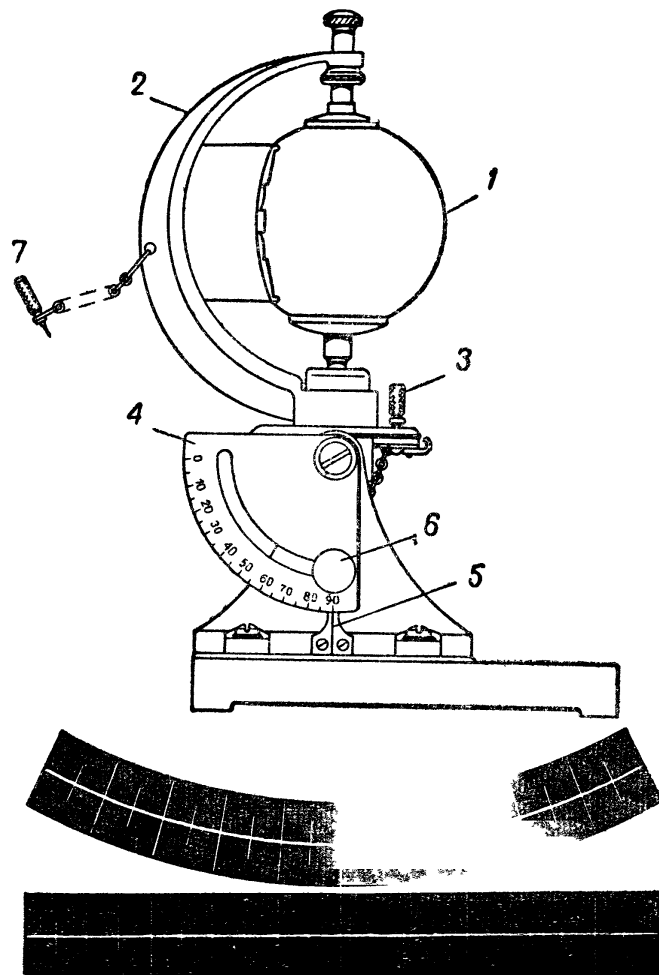
Қуёшнинг нур сочиб туриши давомийлигини ўлчаш *гелиограф* ёрдамида амалга оширилади.

Қуёшнинг нур сочиб туриши давомийлигини узлуксиз ёзиб бориш учун хизмат қиладиган асбоб гелиограф деб аталади. Гелиографларнинг бир нечта тизимлари мавжуд. Ҳозирги вақтда асосан Кемпбелл – Стокс универсал гелиографларидан фойдаланилади (6.7-расм).

Асбобнинг қабул қилувчи қисми вазифасини шиша шар 1 бажаради, унинг фокусда чўянли ёйсимон пластинка коса 2 ўрнатилаган. У картон лентани ўрнатиш учун хизмат қиладиган учта ўйиққа эга. Ҳар бир ўйиқ йилнинг маълум вақтида лентани жойлаштириш учун хизмат қилади: ўртадагиси – куз ва баҳор учун, тепадагиси – қиш учун, пасткиси – ёз учун. Лента шундай ўрнатиладики, унинг ўртадаги бўлими асбоб косасидаги ўрта чизиқ билан мос тушиши лозим. Лента ўзақдаги игна 7 ёрдамида ўрнатилади.

Бу игна косадаги махсус тешикка ўрнатилади ва бу билан лентанинг тўғри ҳолати фиксацияланади. Лента тўғри ўрнатилганда игна ҳосил қиладиган тешик ўртадаги иккинчи соат бўлагига тўғри келади. Гелиограф косаси вертикал ўқ атрофида айланади ва керакли ҳолатида ўзақ 3 билан қотириб қўйилади. Мумкин бўлган қуёшнинг нур сочиб туриши давомийлигига қараб турли сондаги ленталардан фойдаланиши мумкин. Қисқа кундузларда (9 соатдан кўп бўлмаган) коса шарнинг шимолий томонига қилиб ўрнатилади ва штифт билан Б ҳолатда қотирилади, лента сутка давомида бир марта Қуёш ботгандан сўнг алмаштирилади. Кундузнинг давомийлиги 9 соатдан 18 соатгача бўлганида лента икки марта алмаштирилади; ўртача соат вақти бўйича 11 дан 12 гача ва Қуёш ботгандан сўнг. Кечкурун коса А ҳолатга қўйилади, кундуз кунги вақтда В ҳолатга қўйилади. Агар бир суткадаги қуёшнинг мумкин бўлган нур сочиб туриши

давомийлиги 18 соатдан ортиқ бўлса, коса ҳолати ва лента 3 марта алмаштирилади; ўртача вақт бўйича соат 4, 12 ва 20 да. Кетма-кет алмашадиган ленталар бўйича ёзувлар мос равишда 4-12, 12-20, 20-4 соат даврларига олинади. Лента биринчи алмаштирилганда коса А ҳолатга қўйилади, иккинчисида В ҳолатга ва учинчисида Г ҳолатга қўйилади.



6.7-расм. Универсал гелиограф ва унинг ленталари

Агар қуёш булутлар билан тўсилмаган бўлса, унинг нурлари шар ичидан ўтиб фокусда йиғилади ва лентани куйдиради. Куйиш поласаси лентанинг ўрта чизиғи бўйлаб юради. Қуёш диски булут билан тўсилганда куйиш кучсиз бўлади ёки умуман куймайди. Лентадаги куйишларнинг ялпи узунлиги бўйича суткадаги қуёшнинг нур сочиб туриши давомийлиги соатларда аниқланади.

Гелиограф мустаҳкам устунда ёки бино томида ўрнатилади. Асбоб косаси станциянинг географик кенглигига мос ҳолда оғдириб қўйилади. Бу кўрсаткич 5 индекси бўйича шкала 4 дан ҳисобланади, сўнгра коса винт 6 ёрдамида қотириб қўйилади. Бундан сўнг гелиограф шундай ўрнатиладики, ҳақиқий пешин вақтида лентадаги қуёш нурлари дастасининг фокуси асбоб косасининг марказий чизиғига мос келсин. Гелиограф одатда қуёшли кунда ўрнатилади.



## Назорат саволлари

1. Метеорологик станцияларда ўрнатиладиган актинометрик асбоблар қайси принципга асосланган?
2. Актинометрик станциялар тармоғида қуёш радиацияси ва узун тўлқинли радиациянинг қайси оқимлари ўлчанади.
3. Термоэлектрик актинометрларнинг тузилишини тушинтириб беринг. Нимага у мутлақ асбоб эмас?
4. Пиранометрнинг тузилишини тушунтиринг. Нимага у мутлақ асбоб эмас?
5. Баланс ўлчагичнинг тузилишини тушунтиринг. Нимага у мутлақ асбоб эмас?
6. Актинометрнинг найчаси қандай функцияни бажаради?
7. Пиранометр устидаги шиша қалпоқ нима мақсадда ўрнатилади?
8. Нима сабабдан актинометрик кузатувлар билан бирга шамол тезлиги ҳам ўлчанади?
9. Нисбий актинометрик асбобларнинг ўтказувчи кўпайтмаси қандай аниқланади?
10. Гелиогаф ёрдамида қандай катталик ўлчанади?
11. Термограф ленталари қандай қайта ишланади?

## VII БОБ. БУЛУТЛАР, ЁҒИНЛАР, МЕТЕОРОЛОГИК КЎРИНУВЧАНЛИК УЗОҚЛИГИ ВА УНИ ЁМОНЛАШТИРУВЧИ ҲОДИСАЛАР ҲАМДА ҚОР ҚОПЛАМИНИ КУЗАТИШЛАР

### 7.1. Булутларни кузатиш

Булутлиликни кузатишлар уларнинг миқдори, шакли ва станция сатҳидан баландлигини аниқлашдан иборат.

Метеорологик кузатишларда булутларни морфологик белгиси бўйича (ташқи кўринишига асосланган) халқаро таснифи қабул қилинган. У булут асосининг баландлиги бўйича ўз ичига булутларнинг 3 та қатлами ва 10 та тури ва вертикал бўйича ривожланадиган булутларни олади.

#### 7.1.1. Булутлар таснифи

*Юқори қават.* Бу қаватдаги булутларга патсимон (Ci), патсимон тўп-тўп (Cc) ва патсимон қатламли (Cs) булутлар киради. Уларнинг баландлиги географик кенгликка боғлиқлик ҳолда 5 дан 13 км гача ўзгаради.

“Булутлар Атласи”дан (1979) фойдаланиб, булутларнинг ҳар бир турига қисқача хараakterистика берамиз.

1. *Патсимон булутлар Cirrus (Ci)* оқ, ингичка, соясиз толасимон, патлар, тарамлар, иплар ва юқорига эгилган тирноқлар шаклидаги булутлар. Улар, кўпинча бутун осмондан ўтиб уфқнинг бир нуқтасида йиғиладиган полосалар шаклида жойлашган бўлади. Патсимон булутлар тропосферанинг энг юқори қисмида, ўрта кенгликда 7–13 км, тропикларда 18 км гача баландликда, муз кристалларидан иборат бўлиб юзага келади.

Патсимон толалари Cirrus fibatus (Cu fib), Ci filus (Ci fil) булутлари энг кўп кузатилади. Толалар бир мунча параллел (фронт сирти устида), ёки чигаллашган ўрам кўринишида жойлашган бўлиши мумкин.

Cirrus spissatus (Ci spi), нотўғри шаклдаги кўп сонли оқ зичланишларга эга бўлган, патсимон зич булутлар ҳам тез-тез учрайди. Толасимон патсимон булутларга қараганда уларда толасимон тузилиш нисбатан камроқ ифодаланган. Кўпинча, зич патсимон булутлар парчаланаятган ёмғирли тўп-тўп булутларнинг қолдиқлари (парчалари) бўлади.

2. *Патсимон тўп-тўп булутлар – Cirrusimulus (Cc)* жуда майда яримшаффоф парчалар ёки жингалаклардан ташкил топган қаторлар ёки қатламлардан иборат. Улар 5-6 км дан юқорида жойлашган бўлади. Бу булутлар нотурғун, улар тез пайдо бўлади, ўзгаради ва йўқолади. Патсимон тўп-тўп булутлар, кўпинча, патсимон қатламли булутлар билан боғлиқ. Патсимон тўп-тўп булутлар, юқори тропосферадаги ҳавонинг конвективлиги ва тўлқинли ҳаракатлар юзага келганда ҳосил бўлади. Улар ҳам муз кристалларидан иборат.

3. *Патсимон қатламли булутлар – Cirrustrutus (Cs)* Ой ва Қуёш гардишини чаплаштирайдиган юпка оқиш пардадир. Бу булутлар ҳам кристаллардан иборат. Патсимон қатламли булутлар мавжудлигида Ой ва

Қуёш атрофида катта оқ айланалар гало ҳосил қилади. Бу оптик ҳодиса булут кристалларида қуёш нурларининг синиши натижасида юзага келади. Патсимон қатламли булутлар патсимон булутлар билан бир пайтда ёки улардан кейин, бир хил ёки бироз пастроқ баландликларда кузатилади. Патсимон қатламли булутларнинг пайдо бўлиши об-ҳаво ёмонлашишининг аломатидир. Улар кўпинча булутли ёмғирли об-ҳаводан кейин ҳам кўриниши мумкин. Бу булутлар атмосфера фронтлари зонасида, юқори тротферада хавонинг кўтарилувчи ҳаракати пайтида унинг адиабатик совуши натижасида ҳосил бўлади. Патсимон қатламли булутлар, айниқса илиқ окклюзия фронтлари учун характерли.

*Ўрта қават.* Бу қаватда юқори тўп-тўп (Ac) ва юқори қатламли (As) булутлари жойлашади. Улар қуйи чегарасининг баландлиги 2 км дан 6-7 км гача етиши мумкин.

4. *Юқори тўп-тўп булутлар* – *Alto cumulus (Ac)* кулранг ёки оқ рангдаги булутлар қатлами ёки қаторидан иборатдир. Улар нур ўтказадиган *Alto cumulus translucidus (Ac tr)* юқори тўп-тўп булутларининг бир туридир. Булутлар қатлами ёки қаторидан осмон кўринади. Баъзида юқори тўп-тўп булутлар зичланиб, қуёш нурларини ўтказмайдиган тўлқинсимон тузилишли узлуксиз қатламни ҳосил қилади. улар *Alto cumulus opacus (Ac op)* зич булутларининг бир туридир. Бу булутларнинг кўплаб турлари ва кўринишлари мавжуд.

Юқори тўп-тўп булутлар, кўпинча майда ўта совуқ ҳолатдаги сув томчиларидан иборат бўлади. Ўрта кенгликларда бу булутларнинг баландлиги 2-6 км. Бу булутлар об-ҳавонинг ёмонлашишига олиб келмайди ва ёғинлар бермайди. Лекин юқори тўп-тўп булутлар, улардан кучлироқ бошқа булутларнинг йўлдоши бўлади.

Юқори тўп-тўп булутларнинг ҳосил бўлиши инверсия остида ҳавонинг тўлқинли ҳаракатлари, хусусан, совуқ ва окклюзия фронтларининг олдида, қиялик бурчаги кичик бўлган фронтал сиртдаги ва тоғ тўсиқлари устидаги тўлқинли ҳаракатлар ҳамда 2 км дан юқори қатламлардаги конвектив ҳаракатлар таъсирида кузатилади.

5. *Юқори қатламли булутлар* – *Altostratus (As)* кўпинча патсимон қатламли булутларга қараганда пастроқ ва зичроқ, узлуксиз текис ёки тўлқинли кулранг, ёки кўкиш рангдаги қопламни ҳосил қилади. Гало ҳодисаси уларда кузатилмайди. Бундай қопламдан Қуёш ва Ой худди хира ойнадан кўрингандай, соя бермасдан кўринади. Бу булутлар нур ўтказадиган юқори қатламли *Alto cumulus translucidus (Ac tr)* булутлари деб аталади. Қуёш нурларини ўтказмайдиган зичроқ булутлар - *Alto cumulus opacus (Ac op)* булутлари деб аталади. Улар атмосферанинг 2 км дан 7 км гача қатламида ҳосил бўлади. Уларнинг қалинлиги 2-3 км ва ундан ортиқ бўлиши мумкин. Юқори қатламли булутлар майда қорчалар ва ўта совуқ ҳолатдаги томчилардан иборат.

Юқори қатламли булутлардан ёғинлар ёғади, лекин ёзда, одатда, улар булутости хавосида буғланиб, ер сиртига етиб бормайди. Қишда хатто юпқа As лардан ҳам қор ёғади. Илиқ фронтнинг булутлар тизимида юқори қатламли

булутлар патсимон қатламли булутлардан сўнг келиб, зичланиб ёмғирли қатламли булутларга ўтади. Совуқ фронт тизимида As лар ёмғирли қатламли булутлардан кейин келиб, юпқалашиб патсимон қатламли булутларга ўтади.

*Қуйи қават.* Бу қаватда ёмғирли қатламли (Ns), тўп-тўп қатламли (Sc) ва қатламли (St) булутлари жойлашади. Улар қуйи чегарасининг баландлиги ер сиртидан бир неча ўн метрдан 2-3 км гача етиши мумкин.

6. *Ёмғирли қауламли булутлар – Numbostratus (Ns)* пастдан қараганда шаклсиз узлуксиз тўқ кулранг булут қоплами кўринишида бўлиб, ундан буркама ёғинлар (қор ёки ёмғир) ёғади. Булутлар қоплами остидан Қуёш ва Ой кўринмайди. Ёмғирли қатламли булутлар якка ҳолда камдан-кам кузатилади, кўпинча уларнинг остида узик-узук қатламли, ёмғирли қатламли булутларнинг асосий қатламини қисман ёки бутунлай тўсадиган, қуйи чегарасининг баландлиги пастки 1 км орасида жойлашган булутлар ҳосил бўлади. Улар томчи ва муз кристалларидан иборат. Манфий ҳароратларда томчилар ўта совуқ ҳолатда бўлади.

Ёмғирли қатламли булутлар хавонинг фронт сирти бўйлаб кўтарилиувчи ҳаракатида унинг адиабтик совиши натижасида ҳосил бўлади.

7. *Тўп-тўп қатламли булутлар – Stratocumulus (Sc)* йирик ва паст жойлашган кулранг ёки тўқ кулранг, тўғри қатор ташкил қиладиган тўлқинлар жўяклари ёки парчаларини ҳосил қилади. Баъзида улар орасидан осмон кўринади – бу нурларни ўтказадиган тўп-тўп қатламли *Stratocumulus translucidus (St tr)* булутларидир. Бошқа ҳолларда улар пўртана ёки йирик парчалардан иборат бўлган, тўқ кулранг тусдаги қоплам – зич тўп-тўп қатламли *Stratocumulus opacus (Sc op)* булутларини ҳосил қилади.

Тўп-тўп қатламли булутлар, кўпинча майда, қишда ўта совуқ ҳолатдаги сув томчилардан иборат бўлади. Нурни ўтказадиган тўп-тўп қатламли булутлар ҳеч қачон ёғин бермайди ва об-ҳавонинг ёмонлашиш аломати бўлмайди. Аксинча, улар кўпинча турғун ва тинч об-ҳавода ҳосил бўлиб, уларнинг пайдо бўлиши ҳаво намлигининг катталигидан далолат беради. Зич тўп-тўп қатламли булутлар кўпинча ёмғирли об-ҳавода, ёнғин берадиган кучли (ёмғирли қатлами ёки тўп-тўп ёмғирли) булутлар билан бирга кузатилади.

Тўп-тўп қатламли булутлар 2 км дан пастда жойлашган инверсия қатламларида юзага келган тўлқинли ҳаракатлар, 2 км дан пастроқда жойлашган инверсия қатлами остида тўп-тўп булутларнинг тарқалиши ҳамда кечкурун конвекциянинг сусайиши натижасида ҳосил бўлади. Тўп-тўп булутларнинг тарқалишидан ҳосил бўлган тўп-тўп қатламли булутлар *Stratocumulus cumulogenitus (Sc cug)* булутлари деб аталади.

8. *Қатламли булутлар – Stratus (St)* ер сиртидан кўтарилган, тўпламга ўхшаган, кулранг тусдаги биржинсли қатламдир. Улар, одатда бутун осмонни қоплайди. Бу булутлар қуйи чегарасининг баландлиги бир неча ўн ёки юз метр баландликда жойлашади. Баъзида улар ер сиртидаги туманлар билан қўшилиб кетади. St ларни қалинлиги катта эмас – бир неча ўн ва юз метрлар. Қатламли булутлар жуда майда, манфий ҳароратларда ўта совуқ ҳолатдаги сув томчиларда иборат. Улар ичида майда муз кристаллар ҳам

кузатилиши мумкин. Бу булутлардан шивалама, қишда қор доналари ва муз игналар ёғиши мумкин.

Қатламли узук булутлар *Stratus fractus* (St fra) қатламли булутларнинг бир тури ҳисобланади. *Fractonimbus* (Fr nb) узук ёмғирли булут қатламли узук булутларнинг кўринишларидан бири ҳисобланади. Улар паст, тўқ кулранг ёмон об-ҳаво узук булутларидир. Улар ёғинлар берадиган юқори қатламли, ёмғирли қатламли ва тўп-тўп ёмғирли булутлар остидаги турбулент ҳаракатлар натижасида ҳосил бўлади. Уларнинг ўзи ёғин бермайди.

Қатламли булутлар, асосан, биржинсли ҳаво массаларининг қуйи қатламларида ҳосил бўлади. Уларнинг ҳосил бўлишига олиб келадиган асосий жараёнлар қуйидагилар: 1) совуқ сирт устидан ҳаракатланаётган нисбатан илиқ хавонинг совиши; 2) тунда хавонинг радиацион совиши; 3) инверсия ости қатламида буғнинг турбулент ҳаракатлар билан кўчиши.

*Вертикал бўйича ривожланадиган булутлар.* Бу булутларга тўп-тўп (Cu) ва ёмғирли тўп-тўп (Cb) булутлари киради. Бу булутларнинг қуйи чегараси қуйи қаватда, юқори чегараси эса ўрта, ҳатто, юқори қаватгача етиб бориши мумкин.

9. *Тўп-тўп булутлар – Cumulus (Cu) –* зич, алоҳида жойлашган, вертикал бўйича ривожланган оқ гумбазсимон тепалари ва ясси кулранг ёки кўкиш қуйи чегараси билан ажраладиган булутлар массасидир. Шамолнинг кучайишларида тўп-тўп булутларнинг четлари узук бўлиши мумкин. Ер сиртидан қуйи чегарасининг баландлиги 1-2 км. Бу булутлар сув, манфий ҳароратларда ўта совуқ ҳолатдаги томчилардан иборат бўлади. Одатда, ўрта кенгликларда тўп-тўп булутлардан ёнғинлар ёғмайди, тропикларда улардан кучсиз ёнғинлар ёғиши мумкин.

Кучсиз конвекция ёки баланд бўлмаган инверсия мавжудлигида, вертикал бўйича кучсиз ривожланган тўп-тўп булутлар ҳосил бўлиши мумкин. Булар *Cumulus humilis* (Cu hum) ясси тўп-тўп булутларидир. Уларни баландлиги горизантал ўлчамларидан кичик. Улар, одатда, кундузи ҳосил бўлиб яхши, турғун об-ҳаво аломатидир. Кечқурун бу булутлар тарқалиб, тўп-тўп қатламли булутларга айланади, кечасига бориб умуман йўқолади.

Тўп-тўп узук булутлар – *Cumulus fractus* (Cu fra) – тўп-тўп булутларнинг бир туридир. Бу оқ, тутамсимон, узук шаклдаги булутлар бўлиб, уларнинг ясси қуйи чегараси аниқ ривожланмаган ёки умуман йўқ. Бу булутлар ясси тўп-тўп булутлардан олдин ёки улар парчаланишида юзага келади.

Конвекциянинг жадал ривожланиши, вертикал бўйича кучли ривожланган тўп-тўп булутларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Бу кучли тўп-тўп булутлар – *Cumulus congestus* (Cu cong). Жуда кучли ривожланган конвекцияда улар алоҳида масса бўлиб қолмасдан, катта гуруҳларга бирлашиб, ривожланишда давом этади ва ёмғирли тўп-тўп булутларга айланади.

10. *Ёмғирли тўп-тўп булутлар – Cumulonimbus (Cb) –* тоғ ёки минора кўринишиди бир неча километр баландликка кўтариладиган, тўп-тўп

булутларнинг жуда кучли ривожланиши натижасида юзага келадиган кучли булутлар тизимидир. Бундай булутларнинг тепа қисмлари, патсимон булутлар каби толали ва кристалл тузилишига эга. Булутларнинг тепа қисмлари кўпинча торпосферанинг энг юқори қатламларига ўтади, узокдан кузатилганда улар сандон шаклини эслатади. Қуйи қисмларида бу булутлар сув томчиларидан иборат бўлади, баъзида муз доналари, дўл ёки қор билан аралаш бўлади.

Тўп-тўп булутлардан жала ёғинлари (ёмғир, қор, доналар, дўл) ёғади, ёзда тез-тез момақалдиноқ билан кузатилади. Тўп-тўп булутларнинг ўтиши об-ҳавонинг кескин ўзгаришига олиб келади: қоронғи бўлиб қолади, қасирға шамол кўтарилади, жала ёғинлар ёғади.

Тўп-тўп булутлар кучли кўтарилувчи ҳаво ҳаракатларида (конвектив ёки фронтларда) унинг адиабтик совиши натижасида юзага келади.

### 7.1.2. Булутлар миқдорини аниқлаш

Булутлар миқдорини, яъни осмоннинг булутлар билан қопланганлик даражасини аниқлаш 10 балли шикала бўйича визуал кузатиш орқали бажарилади. Осмон гумбази қай даражада булутлар билан қопланганлиги ва булутлар орасидаги очиқ жойларни ҳисобга олиб, булутлиликни ўндан бир аниқликда баҳолаш лозим. Жуда кичик  $C_i$ ,  $C_c$  ва  $A_c$  ларнинг баъзи шакллари хос бўлган очиқ жойлар ҳисобга олмайди.

Осмонда булутлар бўлмаганда ёки уларнинг миқдори 0,5 баллдан кичик бўлса, булутлар миқдори 0 балл деб ҳисобланади. Агар булутлар осмон гумбазининг 0,1 қисмини эгалласа, булутлар миқдори 1-2 баллга тенг деб олинади ва ҳ.к. Осмон бутунлай булут билан қопланган бўлса, булутлар миқдори 10 баллга тенг деб ҳисобланади. Булутлар қопламида очиқ жойлар 0,5 балл ва ундан кичик қийматларни ташкил қилса, балл рақами 10 квадратга олиб  $10^2$  кўринишда ёзилади.

Кузатиш бошида биринчи навбатда булутларнинг умумий миқдори аниқланади. Сўнг қуйи қават булутларининг миқдори вертикал ривожланадиган булутларни қўшган ҳолда алоҳида аниқланади. Кузатув натижалари қаср кўринишида ёзилади: суратда – умумий булутлилик, маҳражда – қуйи қават булутлиги ёзилади. Агар алоҳида булутлар кузатилиб, лекин уларнинг миқдори 0,5 баллдан кам бўлса, “булутлар миқдори” графасида 0/0 “шакли” графасида эса булутларнинг тури ёзиб “излар” деган сўз қўшилади, масалан 0/0  $C_i$  (изл.).

Кузатиш пайтида Қуёш ва Ойнинг бор-йўқлигини ва уларнинг нурланиш жадаллигини кўрсатилади. Қуёш ёғдуси учун махсус белгилар қуйидагича:

☉<sup>2</sup> - Қуёш очиқ, буюмларнинг сояси аниқ;

☉ - Қуёш юпка булутлар ёки парда (димка) билан қопланган, буюмларнинг сояси ҳали кўринади.

☉<sup>0</sup> - булутлар, туман ёки ғубор орқасидан Қуёш кучсиз кўринади, буюмларнинг сояси йўқ.

Ойнинг ёғдусининг барча фазалари учун  $\mathcal{D}$ , тўлин ой учун эса  $\mathcal{O}$  белгилари билан белгиланади:

$\mathcal{D}^2, \mathcal{O}^2$  - Ой очик;

$\mathcal{D}, \mathcal{O}$  - юпка булутлар ёки парда (димка) орқали Ой кўринади;

$\mathcal{D}^0, \mathcal{O}^0$  – булутлар, туман ёки ғубор орқасидан Ой кучсиз кўринади.

### **7.1.3. Булутлар шаклини аниқлаш ва ёзиш**

Булутлар шакли “Булутлар атласи” ёрдамида аниқланади ва қабул қилинган тасниф бўйича белгиланади. “Булутлар шакли” графаси тўлдирилганда дастлаб энг кўп миқдордаги булутлар ёзилади, кейин камроқ бўлганлари ва ҳ.к. Булутларнинг миқдори 0,5 баллдан кам бўлмагандагина уларнинг шакли ёзилади. Булутларнинг горизонтга нисбатан бурчак баландлиги 5-6° дан кичик бўлса, уларнинг шаклини аниқлашга рухсат этилади. Лекин ташқи кўриниши кескин ифодаланган булутлар (тўп-тўп, ёмғирли тўп-тўп, баъзи патсимон булутлар ҳам) албатта ёзилиши керак. Қуйи қават булутлари кузатилмаса, ўрта қават булутлари қаторида бу булутларнинг миқдори кўрсатилади.

### **7.1.4. Булутларнинг баландлигини аниқлаш**

Станция сатҳига нисбатан булутлар қуйи чегарасининг баландлиги *булутлар баландлиги* деб аталади. Агар қуйи ва ўрта қават булутларининг баландлиги станция сатҳидан 2500 м дан баланд бўлмаса, уларнинг баландлиги аниқланади.

Булутлар қуйи чегарасининг баландлигини аниқлаш учун булутлар баландлигининг импульсли ўлчагичлари (ББЎ) қўлланилади. ББЎ бўлмаганда булутлар баландлиги шар-пилот ёрдамида, кечаси эса прожектор ёрдамида аниқланади. Агар асбоб ёрдамида булутлар баландлигини аниқлаш мумкин бўлмаса, (тиккада булутлар йўқ ёки уларнинг миқдори шар-пилот усулини қўллаш учун етарли бўлмаса) уларнинг қуйи чегараси баландлиги визуал аниқланади.

## **7.2. Атмосфера ҳодисалари ва ёғинларни кузатишлар**

Метеорологик станцияларда булутлардан ёғадиган атмосфера ёғинлари (ёмғир, қор, дўл, доналар, шивалама ва бошқ.), шунингдек, ер сиртида ёки буюумларда ҳаводаги сув буғунинг конденсация ёки сублимацияси натижасида ҳосил бўлган ёғинлар (шудринг, қиров, булдуриқ, яхмалик ва ҳ.к.) ўлчанади.

Ёғинлар миқдори ёғаетган ёки конденсацияланаётган сув қатламининг мм ларида ўлчанади.

### 7.2.1. Булутлардан ёғаётган ёғинларни кузатиш

Ёғинлар миқдори сувнинг оқиб кетиши ва сувнинг тупроққа шимилиши мавжуд бўлмаган ҳолда горизантал юзага ёғин пайтида тушувчи сув ҳосил қилган қатламнинг миллиметрда ўлчанган баландлигидир.

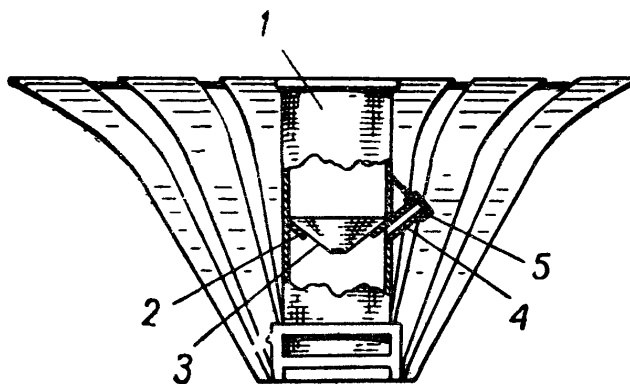
Ёғинлар миқдори *ёгин ўлчагич* (ёмғир ўлчагич) деб аталадиган асбоб ёрдамида ўлчанади. Ўз конструкцияси бўйича бу асбоб оддий: қабул қилувчи идиш сифатида юқори қирраси ер сиртидан 2 м баландликда устинга ўрнатилган, маълум юзали кўнгаланг кесимли цилиндрик челақ хизмат қилади. Ёғин ўлчагичнинг зарурий қисми - бу қабул қилувчи челақ атрофида ҳаво оқимида ҳосил бўладиган уюрмалаларни камайтириш мақсадида ва челаққа ёғинларнинг, айниқса, қаттиқ кўринишдаги ёғинларнинг тушишидан ҳимоялашга хизмат қиладиган конус шаклидаги ҳимоядир. Бу ҳимоя ёғин ўлчагичдан қорнинг шамол билан олиб чиқиб кетилишини ҳам камайтиради. Шамол таъсиридан икки хил: яхлит (Нифер ҳимояси) ва тахтачали (Третьяков ҳимояси) ҳимоялар қўлланилади.

Тахтачали ҳимоя ёғин ўлчагич челақнинг атрофида ҳаво оқимининг кучлироқ бўлиниб, кучсизланишга олиб келади. Бу эса йиғиладиган ёғинларнинг ортишига сабаб бўлади. Шунинг учун метеорологик станциялар тармоғида яхлит ҳимояли ёғин ўлчагичлар тахтачали ёғин ўлчагичларга (Третьяков ёмғир ўлчагичи) алмаштирилган. Етиб бориш қийин бўлган жойларда маълум узоқ вақт давомида (мавсум, йил) ёғинлари йиғадиган *йиғинди ёғин ўлчагичлар* ўрнатилади.

Агрометеорологик ва микроиклимий тадқиқотларда Ф.Ф.Давитая ишлаб чиққан дала ёғин ўлчагичи қўлланилиши мумкин.

Баъзи метеорологик станцияларда суюқ ёғинларнинг миқдорини ва давомийлигини аниқлаш учун ёғин ўлчагичлардан ташқари ўзиёзар ёғин ўлчагичлар - *плювиографлар* ўрнатилади.

Ҳозир метеорологик станцияларда ёғинлар миқдорини ўлчаш учун асосий асбоб сифатида тахтачали ҳимоя билан таъминланган Третьяков ёғин ўлчагичи қўлланилади (7.1-расм).



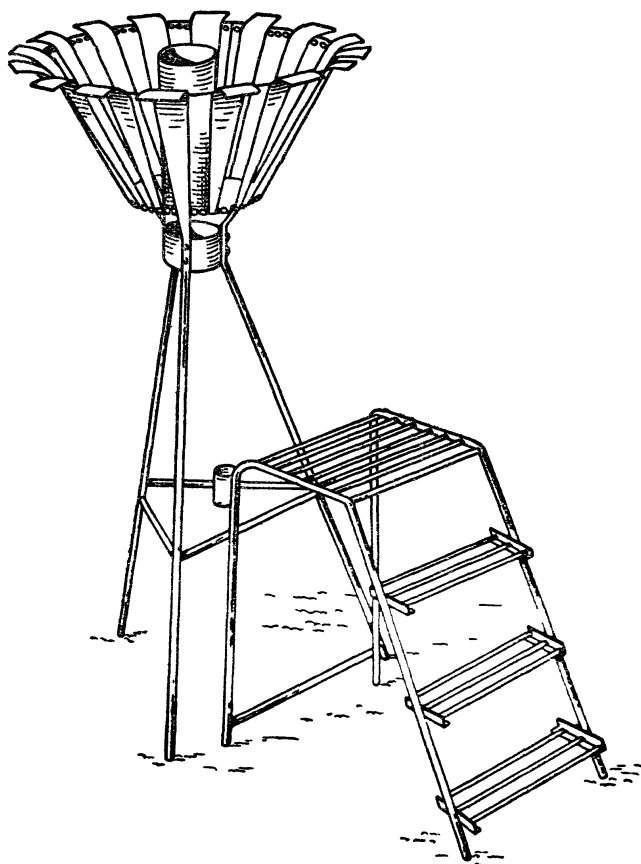
7.1-расм. Третьяков ёғин ўлчагичининг схемаси

Ёғин ўлчагич комплектига тахтачали ҳимоя усулида челақ ўрнатиш учун учоёқ, иккита челақ, битта челақ қоққоғи ва ўлчаш стакани киради.



Челакнинг қабул қилувчи юзаси 200 см<sup>2</sup>, баландлиги 40 см га тенг. Ёғинларнинг буғланиши ва шамол билан учириб кетилишининг олдини олиш учун челакнинг ўрта қисмида конус шаклидаги диафрагма пайвандлашган. Ёзда унинг тешиги воронка билан ёпилади. Ёғинларни челакдан оқизиб тушириш учун диафрагманинг остида қопқоқ билан ёпиладиган жўмракли тешик бор. Челак учоёқ устига мустаҳкам ўрнатилади. Кузатиш муддатларида челаклар алмаштирилганда, улар қопқоқ билан ёпилади.

Третьяков ёғин ўлчагичининг ҳимояси 16 та эгри трапеция кўринишидаги тахтачалардан иборат. Уларнинг тепа ва қуйи асослари махсус халқаларга мустаҳкамланади (7.2-расм). Бироқ ҳимоянинг қўлланилиши шамол таъсирини бутунлай йўқотмайди, яъни ёғин ўлчайдиган челакка шамол билан ёғин томчилари ва айниқса, қаттиқ кўринишдаги ёғинларнинг келиб тушиши ҳақиқий ёғинлар миқдорини ўзгартирди. Шунинг учун, агар метеорологик станция майдончаси очик жойда жойлашган бўлса, ёғин ўлчагични шамол тезлиги кичикроқ бўлган жойга ўрнатишга ҳаракат қилинади. Шунда ёғин ўлчагич атрофдаги буюмлардан шундай масофада жойлашган бўлиши керакки, қия ёққан ёмғирда улар челакка ёмғирнинг тушишига тўсқинлик қилмаслиги ва унга баланд жойлардан (дарахтлар, томлар ва ҳ.к.) қор тушмаслиги керак.

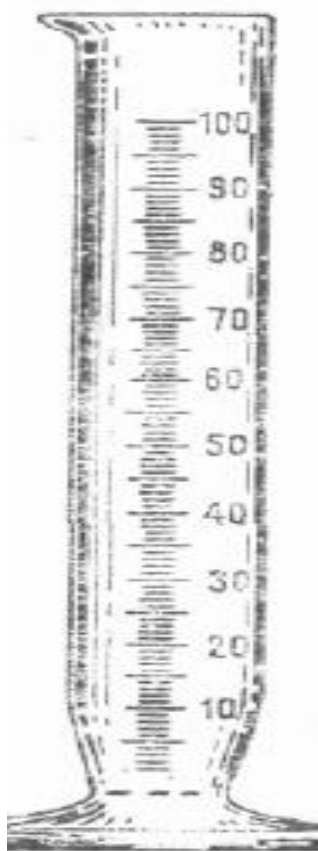


7.2-расм. Ёғин ўлчагич қурилмаси

Ёғин миқдори суткада икки марта ўлчанади. Ўлчашда учоёққа ўрнатилган челакка қопқоқ ёпиб олинади, унинг ўрнига иккинчи челак ўрнатилади. Ёғин тўпланган челак станция биносига олиб келиниб, ёғинлар

жўмракдан ўлчаш стаканига қўйилади. Агар ёғинлар қаттиқ ҳолатда бўлса, улар эритилиб, кейин ўлчанади. Қаттиқ ёғинлар йиғилган челақни иссиқ буюмлар (плита, иситиш радиатори) олдига қўймаслик керак, чунки уларнинг ёнида ёғинлар буғланиши мумкин.

Ёғин ўлчагичнинг ўлчаш стакани 100 та бўлақларга эга (7.3-расм) бўлиб, ҳар бир бўлақнинг қиймати  $2 \text{ см}^2$  га тенг. Челақнинг қабул қилувчи юзаси  $200 \text{ см}^2$  тенг бўлганда, битта бўлақ 0,1 мм сув қатлами баландлигига мос келади. Агар ёғинлар миқдори ўлчаш стаканининг ҳажмидан катта бўлса, ёғин миқдори 2-3 босқичда ўлчанади. Ҳар бир ўлчашдан кейин бўлақлар сони ёзиб борилади. Барча ўлчашлар тугагач, ёғинларнинг умумий миқдори (бўлақлар сони) ҳисобланади ва мм га айлантириб ёзилади.



7.3-расм. Ёғин ўлчагичнинг ўлчаш стакани

### 7.2.2. Ер устидаги ёғинларни кузатиш

*Шудринг* мусбат ҳароратларда тунда тупроқ, ўт ва горизонтал буюмларда пайдо бўлган сувнинг майда томчиларидир. Шудрингнинг ҳосил бўлиши ер сиртининг радиацион нурланиши ва совиши натижасида ҳаводаги сув буғининг конденсацияси билан боғлиқ. Шудринг, кўпинча, очик ҳавода нурланиш кучайганда ва тинч ёки кучсиз шамолда кузатилади.

Тушган шудрингни узлуксиз қайд этиш учун махсус асбоб - *росограф* қўлланилиши мумкин. Унинг ишлаш принципи қабул қилувчи пластинкада ҳосил бўлган шудринг масасининг оғирлигини тортиш ва пластинка

массасининг ўзгаришини мунтазам қайд қилиб боришга асосланган. Асбобнинг асосий ўлчаш қисми - квадрант тарозидир. Тарози шайинининг бир учида шудринг қабул қилгич сифатида ишлатиладиган винипластдан конус шаклидаги тайёрланган палла, иккинчисида эса мувозанатлайдиган юк ўрнатилади. Ўлчагичнинг қуйи сиртига тушган шудрингни аниқлаш учун, унинг остида иккинчи, кичик қабул қилгич ўрнатилади. Тушган шудрингнинг миқдори тарози шайинининг оғишидан аниқланади. У пероли стрелка билан уланади, перо эса соат механизми ёрдамида айланадиган барабаннинг тасмасида ёзув қолдиради.

*Қиров* – горизонтал сиртларда манфий ҳароратларда радиацион совиш натижасида ҳосил бўладиган қаттиқ майда кристалл ёғиндир.

Дарахтларнинг шоҳларида, симларда, сим тўрларда ва бошқа ингичка буюмларда совуқ кучсиз шамолли об-ҳавода ҳосил бўладиган кристаллар ёки доналар тузилишидаги оқ юмшоқ ёғин *булдуруқ* деб аталади. Ҳавонинг нисбий намлиги 100% га яқин бўлганда музли туман ёки ҳавода учиб юрган муз игначаларининг мавжудлиги кристалли булдуруқнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Бунда буюмларда ўтирган кристаллар сублимация ядролари бўлиб, уларда музли кристаллардан иборат бўлган юмшоқ попуқнинг тез кўпайиши кузатилади. Улар қўл теккизилганда осон тўкилиб кетади. Кристалли булдуруқ, кўпинча, ҳаво ҳарорати  $-15^{\circ}\text{C}$  дан паст бўлганда кузатилади.

Донали булдуруқ туманларнинг ўта совуқ ҳолатдаги томчиларининг буюмларда музлаши натижасида ҳосил бўлади. Катта тезликдаги шамол, кучли туман ва кучсиз совуқ ( $-2^{\circ}\text{C}$  дан  $-7^{\circ}\text{C}$  гача) донали булдуруқнинг тез катталашишига сабаб бўлади.

Шивалама ёки ўта совуган ёмғир томчиларининг музлаши натижасида ер сиртида ва турли буюмларда тиниқ ёки хира муз қатламининг ҳосил бўлиши *яхмалак* деб аталади. Одатда яхмалаклар кучсиз совуқда ( $0^{\circ}\text{C}$  дан  $-5^{\circ}\text{C}$  гача) кузатилади. Яхмалак мусбат ҳароратларда ҳам ҳосил бўлиши мумкин. Манфий ҳароратларга эга бўлган совуқ буюмлар устига ёққан ёмғир ёки шудринг, ўша заҳоти музлаб, муз қопламини ҳосил қилади.

### **7.3. Метеорологик кўринувчанлик узоклиги ва уни ёмонлаштирадиган ҳодисаларни кузатиш**

Кундузи метеорологик кўринувчанлик узоклигини (МКУ) аниқлаш учун атропофдаги жойда, кузатиш пунктидан 50, 200, 500 м ва 1, 2, 7, 10, 20, 70 км узокликда жойлашган, 9 та объект танланади. Кўрсатилган стандарт масофадан четланиш 20% дан ошмаслиги керак.

Табиийки, одам қурган, шу жумладан, кузатишлар учун махсус (масалан, шитлар) қурилган объектлар қуйидаги талабларга жавоб бериши керак;

- имкони борича қора бўлиши керак;

- осмон фонида ёки объектга нисбатан икки баробар узоқда жойлашган ва объектнинг чегаралари аниқ кўринадиган бошқа объект фонида проекцияланиши керак;
- 15' дан кам бўлмаган бурчак ўлчамлари эга бўлиши керак;
- горизонтга нисбатан 5-6° юқорида жойлашган бўлиши керак.

Объектлар танлангандан сўнг уларнинг тавсифи ва жойлашиш режаси тузилади.

Кузатиш жараёнида танланган объектлардан кўринадиган ва кўринмайдиган объектлар аниқланади. Шундай қилиб, МКУ энг узоқ жойлашган кўринадиган объектдан энг яқин кўринмайдиган объектгача масофага тенглаштириб олинади.

МКУ куйидаги градацияларга мувофиқ баллда баҳоланади.

<i>МКУ, балл</i>	<i>Объектгача масофа</i>	<i>МКУ, балл</i>	<i>Объектга масофа</i>
0	0-50 м	5	2-4 км
1	50-200 м	6	4-10 км
2	200-500 м	7	10-20 км
3	500-1000 м	8	20-50 км
4	1-2 км	9	>50 км

МКУ ни тунда аниқлаш учун станция атрофида турли масофаларда жойлашган чироқлар танланади. Кўринувчанлик баллар шкаласи бўйича энг узоқда кўзга кўринадиган чироққа қараб баҳоланади. Кузатишлар учун рангли ёки тарқалувчи нурлар сочадиган ёруғлик манбаларидан фойдаланиш тавсия қилинади.

МКУ га кўплаб омиллар таъсир қилиб, улар икки гуруҳга бўлинади. Биринчи гуруҳга ёғинлар билан боғлиқ бўлган ҳодисалар киради. Булар турли жадалликдаги ёмғир, қор ва дўл, шивалама, қор бўрони. Иккинчи гуруҳга атмосфера ёғинлари билан боғлиқ бўлмаган, бироқ МКУ ни ёмонлаштирадиган ҳодисалар киради.

*Ёғинлар билан боғлиқ бўлмаган, МКУ ни ёмонлаштирадиган ҳодисалар.*

1. *Туман.* Бу бевосита Ер сирти устида муаллақ ҳолатда бўлган конденсация маҳсулотларининг (томчилар, кристаллар) йиғилишидир. Туманда КМУ 1,0 км дан кам бўлади.

2. *Димка* (туман пардаси, сийрак туман). Бу Ер сирти яқинида ҳавода муаллақ ҳолатдаги сув буғинининг конденсация ёки сублимацияси маҳсулотлари орқали юзага келган ҳавонинг кучсиз хираланишидир. Димка ҳаво ранг тусга эга бўлиб, унда кўринувчанлик 1 дан 10 км гача бўлади.

3. *Ғубор.* Бу Ер сирти яқинида ҳавода муаллақ ҳолатдаги чанг, туман, кум заррачалари орқали ҳавонинг анча кучли хираланишидир. Кучли ғуборда КМУ бир неча юз, ҳатто ўн метрларгача камайиши мумкин. Ўрта Осиёда ғубор йилнинг илиқ ярми учун характерли. Катта шаҳарлар ва саноати ривожланган йирик ҳудудлар устида индустриал келиб чиқишга эга бўлган

аэрозоль заррачалардан иборат бўлган *шаҳар ғубори* деб аталадиган ғубор хосил бўлади. Ғубор, димкадан фарқли ўлароқ, қорамтир рангда бўлади.

4. *Қор бўрони*. Бу Ер сирти устидан қорнинг етарлича кучли шамол билан кўчишидир. Бунда қор ёғмайди. Қор изғирини ва қуйи қор бўрони ажратилади. МКУ бу ҳодисаларда 1,0 км ва ундан кичикроқча камайиши мумкин.

5. *Чангли бўрон*. Бу катта миқдордаги чанг ёки қумнинг кучли шамол билан кўчишидир. Бунда МКУ бир неча юз метрчага камайиши мумкин. Бу ҳодиса йилнинг илиқ вақтида Ўрта Осиё саҳролари учун характерли.

*Электр ҳодисалар*. Бу ҳодисаларга момақалдиروق, узоқдаги момақалдиروق, йироқдаги чақмоқ шуъласи киради.

1. *Момақалдиروق* кучли ёмғирли тўп-тўп булутлар билан боғлиқ. У булутлар ва Ер орасида бир неча бор такрорланадиган электр разрядлари (чақмоқ) ва товушли ҳодисалар (момақалдиروق) билан характерланади. Момақалдиروقлар кўпинча жала ёғинлари, кучли қасирға шамоллари ва дўл билан бирга кузатади.

2. *Йироқдаги чақмоқ шуъласи* – бу узоқдаги момақалдиروق вақтида горизонтда кузатиладиган ёруғлик ҳодисалардир.

Барча атмосфера ҳодисалари визуал кузатилиб, махсус шартли белгилар ёрдамида кузатиш китобчасига ёзилади. Китобчада ҳодисанинг жадаллиги, бошланиш ва туташ вақти белгиланади.

Ёғинлар ва атмосфера ҳодисалари китобчага шартли белгилар ёрдамида киритилган.

#### **7.4. Қор ўлчаш кузатишлари**

Қор ўлчаш кузатишлари қор қопламининг баландлиги, қорнинг зичлиги, қордаги сув захираларини аниқлаш, станция атрофида ер сиртининг қор билан қопланганлик даражаси, қор қопламининг ётиш характери ҳамда қор ҳолати ва қор остидаги тупроқ ҳолатини аниқлашни ўз ичига олади.

Қор қопламининг мавжудлиги, унинг ётиш характери ва қопланганлик даражаси ҳар куни эрталабки муддатда станция атрофидаги энг баланд жойдан атрофларни визуал кузатиш орқали 10 балли шкала бўйича аниқланади. Бунда қор билан қопланган майдон ўндан бир аниқликда ўлчанади. Агар, кўринаётган барча майдон қор билан қопланган бўлса, китобчага 10 балл ёзилади; агар кўринаётган майдоннинг 0,3 қисми қор билан қопланган бўлса – 3 ёзилади ва ҳ.к. Агар қор доғлари кўринаётган майдоннинг 0, 1 дан кам қисмини эгалласа, китобчага 0 ёзилади.

Станция атрофида қор қопламинининг ётиш характери визуал равишда қуйидаги аломатлар бўйича аниқланади. Бир текис (қор уюмларисиз), ўрта бир текис (ўрта қор уюмлари) ўта нотекис (катта қор уюмлари), қор баъзи жойларда ётади.

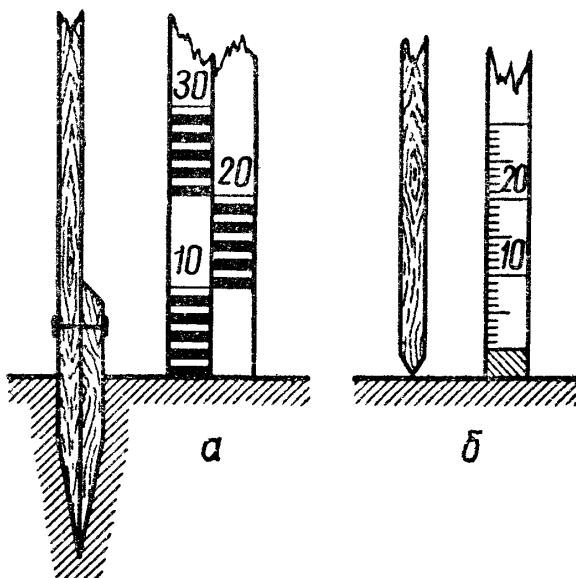
Қор қопламининг баландлиги ҳар куни эрталабки кузатиш муддатида, метеоролик майдонда кузда ўрнатилган 3 та доимий қор ўлчагич рейкалардан ўчланади.

Доимий нуқталардаги кузатишлардан ташқари, олдиндан белгиланган 1 ёки 2 км ли маршрут бўйича декадали қор ўлчаш кузатишлари олиб борилади. Бу мақсадда кузда шу ҳудуд учун характерли рельеф шаклларидан ўтадиган (жарлик, тепалик, сойлар), мазкур жой учун характерли участка танлаб олинади. Маршрут бўйича қор ўлчаш кузатишларида қор қопламнинг баландлиги кўчма қорўлчагич рейка ёрдамида ҳар 10 ёки 20 м, қор зичлиги эса вазни қорўлчагич ёрдамида ҳар 100 ёки 200 м да ўлчанади.

*Қор ўлчагич рейкалар.*

*Доимий қор ўлчагич рейка* – бу бир сантиметрли бўлақларга бўлинган, узунлиги 2 м, эни 5 см дан кам бўлмаган ёғоч тўртқиррадир. (7.4а-расм)

Кузда рейка ўрнатилганда, ерга узунлиги 30-40 см га тенг бўлган учли ёғоч тўртқирра қоқилади. Бу тўртқиррада арралаб қўйилган устунча ер сирти билан битта сатҳга ўрнатилиб, унга қор ўлчагич рейка ўрнатилади. Кундалик кузатишларда эрталабки соатларда рейка бўйича 1 см аниқликда санок олинади. Бунда кузатишлар доимо бир жойдан, рейкага 2-3 м узоқда туриб бажарилиши керак.



7.4-расм. Қор ўлчагич рейкалар: а – доимий; б – кўчма

*Кўчма қор ўлчагич рейка* – темир учли, узунлиги 180 см, эни 4 см ва калинлиги 2 см га тенг бўлган ёғоч тўртқиррадир. Чорқирранинг бир томонида ҳар 1 см да бўлақлар туширилган (7.4б-расм). Қор ўлчагич рейка қорга вертикал туширилиб, қор қопламнинг баландлиги аниқланади. Бунда рейка ер сиртигача етиб борганлиги ҳақида ишонч ҳосил қилиниши керак.

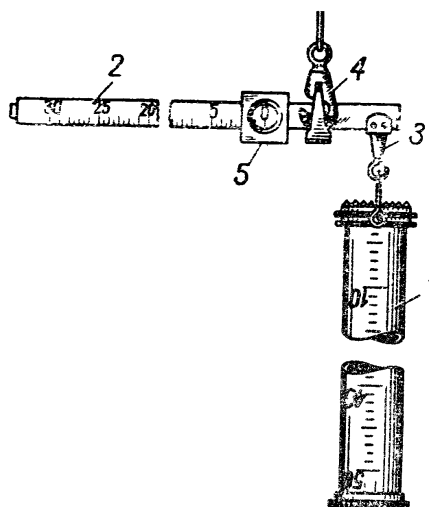
*Тарозили қор ўлчагичлар.*

Қор қоплами зичлигини тарозили қор ўлчагич ёрдамида ўлчаш қор қоплами баландлигини ва олинган намунанинг вазнини ўлчашдан иборат. Кейин олинган маълумотлардан қор зичлиги ҳисобланади.

Тарозили қор ўлчагич (зичлик ўлчагич) баландлиги 60 см, кесим юзаси  $50 \text{ см}^2$  га тенг бўлган ковак темир цилиндр 1 дан ва тошсиз тарозидан иборат (7.5-расм). Цилиндрнинг қуйи қисми арра шаклида чархланган, унинг тепа

қисмида олинадиган қопқоқ ўрнатилган. Қор ўлчагичли тарози 5 гр ли бўлакларга бўлинган темир чизғич 2, намуна билан цилиндр осиладиган илмоқ 3 ва тарозини цилиндр осилган ҳолатда ушлаб турувчи қурилма 4 дан иборат. Тарози чизғичида сирпаниб юрадиган юк 5 тарозини мувозанатда ушлаб туриш учун хизмат қилади. Юк очик жойга ва тарози шкаласидан саноқ олиш учун белгига эга. Ҳаракатчан юк чизғичнинг 0 бўлагига келтирилганда, илмоққа илинган бўш цилиндр тарози билан мувозанатда бўлиши керак.

Кузатишдан ярим соат олдин қор ўлчагичнинг ҳарорати атрофдаги ҳавонинг ҳароратига тенглашиши учун хонадан очик ҳавога чиқарилиши керак. Акс ҳолда кузатиш вақтида қор цилиндр деворларига ёпишиб қолади. Кейин тарози йиғилади ва осилган қопқоқли цилиндр у билан мувозанатланади. Агар юкнинг мувозанатида тарози белгиси шкаланинг 0 бўлаги билан устма-уст тушмаса, унинг янги жойлашиши 0 деб қабул қилинади. Кейин цилиндр учли томони билан ер сиртига етгунча қорга ботирилади ва цилиндрнинг сиртидаги шкала бўйича қор қопламанинг баландлиги санаб олинади. Бундан кейин, қор ўлчагич комплектига кирувчи белкурак билан қор ўлчагичнинг бир томонидаги қор тозаланади. Сўнгра белкурак ёрдамида цилиндрнинг ичидаги қорни туширмасдан, у аста-секин кўтарилиб, қопқоқ пастга қаратиб ағдарилади.



7.5-расм. Тарозили қор ўлчагич

Цилиндрнинг сиртига ёпишган қор тозаланиб, қор ўлчагич тарозининг илмоғига осиб, шамолга тескари туриб ҳаракатчан юк ёрдамида цилиндр мувозанатга олиб келинади. Мувозанат ҳолатида юкнинг белгиси тўхтаган жойда чизғич бўлаги санаб, ёзиб олишади.

Қор қоплами остида музли қатлам чиқиб қолса, у ер сиртигача ёрилиб, қалинлиги мм да ўлчанади.

Қор зичлиги қуйидагича ҳисобланади. Олинган қор намунасининг баландлиги  $h$  см, тарозидан санаб олинган бўлаклар  $n$  га тенг бўлсин. Ўлчанган қорнинг ҳажми  $V=50h$  см<sup>3</sup> га тенг бўлади. Бу ерда, 50 – цилиндрнинг см<sup>2</sup> да берилган кесим юзаси; қорнинг массаси  $m=5n$ , бу ерда 5

– тарози бўлагининг қиймати (граммда). Унда қор зичлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h} \text{ г/см}^3 \quad (7.1)$$

Қор зичлигини ўлчашда бир жойда 3 та кузатиш бажарилиб, уларнинг ўртача қиймати олинади.

Қор қопламининг баландлиги 60 см дан катта бўлса, қор устуни қисмларга ажратиб ҳисобланади, бунда зичликни ҳисоблаш учун барча  $h$  ва  $n$  ларнинг йиғиндисини олинади.

Қор зичлигини аниқлаш учун қўлланиладиган маълумотлар асосида қор қоплами бутунлай эриганда ҳосил бўладиган сув қатламининг баландлигини аниқлаш мумкин. Ўлчанган қор намунасининг вазни  $5n$  га тенг, сувнинг ҳажми ҳам айнан шунга тенг бўлади (чунки сувнинг зичлиги 1 га тенг). Демак, агар ҳажмни юзага бўлиб, 10 га кўпайтирилса, сув қатламининг мм да ўлчанган қалинлиги келиб чиқади:

$$h_{\text{св}} = \frac{5n \cdot 10}{50} = n \quad (7.2)$$

Шундай қилиб, қор ўлчагичнинг тарозисида саналган бўлакчалар сони мм да олинган сув миқдorigа айнан тенг бўлади.

### Назорат саволлари

1. Булутларнинг халқаро таснифи қандай аломатга асосланади?
2. Булутларнинг халқаро таснифи булутларнинг нечта қавати ва турларини ўз ичига олади?
3. Юқори қават булутларига қайси булутлар киради ва улар қандай баландликларда кузатилади?
4. Ўрта қават булутларига қайси булутлар киради ва улар қандай баландликларда кузатилади?
5. Қуйи қават булутларига қайси булутлар киради ва улар қандай баландликларда кузатилади?
6. Вертикал ривожланадиган булутларга қайси булутлар киради ва улар қандай баландликларда кузатилади?
7. Қайси булутлардан ёгинлар ёғади?
8. Булутлар миқдори қандай аниқланади?
9. Булутлар миқдори қандай ёзилади?
10. Булутларнинг қуйи чегараси қандай усуллар ёрдамида аниқланади?
11. Ёгин ўлчагич ва ёмғир ўлчагичлар ёрдамида қандай ёгинлар ўлчанади?
12. Ёмғир ўлчагичларда шамолдан ҳимоялар нима мақсадда ўрнатилади?
13. Ёгинлар миқдори қандай ўлчанади?
14. Ер сиртига ва буюмларга ёққан ёгинлар қандай ёгинларга киради?



15. Булдуруқ яхмалакдан нима билан фарқланади?
16. Шудрингни узлуксиз ўлчаи қандай амалга оширишади?
17. Метеорологик кўринувчанлик узоқлиги (МКУ) қандай ўлчанади?
18. Кундузи ва тунда МКУ ни ўлчаи учун танланган объектлар қандай талабларга жавоб бериш керак?
19. МКУ нинг ҳар бир бали учун кўринувчанлик чегараларини айтиб беринг.
20. Туман ва туман пардаси (димка) орасида қандай фарқлар мавжуд?
21. Ғубор нима?
22. Қор бўрони ва чангли бўрон нима? Улар КМУ га қандай таъсир кўрсатади?
23. Атмасферада кузатиладиган электр ҳодисаларига характеристика беринг.
24. Қор ўлчаи кузатишлари комплексига нималар киради?
25. Қор қоплами баландлиги қандай ўлчанади?
26. Маршрут бўйича қор ўлчаи кузатишлари қандай мақсадда ўтказилади?
27. Қор қопламининг зичлиги ва ёққан ёгинлар миқдори қандай аниқланади?

## АДАБИЁТЛАР

1. Гидрометеорологик станциялар ва постлар учун Йўриқнома. 3 нашр. 1 қисм. Станцияларда метеорологик кузатувлар. Тошкент. ГМИТИ. 2009. – 284 б.
2. Кедроливанский В.Н., Стернзат Л.С. Метеорологические приборы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1955. – 544 с.
3. Кочурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. –Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 456 с.
4. Петров Ю.В., Эгамбердиев Х.Т., Холматжанов Б.М. Метеорология и климатология. Учебник. Ташкент, НУУз, 2005. – 333 с.
5. Петров Ю.В., Эгамбердиев Х.Т., Холматжанов Б.М., Алаутдинов М. Атмосфера физикаси. Дарслик. Тошкент, “Фан ва технология”, 2011. – 244 б.
6. Петров Ю.В. Информационно-измерительные метеорологические системы. Учебник. Ташкент, Изд. «Университет», 2014. – 120 с.
7. Руководство к лабораторным работам по экспериментальной физике атмосферы. Под ред. Л.Г.Кочурина, А.И.Мергилевского. –Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 512 с.
8. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. –Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 392 с.

## МУНДАРИЖА

<b>I БОБ. КИРИШ .....</b>	<b>4</b>
1.1. КУРСНИНГ ПРЕДМЕТИ ВА ВАЗИФАЛАРИ. ....	4
МЕТЕОРОЛОГИК КУЗАТИШЛАРНИНГ ЎЗИГА ХОС ХУСУСИЯТЛАРИ .....	4
1.2. МЕТЕОРОЛОГИК КУЗАТИШЛАРГА ҚЎЙИЛАДИГАН ТАЛАБЛАР.....	5
1.3. МЕТЕОРОЛОГИК МАЙДОНЧА .....	6
1.4. КУЗАТИШЛАР МУДДАТИ ВА ТАРТИБИ.....	8
<b>II БОБ. МУҲИТ ҲАРОРАТИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ .....</b>	<b>11</b>
2.1. ТАБИЙ ШАРОИТДА ҲАРОРАТНИ ЎЛЧАШНИНГ ЎЗИГА ХОС ХУСУСИЯТЛАРИ	11
2.2. ТЕРМОМЕТРЛАРНИНГ ИССИҚЛИК ИНЕРЦИЯСИ.....	11
2.3. СУЮҚЛИКЛИ ТЕРМОМЕТРЛАР .....	13
2.4. ДЕФОРМАЦИОН ТЕРМОМЕТРЛАР .....	20
2.5. ТЕРМОЭЛЕКТРИК ТЕРМОМЕТРЛАР .....	21
2.6. ҚАРШИЛИКЛИ ТЕРМОМЕТРЛАР .....	25
2.6.1. Мувозанатланган қаршиликли термометрлар.....	25
2.6.2. Мувозанатланмаган қаршиликли термометрлар .....	29
2.6.3. Дифференциал қаршиликли термометрлар.....	30
2.7. РАДИАЦИОН ТЕРМОМЕТРЛАР .....	30
2.8. АКУСТИК ТЕРМОМЕТРЛАР.....	32
<b>III БОБ. ҲАВО НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ .....</b>	<b>36</b>
3.1. НАМЛИКНИ ПСИХРОМЕТРИК ЎЛЧАШ УСУЛИ .....	36
3.2. КОНДЕНСАЦИОН ГИГРОМЕТРЛАР .....	44
3.3. ДЕФОРМАЦИОН ГИГРОМЕТРЛАР .....	47
3.4. РАДИАЦИОН ГИГРОМЕТРЛАР .....	52
3.5. НАМЛИКНИ ЎЛЧАШНИНГ БОШҚА УСУЛЛАРИ.....	53
3.5.1. Электрохимический гигрометр.....	53
3.5.2. ЎЮЧ резонаторли гигрометрлар.....	55
3.5.3. Мембранали (диффузион) гигрометрлар .....	56
3.5.4. Иссиқлик ўтказувчанлик гигрометрлари .....	56
3.5.5. Ҳаво намлигини ўлчашнинг турли усуллари таққослаш .....	57
<b>IV БОБ. АТМОСФЕРА БОСИМИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ .....</b>	<b>59</b>
4.1. СИМОБЛИ БАРОМЕТРЛАР.....	60
4.2. ДЕФОРМАЦИОН БАРОМЕТРЛАР.....	62
4.3. ГИПСОТЕРМОМЕТРЛАР.....	66
<b>V БОБ. ШАМОЛНИНГ ТЕЗЛИГИ ВА ЙЎНАЛИШИНИ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ .....</b>	<b>68</b>
5.1. ТРЕТЬЯКОВ ШАМОЛЎЛЧАГИЧИ.....	69

5.2. РОТОАНЕМОМЕТРЛАР .....	70
5.2.1. Косали анемометрлар .....	76
5.2.2. Айланишлар сонини электромеханик ҳисоблагичли ротоанемометрлар .....	77
5.2.3. Оптоэлектрон тахометрли ротоанемометрлар .....	78
5.3. ИНДУКЦИОН РОТОАНЕМОМЕТРЛАР .....	78
5.4. ҲАВО ОҚИМЛАРИ ЙЎНАЛИШИНИНГ ЎЛЧАГИЧЛАРИ .....	81
5.5. ЭЛЕКТР ИССИҚЛИК АНЕМОМЕТРЛАР .....	84
5.5.1. Термоэлектр иссиқлик анемометрлар .....	84
5.5.2. Иссиқлик қаршиликли анемометрлар .....	85
5.5.3. Яримўтказгич қаршиликли анемометрлар .....	87
5.6. АКУСТИК АНЕМОМЕТРЛАР .....	87
<b>VI БОБ. АКТИНОМЕТРИК ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ... 89</b>	
6.1. Тўғри қуёш радиациясини ўлчаш .....	89
6.2. ТАРҚОҚ, ЯЛПИ ВА ҚАЙТГАН РАДИАЦИЯНИ ЎЛЧАШ .....	91
6.3. Ер юзаси радиация балансини ўлчаш .....	93
6.4. Қуёшнинг нур сочиб туриши давомийлигини ўлчаш .....	95
<b>VII БОБ. БУЛУТЛАР, ЁҒИНЛАР, МЕТЕОРОЛОГИК КЎРИНУВЧАНЛИК УЗОҚЛИГИ ВА УНИ ЁМОНЛАШТИРУВЧИ ҲОДИСАЛАР ҲАМДА ҚОР ҚОПЛАМИНИ КУЗАТИШЛАР ..... 98</b>	
7.1. Булутларни кузатиш .....	98
7.1.1. Булутлар таснифи .....	98
7.1.2. Булутлар миқдорини аниқлаш .....	102
7.1.3. Булутлар шаклини аниқлаш ва ёзиш .....	103
7.2. АТМОСФЕРА ҲОДИСАЛАРИ ВА ЁҒИНЛАРНИ КУЗАТИШЛАР .....	103
7.2.1. Булутлардан ёғайтган ёгинларни кузатиш .....	104
7.2.2. Ер устидаги ёгинларни кузатиш .....	106
7.3. МЕТЕОРОЛОГИК КЎРИНУВЧАНЛИК УЗОҚЛИГИ ВА УНИ ЁМОНЛАШТИРАДИГАН ҲОДИСАЛАРНИ КУЗАТИШ .....	107
7.4. ҚОР ЎЛЧАШ КУЗАТИШЛАРИ .....	109
<b>АДАБИЁТЛАР .....</b>	<b>114</b>