

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

В.Л. Клеєвська, О.О. Поліщук

**ПРИЗЕМНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Частина 1

**Навчальний посібник**

Харків «ХАІ» 2010

УДК. 551.5 (551.52)

Клеєвська В.Л. Приземні метеорологічні спостереження: навч. посіб. / В.Л. Клеєвська, О.О. Поліщук. - Х.: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2010. – Ч.1. - 52 с.

Розглянуто основні вимоги до проведення приземних метеорологічних спостережень, а саме до обсягів і термінів проведення цих спостережень, до організації метеорологічних площадок. Висвітлено основні методи проведення метеорологічних спостережень за температурою атмосферного повітря, атмосферним тиском, вологістю повітря. Описано конструкції основних приладів для проведення цих спостережень.

Для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища».

Іл. 18. Табл. 1. Бібліогр.: 3 назви

Рецензенти: канд. геогр. наук, доц. Ю.В. Буц, Т.О. Клочко

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2010 р.

# 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРИЗЕМНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

## 1.1. Основні вимоги до метеорологічних спостережень

Метеорологічні спостереження, які проводяться на спеціальних гідрометеорологічних станціях і постах, мають відповідати певним вимогам. Основними з цих вимог є репрезентативність спостережень і типовість розташування станції.

*Репрезентативність* – це характерність метеорологічних даних для атмосферних процесів на території, що розглядається.

*Типовість розташування станції* – характеристика, яка доповнює репрезентативність. Вона залежить від конкретних чинників безпосереднього розташування станції, що проводить метеорологічні спостереження, а саме: відповідності ділянки станції фізико-географічним особливостям навколишньої місцевості. Типовість розташування станції слід враховувати при організації станції (під час вибору ділянки), а репрезентативність підтверджувати аналізом даних за досить довгий період часу.

У результаті спостережень необхідно отримати їх однорідний ряд. Під однорідністю ряду спостережень розуміють дані за достатньо великий період часу, отримані в пункті досліджень приладами, що забезпечують однакову точність вимірювань. Особливо це стосується систематичних похибок вимірювань, властивих технічному засобу, який використовується. Навколишня обстановка не повинна при цьому суттєво змінюватися, щоб не впливати на результати спостережень.

Порівнянність результатів спостереження необхідно забезпечити на різних станціях. Ці дані мають реально відображати відмінності у стані атмосфери і не залежати від випадкових чинників. Порівнянність результатів забезпечується характерністю та типовістю розташування станції, єдністю методів і засобів спостереження, а також організаційних засад. Єдність методів спостереження забезпечується суворим додержанням «Настанови гідрометеорологічним станціям і постам щодо виконання метеоспостережень і первинної обробки даних». У «Настанові» викладені основні методи, технічні засоби і технологічний процес виконання спостережень, обробки даних, формування оперативних телеграм і викладення узагальнених даних.

Отже, сукупність усіх зазначених заходів дозволяє отримати достовірні дані, що характеризують стан атмосфери в різні періоди часу.

## 1.2. Види даних, обсяг і терміни метеорологічних спостережень

Гідрометеорологічна інформація – це дані про кількісні характеристики навколишнього природного середовища: температуру повітря, води, ґрунту, швидкість вітру біля земної поверхні та на висоті й т. ін. На практиці використовують два види гідрометеорологічної інформації. Перший вид – це дані, які отримані в результаті безпосередніх вимірювань значень параметрів навколишнього середовища. Ці дані використовують при експлуатації господарських об'єктів, складанні гідрометеорологічних прогнозів, а також прогностичних характеристик. До другого виду належить інформація, розрахована за даними спостережень, тобто усереднені характеристики, необхідні при господарському плануванні та проектуванні.

Обсяги та терміни метеорологічних спостережень зазначені в програмі для кожної станції. Обов'язковими для всіх станцій основної мережі, що виконує приземні метеоспостереження, є спостереження за: атмосферним тиском, швидкістю та напрямком вітру, температурою і вологістю повітря, температурою і станом поверхні ґрунту, кількістю атмосферних опадів, висотою снігового покриву, атмосферними явищами, метеорологічною дальністю видимості, небезпечними та стихійними явищами.

При виконанні метеорологічних спостережень необхідно дотримуватися таких правил:

- суворо додержуватися термінів і встановленого порядку спостережень;
- записувати тільки те, що побачив сам (не можна записувати в «Книжки спостерігача» та інші документи інформацію, яка засновується на припущеннях; дані про стихійні явища, як виняток, можна фіксувати зі слів очевидців, але джерело цієї інформації слід вказати);
- своєчасно виявляти несправність деяких засобів спостереження для ремонту або заміни приладу;
- суворо дотримуватися технології виконання вимірювань і візуальних спостережень, запису та обробки даних, а також правил техніки безпеки, які викладені у відповідних документах – настановленнях, інструкціях тощо.

Терміни і порядок, технологія виконання і оброблення спостережень наведені в «Настанові гідрометеорологічним станціям і постам».

Порядок виконання спостережень (їх послідовність) встановлюється залежно від місцевих умов при обов'язковому дотриманні деяких правил, основним з яких є вимірювання температури повітря за 8 - 10 хвилин до терміну, тобто у 50 - 52 хвилини минулої години. Тиск, що показує барометр,

слід відраховувати якомога ближче до 00 хвилин терміну. Під терміном спостереження розуміють не один момент – 00 хвилин, а проміжок часу, який починається за десять хвилин і закінчується чітко в 00 хвилин, тобто від 50 до 60 хвилин минулої години.

Стандартні приземні метеорологічні спостереження проводяться на всіх станціях у вісім однакових термінів спостереження: 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 і 21 годину. Деякі станції, з метою оперативного забезпечення служби прогнозів і безпосередньо господарських організацій, виконують метеорологічні спостереження і в інші терміни (у певних умовах навіть щогодинні).

Однак метеоспостереження не обмежуються тільки спостереженнями в певні встановлені терміни. Для своєчасної фіксації небезпечних атмосферних процесів має бути організовано безперервне стеження за їх перебігом. Рекомендується навіть при сталій погоді кожні півгодини виходити на метеорологічну площадку для спостереження за станом атмосфери. Тому практично на всіх станціях встановлено цілодобове чергування для спостереження за станом погоди.

### **1.3. Вимоги до місця проведення спостережень**

Земельну ділянку для гідрометеорологічної станції зазвичай вибирає представник ГМ. При цьому слід враховувати різні чинники: розмір ділянки, наявність комунікацій, ступінь господарської освоєності, її перспективи та ін.

Розташування метеорологічної площадки має бути типовим для навколишньої місцевості. Це забезпечується її розташуванням на характерних формах рельєфу. Крім того, площадка повинна знаходитись на значній відстані від:

- окремих невисоких будівель і споруд, груп дерев та ін (на відстані не менш ніж 10 висот перепони);
- значних суцільних перепон, наприклад лісів, міських вулиць (на відстані не менш ніж 20 середніх висот перепон);
- балок, улоговин тощо (не менш декількох десятків метрів);
- від берегової лінії при максимальному рівні води в річці, озері, морі (не менше 100 м).

За станцією обов'язково закріплюється земельна ділянка розміром не менше 1 га (зазвичай  $100 \times 100$  м), у центрі якої обладнують метеорологічну площадку.

Метеорологічна площадка повинна мати форму квадрата розміром  $26 \times 26$  м, одна із сторін якого орієнтована з півночі на південь. Прилади та устаткування на ній розташовують певним чином.

На метеорологічній площадці дозволяється ходити тільки по доріжках для того, щоб не порушувати природного стану поверхні. На тих станціях, де прокладання доріжок може викликати небажаний ефект, можна користуватися стежками.

Доріжки повинні бути з утрамбованого ґрунту, щебню, гравію, цегляної крихти тощо. Слід, щоб у поперечному розрізі вони мали випуклу форму. Асфальтувати чи бетонувати доріжки не рекомендується.

Метеорологічна площадка має бути огороженою. Висота огорожі – 1,2... 1,5 м.

Метеорологічна площадка повинна бути електрифікованою. При будь-якій напрузі струму, що подається на площадку, безпосередньо до приладів подається струм з напругою не більше 36 В.

Майже всі пристрої на метеорологічній площадці слід пофарбувати в білий колір. Тільки шогли та огорожа можуть бути пофарбовані в будь-який інший колір. Висота трави на площадці не повинна перевищувати 20 см. Тому її необхідно періодично косити, збирати і просушувати в іншому місці. На території площадки не можна порушувати природний стан снігового покриву (навіть доріжки розчищувати не слід).

На станції необхідно систематично контролювати технічний стан діючих метеорологічних приладів і устаткування та правильність їх експлуатації.

## **2. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГРУНТУ І ПОВІТРЯ**

На метеорологічних станціях проводяться вимірювання температури повітря, ґрунту, води, снігу, а також градієнтів температури у цих середовищах. Температура є однією з основних величин, які характеризують тепловий стан системи. При зміні температури тіл змінюються їх механічні,

електричні, оптичні та інші фізичні властивості (наприклад, розмір, електропровідність, випромінювання та ін.)

Існує велика кількість різноманітних термометрів, але на метеорологічних станціях використовують такі:

- термометри з рідиною, їх дія залежить від зміни об'єму рідини при зміні температури;

- деформаційні термометри, дія яких базується на зміні лінійних розмірів твердих тіл зі зміною температури;

- термометри опору, дія яких базується на зміні електропровідності тіл при зміні температури;

- термоелектричні термометри, їх дія залежить від зміни електрорушійної сили термоелементів при зміні різниці температури спаїв;

- термотранзисторні термометри, дія яких базується на залежності напруги емітер-база транзистора від температури.

## 2.1. Скляні рідинні термометри

При вимірюванні температури рідинним термометром проводиться спостереження видимої зміни положення меніска рідини у капілярі термометра, який з'єднується з резервуаром. Метеорологічні термометри виконуються зі спеціального термометричного скла. У цих термометрах як рідину використовують ртуть, спирт і толуол.

**Термометр психрометричний ртутний метеорологічний ТМ4** зі вставною шкалою (рис. 1) використовується для визначення температури, а також вологості повітря.



Рис. 1. Термометр психрометричний

Довжина термометра - 41,0 мм, діаметр - 16 мм. Капіляр термометра має круглу форму із зовнішнім діаметром не більше 2,5 мм. Простір над ртуттю у капілярі заповнений азотом. Межі вимірювання: - 35 ... 40°C (ТМ4-1) або -25 ...50 °С (ТМ4-2), ціна поділки - 0,2 °С. Коефіцієнт інерції

психрометричних термометрів у малорухомом повітрі (0,5 м/с) - близько 300 с. Для установа термометра на верхньому кінці захисної трубки існує спеціальний металевий ковпачок.

**Термометр спиртовий метеорологічний низькоградусний ТМ9.** У зв'язку з тим, що ртуть замерзає при  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для визначення температури повітря нижче  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  використовується спеціальний спиртовий термометр (який є додатковим до ртутного психрометричного). У цьому термометрі як термометричну рідину використовують спирт. Цей термометр дещо довший, ніж психрометричний. Резервуар спиртового термометра має форму циліндра з діаметром близько 6 мм. Межі вимірювання:  $-60 \dots 20^{\circ}\text{C}$ (ТМ9-1) або  $-70 \dots 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ТМ9-2), ціна поділки  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Спостереження за допомогою додаткового спиртового термометра необхідно проводити паралельно з вимірюваннями психрометричним ртутним термометром, коли температура повітря сягає значень нижче  $-15 \dots -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Термометр ртутний метеорологічний максимальний ТМ1** призначений для визначення максимальної температури за конкретний проміжок часу. Термометр виготовлений таким чином, щоб він зберігав показання, яке фіксує найвищу температуру за період після останнього спостереження.

Термометр перед подальшим спостереженням обов'язково встряхують (показання температури приводять у відповідність з температурою у цей час).

Термометр має вставну скляну шкалу з поділками через  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Загальна довжина термометра - 340 мм. Діаметр зовнішньої скляної оболонки – 18 мм. Резервуар має циліндричну форму, діаметр його близько 8 мм. У просторі над ртуттю у капілярі створюється вакуум. Межі вимірювання:  $-30 \dots 50^{\circ}\text{C}$  (ТМ1-1) або  $-20 \dots 70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ТМ1-2).

Максимальні показання термометра зберігаються завдяки спеціальному пристрою (рис. 2). Він містить скляний штифт, що припаяний до дна всередині резервуара термометра. Верхній кінець штифта входить до капіляра і залишає в ньому вузький кільцеподібний отвір.

Коли температура починає підвищуватися, ртуть, яка знаходиться в резервуарі термометра, розширюється і під дією сил, що викликають розширення, просувається між стінками капіляра і скляним штифтом, незважаючи на велике тертя у місці звуження. При зниженні температури (і зменшенні внаслідок цього об'єму ртуті) ртуть не вертається назад у резервуар. Пояснюється це тим, що сили, які намагаються повернути ртуть до



резервуара, невеликі, а сили зчеплення ртуті є недостатніми для того, щоб подолати дію сил тертя, які виникають при проходженні ртуттю звуженого місця. У цьому місці стовпчик ртуті розірветься і частина ртуті, яка знаходилася у капілярі до початку зниження температури, залишиться в ньому (на тій самій висоті).

Для підготовки максимального термометра до наступного вимірювання його тримають за середину резервуаром вниз, потім роблять декілька різких змахів рукою, щоб перегнати частину ртуті із капіляра в резервуар. Після цього показання максимального термометра не повинні відрізнятись від показань психрометричного термометра не більше ніж на  $0,1 \dots 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

**Термометр спиртовий метеорологічний мінімальний ТМ2** призначений для визначення мінімальної температури за певний проміжок часу. Він має вставну шкалу з поділками  $0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Резервуар термометра має циліндричну форму, загальна довжина термометра близько 300 мм, діаметр зовнішньої скляної трубки – 18 мм, діаметр резервуара від 7 до 10 мм.

Межі вимірювання:  $-70 \dots 20^\circ\text{C}$  (ТМ2-1),  $-60 \dots 30 \text{ } ^\circ\text{C}$  (ТМ2-2),  $-51 \dots 40 \text{ } ^\circ\text{C}$  (ТМ2-3). Термометричною рідиною є спирт. У спирті, у капілярі, знаходиться невеликий штифт, виготовлений із темного кольорового скла, який має стовщення на кінцях у вигляді голівок булавки (рис. 3). Штифт вільно рухається у спирті.

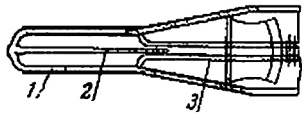


Рис. 2. Пристрій для збереження максимальних показань термометра:  
1 – резервуар, 2 – штифт, 3 – капіляр

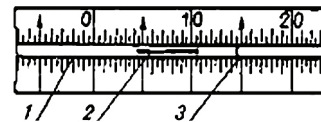


Рис. 3. Пристрій для відліку мінімальних показань термометра:  
1 – капіляр, 2 – штифт, 3 – меніск спирту

Для підготовки мінімального термометра до вимірювань його необхідно нахилити резервуаром догори і чекати до того моменту, коли штифт досягне поверхні спирту в капілярі. У поверхні спирту штифт зупиняється (через те, що не може прорвати поверхневу плівку спирту). Потім термометр розташовують горизонтально.

Якщо після цього температура буде підвищуватися, то спирт розшириться і почне обтікати штифт, який не буде рухатися з місця

(внаслідок тертя голівок об стінки капіляра). При зниженні температури об'єм спирту починає зменшуватися, і він переходить із капіляра в резервуар. Поверхнева плівка спирту буде рухати штифт до резервуара, бо сила тертя голівок об стінки капіляра менша за силу поверхневого натягнення плівки. У разі подальшого підвищення температури штифт залишиться на місці й буде показувати найнижчу температуру з моменту останньої підготовки термометра.

**Термометр ртутний метеорологічний ТМЗ** використовується для вимірювання температури поверхні ґрунту або снігового покриву.

Термометр має вставну шкалу з поділками через 0,5 °С. Межі вимірювання: - 35 ... 60°C(ТМЗ-1), -25 ...70 °С (ТМЗ-2), -10 ... 85 °С (ТМЗ-3).

**Термометри ртутні метеорологічні колінчасті (ТМ5)** (термометри Савінова) використовують для визначення температури ґрунту на глибинах 5, 10, 15 і 20 см.

Термометри випускаються комплектом по чотири термометри, які відрізняються довжиною (290, 350, 450 і 500 мм) за рахунок різної довжини підшкальної частини. Ціна поділки шкали - 0,5 °С, межі вимірювань від -10 до 50 °С. Поблизу резервуара термометр зігнутий під кутом 135°.

Від резервуара до початку шкали капіляр вкритий термоізоляційним шаром. Це зменшує вплив на показання термометра шару ґрунту, який знаходиться над резервуаром і забезпечує точніше вимірювання температури на глибині, де встановлений резервуар.

**Установка з ґрунтово-витяжними термометрами ТГВ-50** (рис. 4) призначена для вимірювання температури ґрунту на глибинах від 20 до 320 см (п'ять або сім термометрів).

В установці використано ґрунтово-глибинний термометр. Це **ртутний метеорологічний термометр ТМ10**. Межі вимірювання -20 ...30; -5 ...40 °С. Ціна найменшої поділки шкали дорівнює 0, 2 °С.

Термометр (позиція 2) встановлюється у вініпластову оправу (позиція 3) з металевим ковпачком (позиція 1) та прорізами для огляду шкали. В оправу навколо резервуара термометра насипають мідні опилки, що забезпечує тепловий контакт з металевим ковпачком оправы, а також збільшує термічну інерцію термометра. Це необхідно для збереження показань термометра під час виконання відліків.

Оправа з термометром закріплена на дерев'яній жердині (позиція 4), на інший кінець якої надягнуто ковпачок з кільцем (позиція 5). Всередині ковпачка розташована кільцева прокладка із фетру. Довжина жердини залежить від глибини, на яку встановлюється термометр. На жердині у декількох місцях закріплені кільця, виготовлені з повсті або фетру. Вони запобігають обміну повітря у трубці.

Дерев'яну жердину із закріпленим на неї термометром у оправі опускають в ебонітову трубку (позиція 6), яка закрита з нижнього кінця металевим ковпачком (позиція 7).

Термометр, розташований у трубці, повинен торкатися дном оправы

металевого дна стакана трубки, а фетрові прокладки, розташовані на жердині, щільно закривати трубку.

Частина трубки, яка розташована над поверхнею, має довжину 40 см (тип 1), а для районів з високим сніговим покривом – 100 см (тип 2). Установка виготовляється комплектом для вимірювання температури на п'яти (0,2; 0,4; 0,8; 1,6 і 3,2 м) або семи (0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4 і 3,2 м) глибинах.

Трубки для більших глибин, а також жердини для них виготовляються із окремих секцій, які з'єднуються за допомогою муфт.

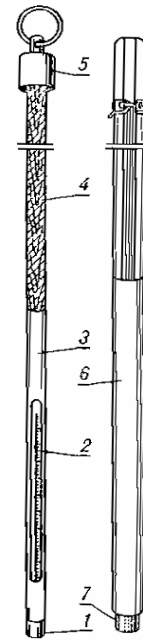


Рис. 4. Термометр витяжний ТТВ-50:  
1, 7 - металеві ковпачки, 2 – термометр,  
3 – вінілпластова оправа, 4 - дерев'яна жердина, 5 – ковпачок з кільцем, 6 – ебонітова трубка

## 2.2. Деформаційні термометри

При метеорологічних вимірюваннях використовується один вид деформаційних термометрів – біметалічні. Чутливим елементом біметалічних термометрів є біметалічна пластинка. При змінах температури ця пластинка деформується через різне розширення металів, з яких вона виготовляється.

Найчастіше використовують біметалічну пластинку, яка виготовлена з інвару і сталі. Якщо інвар (має менший коефіцієнт розширення) буде розташований зверху, то при збільшенні температури пластинка зігнеться таким чином, що інвар опиниться з її вогнутого боку. При зниженні температури пластинка зігнеться у протилежний бік.

Якщо один кінець біметалічної пластинки закріпити нерухомо, то при зміні температури вільний кінець цієї пластини буде переміщуватися. Переміщення вільного кінця  $\Delta x$  при зміні температури пластинки на  $\Delta t$  визначається за виразом

$$\Delta x = K \cdot \Delta t,$$

тобто переміщення вільного кінця пластинки пропорційно зміні температури. Завдяки цьому факту біметалічні термометри мають рівномірну шкалу.

Біметалічні чутливі елементи використовуються у термографах, метеорографах, радіозондах та інших приладах.

**Термографи.** Вимірювання температури в окремі моменти часу не завжди є достатніми. В багатьох випадках важливо знати безперервний хід зміни температури. Для реєстрації зміни температури в метеорології використовують самописці, які називають термографами.

**Термограф метеорологічний М-16АС** (рис.5) призначений для реєстрації змін температури повітря в діапазонах: -45 ...35, -35 ...45, -25 ...55 °С. Чутливим елементом є біметалічна пластинка, змонтована на кронштейні. Кронштейн прикріплений до іншого кронштейна, на якому знаходиться важелевий механізм, що зв'язує біметалічну пластину зі стрілкою; на кінці цього механізму розташовано перо. При зміні температури біметалічна пластинка деформується і рухає стрілку з пером вздовж барабана зі стрічкою. Барабан обертається за допомогою годинникового механізму навколо вертикальної осі, яка закріплена на платі. Тривалість одного обороту барабана годинникового механізму становить 26 годин.

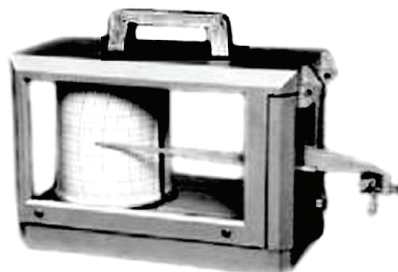


Рис. 5. Термограф

Стрічка термографа розграфлена прямими горизонтальними лініями і дугами, що розташовані вертикально. Ціна поділки горизонтальної шкали становить 1 °С, вертикальної – 5 хвилин.

### **2.3. Установка приладів, виконання вимірювань, запис даних**

Прилади для вимірювання температури (а також вологості) повітря встановлюють у захисній жалюзійній (психрометричній) будці. Будка призначена для запобігання впливу прямої сонячної радіації на результати спостережень, а також для захисту приладів від механічних ушкоджень і атмосферних опадів.

У середині будки необхідно створити повітрообмін зі швидкістю близько 0,5 ...1,0 м/с, який є теоретичною передумовою для розрахунків інерції приладів, психрометричної залежності та ін. Будку розташовують на спеціальній підставці висотою 175 см.

Висота установки резервуарів психрометричних термометрів дорівнює 200 см від поверхні землі. Тому взимку у місцях, де сніговий покрив сягає висоти 1м і більше, необхідно мати додаткову підставку висотою 2,75 м.

У середині будки до середньої дошки підлоги закріплено залізний штатив, на якому встановлюють два психрометричних термометри (сухий – ліворуч, змочений – праворуч), між ними за допомогою гвинтів закріплюють волосяний гігрометр.

У нижній частині штатива на залізних лапках розташовані максимальний і мінімальний термометри. На нижній перекладині штативу є кільце, в яке встановлюють психрометричний стаканчик з водою.

При цьому необхідно мати на увазі, що резервуари психрометричних термометрів повинні бути на одному рівні, а лапки штативу відігнуті таким чином, щоб максимальний термометр був трохи нахилений вбік резервуара.

При вимірюваннях температури слід додержуватись таких умов:

- при відліку око розташовують таким чином, щоб візирна лінія була перпендикулярною до капіляра і проходила через верхню (нижню) точку меніска стовпчика ртуті (спирту);

- перед відліком необхідно перевірити відсутність відкату ртуті у максимального термометра і наявність штифта мінімального термометра всередині спирту;

- встряхувати максимальний термометр необхідно одним плавним і наприкінці різким рухом, тримаючи термометр ближче до його кінця, таким чином, щоб його верхня частина на 6 ... 8 см виступала із долоні, при цьому шкала термометра має бути спрямована вздовж площини встряхування.

Усі результати вимірювань фіксують у книжці спостерігача. При обробці результатів спостережень необхідно вводити поправки.

В показання мінімального термометра, окрім сертифікатної із свідчення повірки, необхідно ввести додаткову поправку, яка розраховується наприкінці місяця як середня різниця між показаннями сухого термометра і спирту мінімального термометра .

Термометри для вимірювання температури поверхні ґрунту і снігового покриву, а також колінчаті термометри для вимірювання температури до 20 см встановлюють на незатіненій, вільній від рослинності, площадці розміром 4 x 6 м.

Вимірювання температури проводять у такій послідовності: знімають показання психрометричного, мінімального (спирт і штифт) і максимального (до і після встряхування) термометра, потім - показання колінчатих термометрів. Дані цих вимірювань записують у книжки КМ-1 (поверхня ґрунту) і КМ-3 (колінчаті термометри).

Витяжні ґрунтово-глибинні термометри (які застосовують для вимірювання температури ґрунту на глибинах) встановлюють у південно-східній частині метеоплощадки, на ділянці розміром 6 x 8 м з природним рослинним покривом.

Спостереження за допомогою витяжного термометра проводять цілий рік, кожного дня: на глибинах 20 і 40 см – усі вісім термінів (окрім періоду, коли висота снігового покриву становить більше 15 см, а також у районах суворих і малоснігових зим при зниженні температури на глибині 40 см до 0°C.

У ці періоди спостереження виконуються в один термін); на інших глибинах – один раз на добу.

### 3. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ І ХМАРНОСТІ

#### 3.1. Методи і засоби вимірювання вологості повітря

Основними методами вимірювання вологості повітря є психрометричний і гігрометричний, а найбільш розповсюдженими приладами – психрометри та волосяні гігрометри. Зразковою установкою для повірки вимірювачів є гігрометр точки роси.

**Психрометричний метод.** Психрометричний метод широко застосовується при вимірюванні вологості повітря і в наш час у метеорології є основним. Він базується на залежності інтенсивності випаровування з водної поверхні від дефіциту вологості повітря, що прилягає до неї. Інтенсивність випаровування визначають шляхом вимірювання зниження температури термометра, з поверхні якого відбувається випаровування.

Розрахунки проводять за психрометричною формулою

$$e = E' - A \cdot p \cdot (t - t'),$$

де  $e$  – парціальний тиск водяної пари у повітрі;  $E'$  - тиск насиченої водяної пари при температурі поверхні, що випаровує;  $A$ - психрометричний коефіцієнт;  $p$  – атмосферний тиск;  $t$  і  $t'$  - температура повітря і температура поверхні, що випаровує, відповідно.

Прилади, які використовуються при вимірюванні вологості повітря психрометричним методом, називаються психрометрами.

Психрометри складаються із двох термометрів. За допомогою одного вимірюють температуру тіла  $t'$ , з поверхні якого випаровується вода (цей термометр називають «змоченим»), другим - вимірюють температуру оточуючого повітря  $t$  («сухий» термометр).

У 1972 р. були виконані дослідження з підвищення точності вимірювання і розрахунків характеристик вологості повітря. У результаті цих досліджень були внесені уточнення в психрометричну формулу для розрахунку вологості, а також у формулу для розрахунку тиску насиченої водяної пари над водою і над поверхнею льоду, за якими розраховується  $E'$  в психрометричній формулі.

У результаті психрометрична формула для поверхні льоду набула вигляду

$$e = E'_{\text{л}} - 0,88229 \cdot A \cdot p \cdot (t - t'),$$

а формула для води

$$e = E'_p - A \cdot p \cdot (t - t') \cdot (1 + 0,00115 \cdot t'),$$

де  $E'_л$  і  $E'_p$  – тиск насиченої водяної пари над плоскою поверхнею льоду і рідкої води відповідно.

Психрометричні таблиці 1972 р. і наступних років видання розраховані за цими уточненими формулами.

**Станційний психрометр** складається з двох однакових психрометричних термометрів ТМ4, встановлених поряд на штативі, і стаканчика для дистильованої води. Резервуар правого термометра обв'язують куском батисту, кінець якого занурений в скляний психрометричний стаканчик с дистильованою водою (рис. 6). Стаканчик встановлюється в кільце тримача таким чином, щоб його кришка була розташована на 2 см нижче резервуара термометра і стаканчик не заважав би вільному обміну повітря біля резервуара. У кришці стаканчика є отвір, через який пропущений батист.

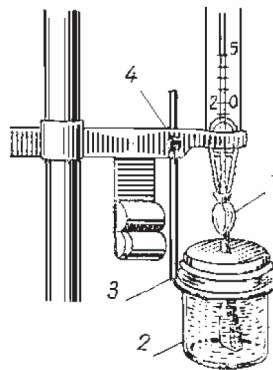


Рис. 6. Психрометричний стаканчик на штативі: 1 – резервуар змоченого термометра, 2 – стаканчик, 3 – утримувач стаканчика, 4 - гвинт

Психрометричний коефіцієнт  $A$  визначається швидкістю випаровування з поверхні змоченого термометра і припливом тепла до резервуара змоченого термометра внаслідок його теплообміну з оточуючим повітрям, а також припливом тепла по поверхні термометра до резервуара.

Інтенсивність цих процесів залежить від швидкості перемішування повітря біля резервуара змоченого термометра (швидкості вентиляції термометра), а також від форми, розмірів (відношення площі поверхні до маси) резервуара, від конструктивних особливостей з'єднання резервуара з іншою частиною термометра.



Для станційного психрометра, встановленого в середині будки, психрометричний коефіцієнт  $A = 7,947 \cdot 10^{-4}$  (при цьому швидкість вентиляції термометрів прийнята такою, що дорівнює 0,8 м/с при швидкості зовнішнього вітру на висоті будки 2,8 ... 3,0 м/с).

**Психрометр аспіраційний МВ-4М** (рис. 7) призначений для вимірювання температури і вологості повітря для спеціальних цілей, в експедиційних умовах, а також у виробничих приміщеннях. Межі вимірювання відносної вологості (при температурі повітря від -10 до +30 °С) 3...100 %, межі вимірювання температури повітря - від -25 до +50 °С.

Прилад має два однакових ртутних термометри (позиції 10 і 11), що розташовані у спеціальній оправі, яка містить трубку (позиція 9) з трійником (позиція 13) і має планковий захист (позиція 12). До трійника за допомогою втулок (14) закріплені по дві трубки (15) (для радіаційного захисту і вентиляції резервуарів термометрів). Верхня частина трубки (9) з'єднана з головкою аспіратора (8). Головка складається із заводного механізму і вентилятора, які закриті кожухом. Пружина заводного механізму заводиться ключем (6), який розташований зверху.

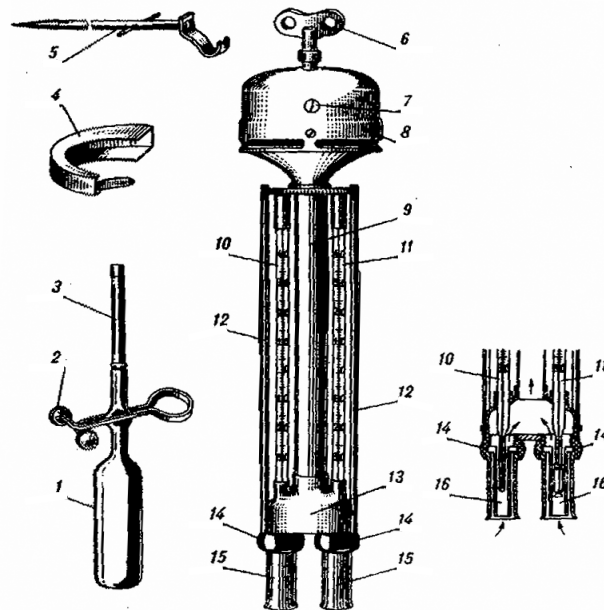


Рис. 7. Психрометр аспіраційний: 1 – гумова груша, 2 – зажим, 3 – піпетка, 4 – вітровий захист, 5 – крюк-підвіс, 6 – заводний ключ, 7 – віконце, 8 – головка аспіратора, 9 – трубка, 10, 11 – сухий та змочений термометри, 12 – захисні планки, 13 – трійник, 14 – ізоляційні втулки, 15, 16 – захисні трубки

Крім аспіраційного психрометра із пружинним заводним механізмом вентилятора застосовується аспіраційний психрометр М-34, в якому заводний механізм замінено електродвигуном. Живлення такого психрометра здійснюється від мережі.

У цих приладах створюється штучна вентиляція обох термометрів («сухого» і «змоченого»). Психрометричний коефіцієнт аспіраційного термометра  $A = 6,620 \cdot 10^{-4}$ .

Станційний і аспіраційний психрометри використовують при позитивній температурі та при негативній (до -10 і до -15 °С відповідно).

Пояснюється це тим, що при нижчих температурах різниця ( $t - t'$ ) стає незначною, що призводить до великих похибок вимірювання. У цих випадках застосовують інші прилади. Найбільш розповсюджений з них волосяний гігрометр.

Дія **волосяного гігрометра** базується на конденсації водяної пари у капілярних порах волоса людини навіть при дуже низьких температурах. При збільшенні вологості повітря вогнутість менісків води у порах почне зменшуватись, а волос буде подовжуватись.

Це збільшення довжини волоса пропорційне логарифму відносної вологості. Збільшення довжини волоса  $\Delta L$  при змінах відносної вологості від 0 до 100 % становить 2,5 % його довжини і відбувається нелінійно (табл. 1).

Таблиця 1

Залежність довжини волоса від відносної вологості повітря

Відносна вологість, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Збільшення довжини волоса, %	0	20,9	38,8	52,8	63,7	72,2	79,2	85,2	90,5	95,4	100

При зменшенні вологості повітря це явище відбувається у зворотному напрямку.

Для різних волос залежність варіюється (особливо при великій вологості). Тому волос для гігрометра вибирають природний, а потім його піддають спеціальній хімічній та механічній обробці.

**Гігрометр метеорологічний М-19** (рис. 8) складається з рами (позиція 4) зі шкальною пластиною (5) і волоса (1), верхній кінець якого закріпленій в отворі хвостовика гвинта-регулятора за допомогою клину і клею, а нижній з'єднаний зі стрілкою (6).

Гвинт (2) за допомогою контргайки (3) може переміщуватися всередині скоби. Нижній кінець волоса (1) закріпленій в отворі кулачка (дужки) (9). Кулачок закріпленій на стриженьку (7), на кінці якого розташований тягарець (10). Маленький стрижень (7) входить до отвору осі (8), на якій розташована стрілка (6), і закріпленій гвинтом (11). Таким чином, стрілка (6) під дією волоса (1) і тягарця (10) може обертатися разом з віссю (8), переміщуючись вздовж шкали.

Переміщуючи стрижень відносно осі, можна змінювати чутливість гігрометра (за рахунок зміни довжини важеля, на якому розташований кулачок (дужка), за який волос переміщує стрілку). За допомогою гвинта-регулятора можна встановлювати стрілку на будь-якій потрібній поділці шкали. Для цього послабляють контргайку (3), а потім обертанням гайки переміщують гвинт догори або вниз. Коли стрілка гігрометра встановиться на потрібній поділці шкали, гвинт закріплюють за допомогою контргайки. На шкалі нерівномірно нанесено 100 поділок, які зменшуються від 0 до 100. Точність відліку за шкалою - це одна ціла поділка.

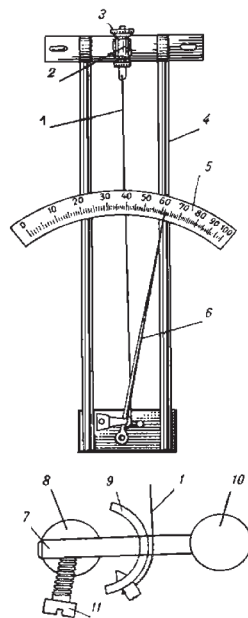


Рис. 8. Гігрометр волосяний: 1 – волос, 2 – регулюючий гвинт; 3 – контргайка, 4 – рама; 5 – шкала, 6 – стрілка, 7 – стрижень, 8 – вісь, 9 – кулачок, 10 – тягарець, 11 – гвинт

При збільшенні відносної вологості волос подовжується, а стрілка під дією тягарця обертається праворуч. При зменшенні вологості волос скорочується і обертає стрілку ліворуч.

Волосяний гігrometer встановлюється у психрометричній будці разом із психрометром і закріплюється на штативі між сухим і змоченим термометрами.

**Гігрограф волосяний** застосовується для безперервної реєстрації змін відносної вологості повітря. Гігрограф метеорологічний М-21АС може реєструвати відносну вологість повітря при температурі від -45 до + 55 °С.

Датчиком вологості (чутливим елементом) є пучок волос, який з двох кінців закріплюється у цапфах кронштейна. Середина пучка надягнена на гачок, який з'єднаний зі стрілкою за допомогою спеціального пристрою. Датчик захищений від ушкоджень каркасом з проволочки.

Зміни відносної вологості призводять до зміни довжини пучка волос, що, в свою чергу, викликає переміщення стрілки з пером. Перо виконує запис на паперовій діаграмній стрічці барабана, всередині якого розташовано годинниковий механізм, що обертає його. Метеорологічне перо заповнюють чорнилами, що призначені для метеорологічних самописців. Вертикальне положення пера можна змінювати за допомогою гвинта. Спеціальну кнопку застосовують для того, щоб зробити відмітку на стрічці (під час спостереження).

**Проведення вимірювань за допомогою аспіраційного психрометра.** Аспіраційний психрометр встановлюють на стовпці за допомогою спеціального гачка таким чином, щоб резервуари термометрів знаходились на висоті 2 м. Взимку психрометр встановлюють за 30 хвилин, а влітку за 15 хвилин до початку вимірювань. Змочування термометра, який обв'язаний батистом, проводять взимку за 30 хвилин, а влітку за 4 хвилини до відліку. Для змочування термометра застосовують гумову грушу з піпеткою, заповнену дистильованою водою. Після змочування термометра заводять механізм аспіратора, який в момент відліку має працювати на максимальних обертах. При відліку спочатку необхідно зафіксувати десяті долі градусу на сухому і змоченому термометрах, а після цього записати цілі градуси. Під час відліку слід знаходитись таким чином, щоб вітер дув у напрямку від приладу до спостерігача. Якщо швидкість вітру перевищує 4 м/с, необхідно обов'язково використати спеціальний вітровий захист (який входить у комплект приладу). Усі показники відліку на психрометричних термометрах записують у відповідні рядки і граfi книжок спостереження. Після цього за

допомогою «Психрометричних таблиць» визначають параметри вологості повітря: парціальний тиск водяної пари, відносну вологість, дефіцит насичення і точку роси. Всі отримані значення записують у книжку спостерігача.

### 3.2. Спостереження за хмарністю

**Визначення форми і кількості хмар.** Відповідно до Настанови на метеорологічних станціях визначають кількість, форму і висоту (нижньої межі) хмар. Кількість і форму хмар виявляють візуально, а висоту хмар – інструментальними методами.

Форми хмар визначають згідно з міжнародною класифікацією хмар і «Атласом хмар». Кількість хмар підраховують візуально за ступенем закриття небосхилу у балах (від 0 до 10). Регіструють загальну кількість хмар на видимому небосхилі та (окремо) кількість хмар у нижньому ярусі.

Якщо під час проведення спостережень внаслідок туману або заметілі з випадінням снігу не видно неба, то слід вважати, що весь небосхил закритий «хмарно» і записати 10 балів як для загальної кількості хмар, так і для хмар нижнього ярусу.

Регіструються усі форми хмар, їх види і різновиди як присутні на момент спостереження, навіть якщо їх дуже мало (але більше ніж 0,5 бала). У книжки спостерігача записують: кількість хмар – загальну і нижнього ярусу; форми хмар верхнього, середнього і нижнього ярусів; висоту нижньої межі хмар.

Рекомендації щодо визначення форм хмар та їх кількості викладено у Настанові.

**Визначення висоти нижньої межі хмар.** Під висотою хмар розуміють висоту їхньої основи над поверхнею землі. Найчастіше вимірюють висоту хмар нижнього і середнього ярусів (не вище 2500 м), при цьому визначають висоту найнижчих хмар. За наявності туману вважається, що висота хмар дорівнює нулю. На наземних станціях висоту нижньої межі хмар визначають за допомогою світлолокаційного вимірювача висоти нижньої межі хмар (ИВО) і куль-пілотів.

**Метод світлолокації.** За цим методом висоту нижньої межі хмар визначають, враховуючи проходження світлом шляху від випромінювача світла до хмари і назад. Висоту хмари  $H$  обчислюють за формулою

$$H = c \cdot \tau / 2,$$

де  $c$  – швидкість світла ( $3 \cdot 10^8$  м/с),  $\tau$  – час (необхідно вимірювати з точністю  $10^{-7}$  с).

Світловий імпульс надсилається випромінювачем і після віддзеркалення від хмар надходить до приймача. Вимірювання можна виконувати у будь-який період доби.

**Вимірювач висоти нижньої межі хмар ИВО-1М** (рис. 9) складається з випромінювача і приймача світлових імпульсів, пульта керування і комплекту з'єднувальних кабелів.

Випромінювач надсилає світлові імпульси, які створюються світловою лампою, до хмари. Термін служби лампи 40 годин, а вимірювання тривають близько 10 с (з частотою світлових імпульсів 20 Гц).

Приймач перетворює віддзеркалений від хмари світловий імпульс у електричний сигнал, посилює і передає його на пульт керування. Приймач має фотоелектронний помножувач ФЭУ-1 і ламповий підсилювач.



Рис. 9. Вимірювач висоти нижньої межі хмар ИВО-1М

Визначення часу між моментом випромінювання імпульсу і моментом надходження сигналу відбувається на екрані електронно-променевої трубки пульта керування. Відстань від початку розгортки до середини фронту віддзеркаленого імпульсу пропорційна висоті хмар. Це дозволяє отримати показник висоти нижньої межі хмар безпосередньо в метрах.

Випромінювач і приймач змонтовані в металевих корпусах з кришками, що відкриваються дистанційно, на карданних підвісах, які забезпечують їх самоюстировку. Корпуси датчиків встановлені на опорних ніжках. У випромінювачі у фокусі дзеркала розташована газорозрядна лампа, а в приймачі в фокусі дзеркала – фотопомножувач ФЭУ-1.

Конструкція пульта керування подібна до конструкції звичайного електронно-променевого осцилографа. Пульт має два яруси. У нижньому ярусі розташовані трансформатори, дросель високої напруги, високовольтні фільтрові конденсатори.

У нижньому – електричні схеми генератора горизонтальної розгортки, калібровки підсилювача, електронно-променева трубка з елементами живлення, потенціометри настроювання та регулювання. На передній панелі пульта розташовані екран електронно-променевої трубки, контрольно-вимірювальний прилад, рукоятки керування і сигнальні лампи. Випромінювач і приймач з'єднано з пультом керування за допомогою кабелю. Керування ними, зокрема відкриття і закриття кришок, здійснюється дистанційно.

Випромінювач і приймач можуть працювати при температурі - 50...+50 °С. Пульт керування працює у приміщенні при температурі повітря 5...50 °С.

Прилад ИВО-1М дозволяє визначити висоту нижньої межі хмар у діапазоні 50...2000 м з похибкою 10...15 %.

**Метод куль-пілотів.** Висоту нижньої межі хмар можна визначити за допомогою кулі-пілота. Куля-пілот являє собою невелику гумову кулю, заповнену воднем.

У вільному польоті куля переноситься в горизонтальному напрямку і одночасно, під дією вільної підйомної сили, переміщується догори. Вільна підйомна сила дорівнює різниці маси оболонки кулі з воднем і маси витисненого повітря.

Швидкість підйому кулі  $W$  залежить від вільної підйомної сили  $A$  і визначається за виразом

$$W = k \cdot \pi \cdot \sqrt{A} / C,$$

де  $k$  – аеродинамічний коефіцієнт, який залежить від значення  $A$ ;  $C$  – довжина кола кулі.

На станціях величину  $A$  визначають шляхом створення рівноваги між заповненою кулею і гирями, а  $C$  вимірюють за допомогою мірної стрічки. Користуючись спеціальними таблицями, за значеннями  $A$  і  $C$  знаходять  $W$  (м/хвилину).

Спостерігаючи за кулею-пілотом, що летить (користуються біноклем або візуально), за допомогою секундоміра визначають час від моменту пуску до того моменту, коли куля зайде в хмару.

Висоту  $H$  нижньої межі хмари визначають (у метрах) за формулою

$$H = W \cdot \tau,$$

де  $W$  – вертикальна швидкість кулі-пілота, м/хв;  $\tau$  – час, хв.

У темний період доби, коли кулю не видно, до неї прикріплюють легке джерело світла (спеціальний ліхтарик з лампочкою і батарейкою або свічкою).

Цей метод є достатньо простим. Його недоліки: значна похибка, тривала і затратна підготовка до вимірювань, обмеженість застосування при хмарах менше ніж 5 балів и напрямках вітру, коли кулю відносить від хмар (до просвітів).

## **4. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ**

Атмосферний тиск є однією з найважливіших метеорологічних величин, які визначаються при метеорологічних спостереженнях. Окрім абсолютної величини атмосферного тиску на метеорологічних станціях вимірюють також величину і характеристику баричної тенденції. Величина тенденції визначається за змінами тиску за 3 години між термінами спостереження, а її характеристика – за виглядом кривої реєстрації за ці 3 години. Величину і характеристику баричної тенденції використовують при прогнозуванні атмосферних процесів.

У метеорології атмосферний тиск вимірюють за допомогою ртутних барометрів. Крім того, для вимірювань застосовують деформаційні барометри різних видів (барометри-анероїди). Розрізняють три типи ртутних барометрів: чашкові, сифонно-чашкові та сифонні.

### **4.1. Барометри ртутні**

**Барометр чашковий станційний з компенсованою шкалою** (рис. 10). Барометрична трубка цього барометра (калібрована скляна, запаяна з верхнього кінця трубка, внутрішній діаметр якої 7,2 мм і довжина 800 мм) закріплена нижнім кінцем у кришці пластмасової або чавунної чашки за допомогою шайби з гвинтовою нарізкою. Чашка барометра складається з трьох частин. Середня частина має діафрагму з отворами, яка гасить коливання ртуті й не допускає проходження повітря в барометричну трубку.



Трубку і чашку заповнюють очищеною ртуттю. Повітря із трубки до заповнення її ртуттю відкачується (до величини  $10^{-5}$  гПа). З атмосферним повітрям барометр сполучається через отвір у кришці чашки, який закривається гвинтом (позиція 1). Висоту ртутного стовпчика у скляній трубці вимірюють за шкалою, яка нанесена у верхній частині металевої захисної оправи (2) (нуль шкали збігається з рівнем ртуті у чашці). Наскрізний проріз дозволяє бачити меніск ртутного стовпчика у скляній трубці. У прорізу за допомогою кремальєри (7) рухається кільце, на якому закріплений ноніус (5).

Десять поділок ноніуса дорівнюють 19 поділкам шкали барометра. Завдяки цьому можна виконувати вимірювання з точністю до десятих долей шкали (номер ноніуса, який точно збігається з будь-якою поділкою шкали, дає кількість десятих долей).

Термометр (8), що закріплений в іншому прорізу захисної оправи, призначений для визначення температури барометра (ртуті та шкали). У верхній частині оправи є кільце (4) для підвішування барометра.

У цьому барометрі проводиться відлік тільки положення ртуті в скляній трубці, коливання рівня ртуті у чашці не враховують. Це стає можливим тому, що у чашковому барометрі шкала компенсована на зміни ртуті у чашці. Співвідношення змін рівнів ртуті в трубці та в чашці при змінах атмосферного тиску пропорційно співвідношенню площ їхніх поперечних перерізів. Для барометрів це співвідношення становить 0,02. Це означає, що при зміні атмосферного тиску на 1 мм рт.ст. рівень ртуті у чашці зміниться на 0,02 мм, довжина стовпчика ртуті у трубці - на 0,98 мм. У станційних барометрів з міліметровою шкалою довжина однієї поділки дорівнює 0,98 мм.

Барометри випускають двох модифікацій: СР-А з межею вимірювань 810...1070 гПа та СР-Б з межею вимірювань 680...1070 гПа.

**Барометр сифонно-чашковий контрольний** (рис. 11). Скляна барометрична трубка (12) має складну будову. Її верхня частина (що дорівнює 1/3 усієї довжини трубки) має діаметр 14 мм, інші 2/3 значно тонші.

Тонка частина трубки у місці звуження зігнута у бік від верхньої частини і зпаяна за допомогою скляного балона (13) з другою (короткою) трубкою (14) таким чином, що верхня широка частина трубки (12) розташована соосно з трубкою (14). Ця трубка (14) у нижній частині має такий самий діаметр, як верхня робоча частина трубки (12). Нижні кінці трубок вмонтовані в металевий конус (наконечник) (15), який вставляється в чашку (16) і закріплюється в ній. Трубка (12) є довгим коліном, трубка (14) – коротким. Коротке коліно у верхній частині має циліндричний прилив з

отвором; на ньому закріплено ніпель, який закривається ковпачком (7). Обидві скляні трубки встановлені у металевій оправі зі шкалою (5), що з'єднується з чашкою (16). В оправі є наскрізні прорізи, через які можна побачити стовпчики ртуті у верхньому (довгому) і нижньому (короткому) колінах. На правому боці прорізів нанесена шкала: знизу (біля нижнього прорізу) від 0 до 130 гПа, біля верхнього прорізу від 850 до 1070 гПа. На нижньому прорізу встановлюється індекс (8), з'єднаний з кільцем, яке закріплюють на оправі за допомогою гвинта (9) таким чином, щоб нижній зріз індексу (8) встановився точно напроти нульової поділки шкали.

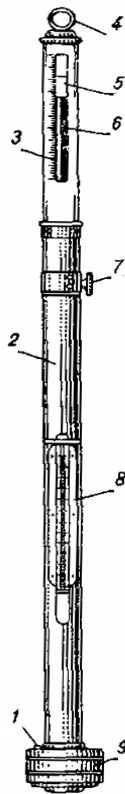


Рис. 10. Барометр чашковий станційний: 1 – гвинт, 2 – оправка, 3 – шкала, 4 – кільце, 5 – ноніус, 6 – трубка з ртуттю, 7 – ковпачок, 8 – термометр, 9 – чашка

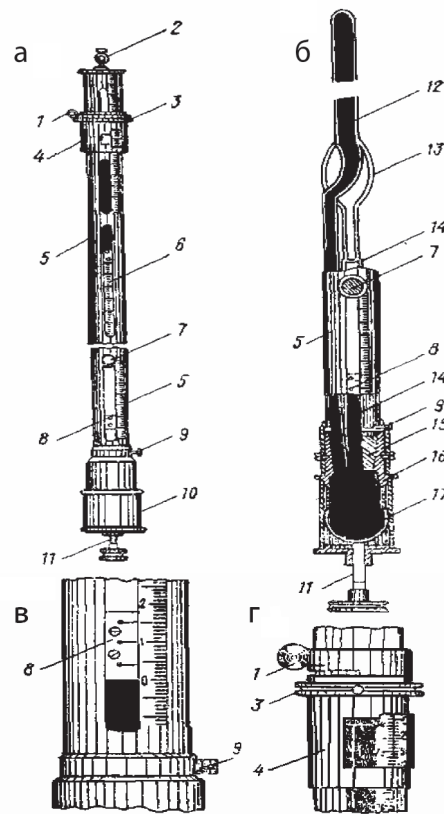


Рис. 11. Барометр сифонно-чашковий контрольний: а) загальний вигляд, б) розріз, в) нижній індекс, г) ноніус 1, 9, 11 – гвинти, 2 – кільце, 3 – мікрометричне кільце, 4 – пересувна муфта, 5 – оправка зі шкалою, 6 – термометр, 7 – ковпачок, 8 – індекс, 10 – захисний циліндр, 12, 14 – трубки, 13 – скляний балон, 15 – наконечник, 16 – чашка, 17 – мішок

До гвинта (9) торкатися не можна, бо це може призвести до зміщення індексу (8) і зміни інструментальної поправки барометра. Дном чашки (16) є мішок (17) з лайки. Нижня частина мішка за допомогою гвинта (11), що з'єднується з дном захисного циліндра (10), може переміщуватися догори і вниз, змінюючи рівень ртуті в обох колінах.

У середній частині оправи барометра встановлено термометр (6). На оправі біля верхнього прорізу є рухома муфта (4) з прорізом, з правого боку якої закріплений ноніус з 20 поділками (за його допомогою відлік за шкалою барометра проводиться з точністю 0,05 гПа). Муфта складається з декількох рухомих частин. Верхня її частина може бути закріплена за допомогою гвинта (1) на будь-якій ділянці верхнього прорізу (для грубого встановлення зрізу ноніуса біля меніска ртуті). Нижня частина може переміщуватися відносно верхньої частини муфти за допомогою мікрометричного кільця (3). Це дозволяє точно встановити зріз кільця на верхів'я меніска ртуті. Барометр підвішується за кільце (2).

**Барометр сифонно-чашковий інспекторський ртутний** (рис. 12). Завдяки міцності й незмінності інструментальної поправки цей барометр широко використовують як інспекторський барометр. Він складається зі сталюого резервуара-чашки (15), яка має діафрагму (20) і еластичне дно (мішок (16) з лайки). У кришку чашки вставлені дві скляні трубки: права (барометрична) (14) – довга (близько 86 см) із запаяним верхнім кінцем, ліва (1) – коротка. На її верхньому кінці закріплено металевий кран (2), який відкривається під час проведення спостережень для сполучання з повітрям. На пробці крана нанесено риски. Якщо риска пробки збігається з літерою В – кран відкрито; якщо з літерою З - кран закрито і барометр не сполучається з оточуючим повітрям.

Скляні трубки розташовані в оправі. Оправа складається з металевих трубок (3) і (11), які закріплені нерухомими муфтами (хомутами) (10), (12), (13) і головкою (5). Трубки-оправи мають наскрізні прорізи. Вздовж прорізу трубки на правому боці нанесено шкалу, нульова поділка якої розташована дещо вище нижнього краю прорізу. Шкала має дві ділянки: нижню – від 0 до 130 гПа і верхню – від 550 до 1070 гПа. Хомут (13) встановлено таким чином, що його нижній зріз збігається з нульовою поділкою шкали.

На чашку нагвинчується циліндр (17), через дно якого у різьбовому отворі проходить гвинт (18) з диском (19), що вільно обертається. За допомогою обертання гвинта (18) підіймають або опускають дно мішка (16). При цьому змінюється рівень ртуті в обох трубках барометра. У верхній

частині трубки (1) розташовано термометр (4). На трубі-оправі (11) біля прорізу переміщується рухома муфта (9), біля її правого краю укріплено ноніус (6). Муфту закріплюють за допомогою гвинта (8), після чого ноніус може плавно переміщуватись у невеликих межах (для точної наводки) за допомогою мікрометричного кільця (7). Шкала ноніуса має 20 поділок, що забезпечує можливість відліку з точністю 0,05 гПа.

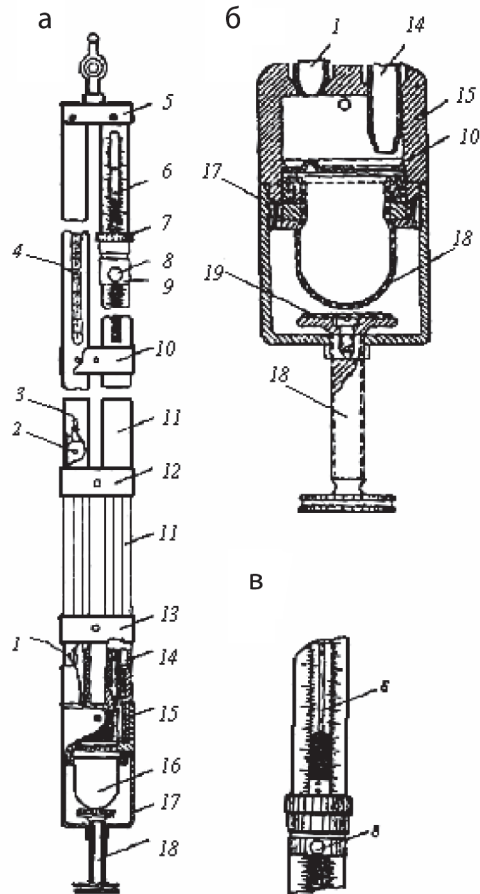


Рис. 12. Барометр сифонно-чашковий інспекторський: а) загальний вигляд, б) розріз чашки, в) ноніус; 1, 14 – трубки барометра, 2 – кран, 3, 11 – трубки оправы, 4 – термометр, 5 – головка, 6 – ноніус, 7 – мікрометричне кільце, 8 – гвинт, 9 – муфта, 10, 12, 13 – хомути, 15 – чашка, 16 – мішок, 17 – циліндр, 18 – гвинт, 19 – диск, 20 – діафрагма

#### 4.2. Барометри деформаційні

Найбільш розповсюдженими первинними перетворювачами є барокоробки (вакуумовані мембранні коробки), за допомогою яких зміни тиску перетворюються у лінійне переміщення.

Барокоробка являє собою дві круглі мембрани (діаметр яких становить декілька десятків міліметрів), зварені по колу.

Як перетворювач тиску в лінійне переміщення коробка діє таким чином. Атмосферний тиск, що здавлює коробки, врівноважується силою упругості мембран (або додатковою пружиною). Якщо тиск зміниться, мембрани і пружина деформуються, і знову встановиться рівновага. Мірою вимірювання тиску є величина переміщення жорстких центрів мембран відносно одна одної.

Для підвищення чутливості деформаційних барометрів іноді застосовують декілька барокоробок, з'єднаних між собою (наприклад, в барографах).

**Барометр-анероїд БАММ-1** вимірює атмосферний тиск у межах 600...800 мм рт.ст. (800... 1060 гПа) з похибкою 1,5 мм рт.ст. (2 гПа).

Лінійне переміщення мембран перетворюється за допомогою передавального механізму в кутове переміщення стрілки. Чутливим елементом є блок з трьох послідовно з'єднаних анероїдних мембранних коробок, один кінець якого не рухається, а інший з'єднаний (за допомогою шарніра) з жорсткою тягою, а потім з ричагом, який встановлено на проміжній осі приладу. На ричагу закріплено один кінець гнучкого пластинчато-шарнірного ланцюжка, який намотано на ролик, встановлений на осі стрілки прилада. Спеціальна спіральна пружина (волосок), яка зв'язана з віссю, натягує ланцюжок і вибирає ліфт в з'єднаннях механізму. При змінах атмосферного тиску вільний кінець бароблока переміщується і обертає проміжну вісь, яка через натягнутий ланцюжок обертає ролик і вісь зі стрілкою прилада.

Температуру приладу вимірюють за допомогою ртутного термометра. Встановлення стрілки під час регулювання приладу на поділку шкали, яка відповідає величині атмосферного тиску, виконується за допомогою спеціального гвинта крізь отвір в корпусі приладу.

Барометр призначений для роботи в приміщеннях при температурі від -10 до +40 °С.

**Барометр-анероїд М-67 (МД-49-2)** (рис. 13) призначений для вимірювання атмосферного тиску в межах 610... 790 мм рт.ст. з похибкою 0,8 мм.

Чутливим елементом цього приладу є блок анероїдних мембранних коробок. При змінах атмосферного тиску бароблок деформується і за

допомогою передавального механізму обертає центральну вісь разом зі стрілкою, яка розташована над дзеркальною шкалою.

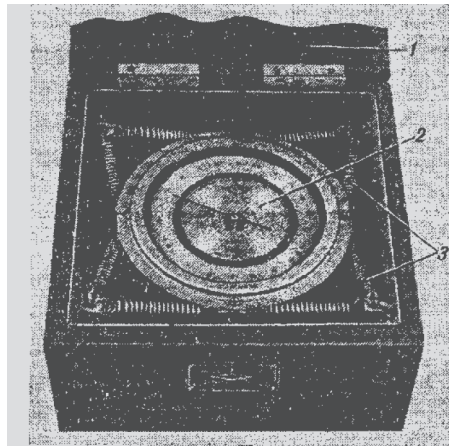


Рис. 13. Барометр-анероїд М-67: 1 – кришка футляра, 2 – анероїд, 3 - амортизатори

Механізм приладу змонтований всередині корпусу, який закріплений у футлярі на пружинних амортизаторах. Для зменшення похибки і підвищення надійності в приладі застосовуються нерухомі струнні осі та мініатюрний пластинчато-шарнірний ланцюжок, а також дзеркальна шкала.

Анероїдні коробки, які використовують у приладі, мають високу надійність і малу величину гістерезису (остаточної деформації).

Барометр можна застосовувати на відкритому повітрі при температурі від  $-40$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Для безперервної реєстрації атмосферного тиску в приземному шарі атмосфери використовують барограф.

**Барограф метеорологічний М-22АН** може виконувати реєстрацію атмосферного тиску в межах  $780\text{...}1060$  гПа, в діапазоні змін  $100$  гПа при температурі повітря  $-10 \text{...} +45^{\circ}\text{C}$ , з похибкою  $1\text{...}2$  гПа.

Барограф наведено на рис. 14. Датчиком тиску (чутливим елементом) є блок барокоробок (позиція 11). Кожна барокоробка складається з двох зварених круглих металевих мембран.

Повітря з коробок відкачується. Атмосферний тиск, що спрямований на сдавнення коробки, врівноважується силою пружної деформації мембран. Зміни тиску порушують рівновагу, і коробки стискаються або розширюються.

Нижня основа блока коробок закріплена на платі приладу за допомогою біметалевого температурного компенсатора. Центр верхньої коробки через передавальну систему зв'язаний з металевою стрілкою.

Термокомпенсатор, який застосовується для запобігання впливу температури на показання приладу, являє собою біметалеву пластинку. Його дія відбувається таким чином. Якщо, наприклад, при незмінному атмосферному тиску температура буде змінюватися, то упругість коробок (мембран) зменшуватися (при підвищенні температури) або збільшуватися (при зниженні температури), а отже, відповідно буде переміщуватися весь бароблок. Але в той же час біметалева пластинка також буде деформуватися (згинатися) у зворотному напрямку приблизно на таку ж величину. У результаті цих взаємно протилежних дій перо не буде переміщуватися по стрічці.

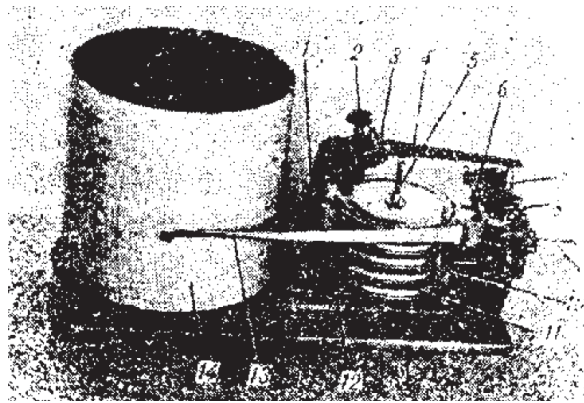


Рис. 14. Барограф М-22А: 1, 3 – кронштейни; 2 – регулюючий гвинт; 4, 6 – важіль; 5, 7 – тяги; 8 – вісь, 9 – кнопка, 10 – аретир, 11 – анероїдні коробки, 12 – плата, 13 – стрілка, 14 – барабан

Зміни атмосферного тиску приводять до зміни довжини стовпчика барокоробок, переміщення його верхнього краю, яке передається на стрілку, на якій розташовано перо. Перо виконує запис на паперовій діаграмній стрічці, яка обернена навколо барабана (14). Всередині барабана розташовано годинниковий механізм, який обертає його. Всю систему змонтовано у пластмасовому корпусі.

Металеve перо заповнюють спеціальними чорнилами для метеорологічних самописців. Розташування пера у вертикальній площині можна змінювати за допомогою гвинта (2). Кнопкою (9) можна зробити відмітку (засічку) на стрічці. Краї стрічки затиснуті на барабані за допомогою плоскої пружини.

Годинниковий механізм розрахований на 180 годин від одного повного заводу; завод виконується за допомогою ключа. Ход барабана можна регулювати через отвір, закритий пробкою.

На стрічці нанесено шкалу, поділки якої відповідають: 2 гПа між горизонтальними лініями і двом годинам – між вертикальними (при спостереженнях на метеорологічних станціях в основному застосовують барографи з одним обертом барабана за 176 годин).

## **5. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ОПАДІВ І СНІЖНОГО ПОКРИВУ**

Надійного методу вимірювання кількості атмосферних опадів у світовій практиці поки не існує. Застосовується в основному один метод, що полягає у вимірюванні товщини шару води, який утворився б на горизонтальній поверхні від опадів, що випали (або снігу, що розтанув) за умови відсутності просочування, стікання і випаровування цих опадів.

### **5.1. Вимірювання кількості опадів**

Для вимірювання кількості рідких і твердих опадів, що випадають на горизонтальну поверхню, застосовують опадоміри.

**Опадомір Третьякова О-1** складається з ємності для збирання опадів, вітрового захисту і мірного стакану. Вітровий захист призначений для зменшення завихрень, що утворюються при вітрі навколо і усередині опадомірної ємності. Завихрення заважають вільному попаданню опадів у ємність, це призводить до погрішності вимірювань (так званий вітровий недооблік опадів).

Кількість опадів, що потрапили в ємність, вимірюють за допомогою спеціального мірного стакану.

У комплект опадоміра (рис. 15) входять два змінні відра (опадозборні ємності), одна кришка до відра, таган для установки відра, планковий захист і два вимірювальні стакани. Відро опадоміра металеве, заввишки 40 см, з приймальним отвором 200 см<sup>2</sup>. Верхній край відра зміцнений жорстким кільцем, що забезпечує збереження форми і площі приймального отвору. Опадомір вміщує 3,8 л води, що відповідає 190 мм опадів (до зливного носика).

Усередині відра впаяно діафрагму. Влітку для зменшення випаровування опадів з відра (ще одна похибка вимірювання) в отвір



діафрагми вставляють воронку з невеликим отвором. Відро має носик для зливу зібраних опадів, який закривається ковпачком. Відро ставлять у таган на виступи його ніжок. Таган кріпиться болтами до стовпа або підставки. Вітровий захист виконаний з 16 (15) трапецієвидних зігнутих за певним профілем планок, підвішених за вушка на металевому кільці, яке за допомогою чотирьох (три) кронштейнів кріпиться разом з таганом до стовпа. Планки розташовані на однаковій відстані одна від одної і скріплені між собою ланцюжками. Таке кріплення дозволяє їм коливатися від поривів вітру. Верхні краї планок мають знаходитися в одній горизонтальній площині з приймальною поверхнею опадоміра.

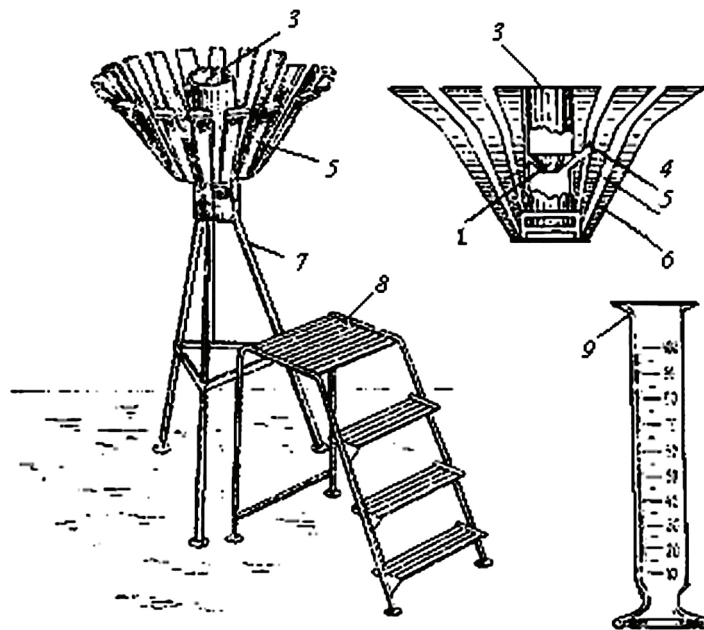


Рис. 15. Опадомір Третьякова: 1 – воронка, 2 – діафрагма, 3 – ведро, 4 – ковпачок, 5 – носик, 6 – планковий захист, 7 – підставка, 8 – дробинка, 9 – вимірювальний стакан

Вимірювальний стакан використовують для вимірювання опадів, що потрапили у відро опадоміра. Його шкала має 100 поділок. Ціна поділки -  $2 \text{ см}^3$ , що при площі приймального отвору  $200 \text{ см}^2$  відповідає  $0,1 \text{ мм}$  шару опадів.

Опадомір встановлюють на метеорологічному майданчику на дерев'яному стовпі або на металевій підставці так, щоб приймальна поверхня знаходилася на висоті 2 м над поверхнею землі. У районах, де висота сніжного покриву буває вищою за 1 м, для установки опадоміра на зимовий період необхідно мати другий стовп на 1 м вище за стовп, використовуваний у

звичайних умовах. При висоті сніжного покриву більше 60 см опадомір слід переставляти на запасний стовп.

Необхідно стежити також за тим, щоб сніг не затримувався на планках захисту опадоміра, що особливо часто трапляється при випаданні мокрого снігу.

Вимірювання кількості зібраних опадоміром опадів (незалежно від того, відмітив спостерігач їх випадання чи ні) проводяться у встановлені терміни (у особливо обумовлених випадках: при сухій погоді або сильних зливах можуть бути винятки з цих правил). У строк спостереження спостерігач приносить з приміщення станції порожнє відро, закрите кришкою (щоб уникнути попадання в нього опадів), і замінює ним відро, що стоїть на тагані опадоміра. Потім із знов встановленого (поки порожнього) відра знімає кришку і закриває нею зняте відро з опадами. Вимірювання зібраних опадів проводиться, як правило, в приміщенні. Через носик відра воду зливають у вимірювальний стакан, встановлений на горизонтальну поверхню (на столі) і по положенню рівня (меніска) води відносно його шкали відлічують число поділок стакана з опадами, округляючи до цілих поділок.

Якщо кількість води менше половини першої поділки стакана або якщо їх в ємності зовсім не виявилось, хоча вони спостерігалися, то кількість опадів вважають за таку, що дорівнює нулю, проте враховують, що опади цього дня були, але в малих кількостях. Якщо рівень води опиниться точно на середині першої поділки, то відзначають одну поділку. Якщо виявиться, що опадів більше 100 поділок, вимірювання слід проводити послідовно, кожного разу записуючи результат. Потім підраховують і записують загальну суму (для контролю в дужках ставлять число вимірювань).

Якщо опади тверді або змішані, то вимірювання проводять тільки після того, як вони повністю розтануть. Прискорювати танення нагрівом відра забороняється — це призводить до похибки внаслідок випаровування частини опадів.

Якщо до моменту передачі даних про опади тверді опади не розтанули, то їх кількість можна визначити шляхом зважування на вагах з точністю 1—2 грам або за допомогою вагів снігоміра. Тому кожне відро має бути задалегідь зважене (і його маса нанесена фарбою на судині), і маса кожного відра періодично перевіряється. Проте після того, як опади розтанули, їх кількість обов'язково вимірюється стаканом опадоміра. Отримані таким чином дані записують у книжку КМ-1. Суму опадів за 12 ч або за добу обчислюють як суму результатів вимірювань за всі терміни спостереження.

При вимірюваннях кількості опадів за допомогою опадоміра ще виникає погрішність за рахунок неврахування змочування відра рідкими опадами (або твердими, що розтанули) і частково випаровування опадів з відра.

Тому до результатів вимірювань до кожного терміну вводять інструментальну поправку: для твердих опадів, що випали кількістю 0,1 мм і більше, поправка + 0,1 мм; для рідких і змішаних опадів до 0,5 поділки — поправка + 0,1 мм; 0,1 мм і більше — поправка + 0,2 мм.

Кількість опадів записують у книжку КМ-1 у відповідний рядок. У першій з трьох граф указують ціле число поділок вимірювального стакана; якщо опадів було менше 0,5 першої поділки, записують 0; якщо при спостереженнях за атмосферними явищами було відмічено випадання опадів, а в опадомірі опадів не виявилось, з судини не вилилося ні краплі, то в першій графі роблять прочерк, а в графі «Примітка» записують «Опадів в судині не виявлено».

У першій же графі через дріб указують кількість опадів у міліметрах (зміряне); у другій - записують поправку на змочування (якщо в першій графі є прочерки або стоять нулі при твердих опадах, то в другій робиться прочерк); у третій — виправлену кількість опадів (у разі прочерку в другій графі кількість позначають як 0,0 мм).

При вимірюванні опадів у декілька прийомів результат кожного вимірювання записують у графі «Примітка», а сумарне значення з урахуванням поправок - у відповідній графі. Підраховують не тільки загальну кількість опадів за місяць, але і суму поправок на змочування (спочатку поправки 0,1 і 0,2 мм).

**Опадомір сумарний.** Для вимірювання кількості опадів у ненаселених і труднодоступних місцях використовують опадоміри, що дають можливість вимірювати суму випавших опадів за великий період — до 12 місяців.

Ці опадоміри мають задовольняти такі вимоги: вони мають бути легкими – щоб забезпечити їх доставку в малодоступні райони (наприклад, гори); міцними і надійними, що дозволить їм працювати значний час без нагляду і без псування у випадках замерзання і танення опадів, що знаходяться в них. Злив має бути зручним.

Опадомір сумарний М-70 (рис.16) призначений для збирання і подальшого вимірювання кількості опадів, що випали протягом тривалого часу. Максимально вимірювана кількість опадів - 1500 мм. Маса приладу - 120 кг.

Опадомір складається з приймального циліндра-труби (площа приймального отвору  $500 \text{ см}^2$ ), пластинкового вітрового захисту, резервуара (водозбірної ємності) і підстави (підставки).

Приймальний циліндр має отвір, що калібрується, через який опади вільно потрапляють в осадкозбірник. Верхня частина приймального циліндра оточена вільно підвішеною до стійок конусоподібним вітровим захистом (верхній її край знаходиться в одній горизонтальній площині з краєм приймального циліндра). Приймальний циліндр закріплений в отворі резервуара на фланці. Резервуар складається з двох частин, що з'єднуються між собою: верхньою - знімною і нижньою - конусоподібною. Підстава опадоміра (підставка) складається з металевих стійок. Верхня частина резервуара має вікно, яке щільно закривається засувкою. Воно служить для витягання опадів при вимірюванні.

Для зберігання зібраних опадів, коли вони знаходяться в рідкому стані, від випаровування в опадомір наливають деяку кількість мінерального масла.

Опадомір встановлюють на підставці так, щоб верхній край його приймальної частини знаходився на висоті 2 м від поверхні ґрунту (снігу).

У встановлені терміни проводять вимірювання опадів. Для цього за допомогою паяльної лампи або костриці підігрівають нижню частину ємності, якщо в ній є тверді опади, до повного їх танення. Якщо є можливість, лід необхідно обережно роздробити, зібрати в яку-небудь ємність і розтопити. Потім відкривають засувку вікна і за допомогою гумового шланга (або гумової груші з довгим наконечником) переливають воду в запасну судину. Потім опади вимірюють за допомогою вимірювальної склянки. Якщо у вимірювальну склянку разом з опадими потрапило масло, його слід видалити. Після вимірювань опадомір готують для збирання опадів до наступного вимірювання. У осадкозбірну ємність наливають масло (замість злитого з опадами) і закривають засувку вікна.

## **5.2. Реєстрація інтенсивності опадів**

Безперервна реєстрація опадів дозволяє визначити їх кількість і інтенсивність за будь-який проміжок часу. Вживаний на мережі плювіограф може реєструвати тільки рідкі опади.

Кількість опадів реєструється з точністю  $\pm 0,1 \text{ мм}$ , а час  $\pm 1 \text{ хв}$  (що при подальшій обробці дає можливість обчислювати інтенсивність опадів до  $0,01 \text{ мм/хв}$  за інтервал  $10 \text{ хв}$ ).

**Плювіограф П-2** (рис. 17) змонтований в металевому кожусі (3) циліндрової форми. Приймачем опадів служить ємність (2) з приймальною площею 500 см<sup>2</sup>. Конусоподібне дно обернене вниз вершиною і має декілька отворів для стоку води. До дна припаяна зливна трубка, яка вставляється у воронку трубки (4), що йде від поплавцевої камери (8), укріпленою гвинтом на платі (10). Усередині камери (8) знаходиться металевий поплавець з вертикальним стрижнем, що виходить через кришку камери і пропущеним через Г-подібний кронштейн (укріплений на кришці). На стрижні за допомогою колодки закріплена стрілка, що закінчується пером (7).

Збоку камери (8) є трубка, в яку за допомогою мідної гільзи вставляється скляний сифон (11) для зливу опадів.

На кришці поплавцевої камери (8) укріплений механізм примусового зливу (5). Він забезпечує початок зливу води строго при певному рівні заповнення камери незалежно від інтенсивності випадання опадів.

На платі (10) укріплена стійка (9) з віссю для годинникового механізму з барабаном (6). На дні кожуха встановлюється ємність (12), в яку через сифон зливаються опади з камери (5).

Опади, що потрапили в ємність (2), стікають по зливній трубці циліндрової ємності й потрапляють у камеру (8). Поплавець, що знаходиться в ній, підіймається. Перо, що підіймається поплавцем, креслить на стрічці, надітій на барабан, криву, кут нахилу якої тим більше, чим інтенсивніше за опади. Коли вода в поплавцевій камері досягне певного рівня, має початися її злив з камери.

Для підвищення надійності зливу в плювіографі П-2 застосовується механізм примусового зливу. В момент досягнення заданого рівня води в поплавцевій камері автоматично починає діяти механізм примусового зливу, ударом занурюючи поплавець і різко цим підвищуючи рівень води в камері, що забезпечує повне заповнення сифона і швидкий злив води з камери.

Плювіограф встановлюють на метеорологічному майданчику на дерев'яному стовпі або металевій підставці з таким розрахунком, щоб верхній край приладу знаходився на висоті 2 м над поверхнею землі. Спочатку встановлюють корпус (кожух) з приймачем опадів. Верхній край приймача опадів має бути в суворо горизонтальному положенні. Корпус зміцнюють за допомогою трьох дротяних відтяжок.

Збірку реєструючої частини приладу треба проводити в такій послідовності:

1. Встановити поплавцеву камеру так, щоб воронка трубки (4) знаходилася точно під нижнім кінцем зливної трубки приймальної ємності, і за допомогою спеціального гвинта знизу дуже міцно пригвинтити її до плати.

2. Підготувати до роботи механізм примусового зливу.

3. Вставити сифонну трубку в бічну трубку поплавцевої камери так, щоб металева гільза сифона щільно увійшла до трубки, а наполеглива муфта сифона дійшла до гайки трубки, і затиснути це гайкою з кільцевою гумовою прокладкою.

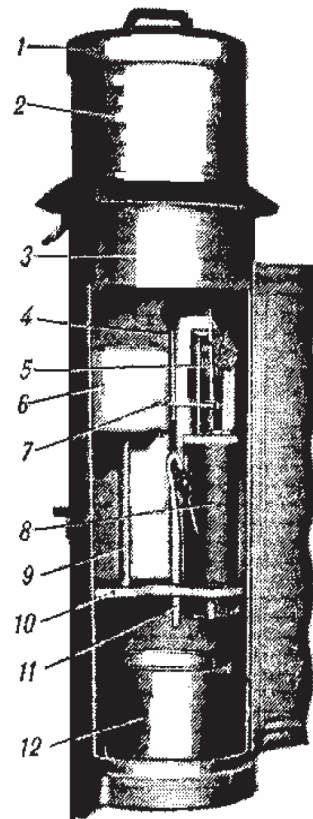
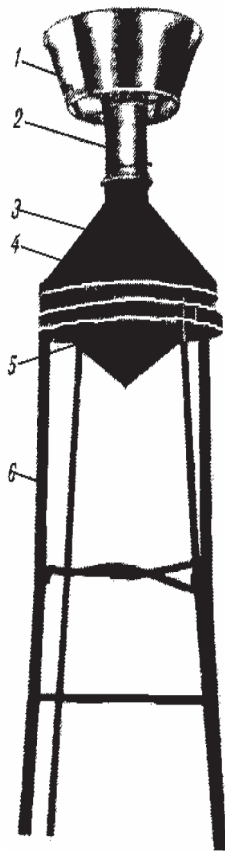


Рис. 16. Опадомір сумарний: 1 – вітровий захист, 2 – труба, 3 – вікно з засувом, 4 і 5 – верхня і нижня частини водозбірної ємності, 6 – підставка

Рис. 17. Плювіограф: 1 – кришка, 2 – приймальна ємність, 3 – кожух, 4 – труба з воронкою, 5 – механізм примусового зливу, 6 – барабан годинникового механізму, 7 – перо, 8 – поплавцева камера, 9 – стійка, 10 – плата, 11 – сифон, 12 – водозбірна ємність

4. Надіти стрічку на барабан годинникового механізму, завести механізм і встановити його на годинну вісь. При установці механізму на вісь дотримуватися обережності у момент зчеплення провідної трубки із зубчатим колесом. Наповнити перо чорнилом і присунути за допомогою аретира стрілку з пером до стрічки.

Надійність роботи реєструючого пристрою плевіографа перевіряється регулярно. Для цього в приймальну ємність наливають чисту воду і роблять штучний злив через сифон. Після зливу перо має опуститися до нульової поділки на стрічці з точністю  $\pm 0,5$  поділки (тобто 0,1 мм опадів). Відхилення стрілки від нульової поділки більш ніж на 0,5 поділки усувають переміщенням стрілки по осі поплавця. Потім поволі наливають воду в приймальну ємність (у об'ємі 100 поділок вимірювальної склянки) і стежать за рухом пера. Якщо стрижень поплавця не рухається плавно (дуже третється в отворі кришки поплавцевої камери або Г-подібного кронштейна), слід перевірити, чи знаходиться стійка кронштейна в суворо вертикальному положенні, а також очистити направляючу отвора і стрижень від забруднення. При підході пера до верхньої поділки стрічки воду ллють краплями.

При збігу пера з 50-ю поділкою стрічки (що відповідає 10 мм опадів) має спрацювати механізм примусового зливу.

Якщо злив відбувається при положенні пера нижче або вище за 50-у поділку, слід змінити положення наполегливого гвинта, що обмежує норму заповнення поплавцевої камери.

Якщо вода через сифон не зливається повністю, то в цьому випадку або сифон забруднений, або в нього потрапило повітря. Потрапити в сифон повітря може тоді, якщо мідна гільза недостатньо щільно входить у бічну трубку або між гільзою і скляною трубкою сифона є зазор. Щоб гільза щільно трималася в бічній трубці, треба замінити покладену під затискаючу гайку гумову чи шкіряну прокладку. Зазори між гільзою і скляною трубкою заливають сургучем або іншою мастикою, що твердіє.

Якщо сифон забруднений, його потрібно вийняти з поплавцевої камери, промити мильною, а потім чистою водою.

Злив справно працюючого плевіографа має продовжуватися приблизно 17... 20 с, при цьому перо мусить прокреслювати на стрічці вертикальну лінію (паралельну годинним лініям).

Відхилення лінії зливу убік може бути викликане:

— забрудненням або неправильним вигином трубки сифона;

- неправильним накладенням стрічки;
- невертикальним положенням осі барабана або підтримуючої його стійки.

Для усунення нахилу необхідно ослабити гвинт, що кріпить поплавцеву камеру, підкласти з одного боку тонку металеву пластинку і закріпити гвинт.

Якщо перо при тривалій відсутності опадів починає опускатися нижче за нульову лінію, в приймальну ємність слід підлити невелику кількість води.

Якщо після закінчення дощу перо не дійшло до лінії, позначеної числом 10 (але знаходиться не нижче за лінію, оцифровану 7), тобто природного зливу не відбулося, то в найближчий термін спостережень (не чекаючи терміну зміни стрічки) слід зробити штучний злив. Для цього треба поволі доливати воду з вимірювальної склянки в приймальну ємність доти, поки не почне діяти сифон. Після зливу на лицьовій стороні стрічки певного дня записують кількість долитої води і час зливу. При штучному зливі перо стрічки не відводиться.

### **5.3. Огляд і перевірка приладів в умовах станції**

Верхній край відра опадоміра Третьякова має бути на висоті  $200 \pm 5$  см над поверхнею землі. Приймальна поверхня опадомірної ємності та верхнього краю вітрового захисту повинні знаходитися в одній горизонтальній площині.

Це перевіряється шляхом накладення на верхній край ємності захисту рівня в двох взаємно перпендикулярних напрямках (можна також накласти зверху на опадомір снігомірну рейку і перевірити по схилу; нитка мусить бути перпендикулярною до рейки й збігатися з бічним краєм ємності). Допускається розташування верхнього краю нижче за край захисту не більше ніж на 1 см.

Необхідно регулярно відновлювати частини планкового захисту (заміна металевих колечок, що скріпляють планки, правильність вигину верхніх частин планок); уважно оглядати опадомірні ємності (розмір і форму приймальної частини не слід міняти, ковпачки скріпляють ланцюжком).

Крім того, їх перевіряють на протікання: ємність з наливою в ній водою (її рівень має доходити майже до краю носика) на деякий час ставлять на газету. Якщо виявлено протікання, то це місце слід добре запаяти.

У пловіографа горизонтальність приймача перевіряється так само, як і у опадоміра.



Не рідше за два рази на місяць необхідно перевіряти роботу механізму примусового зливу, якщо механізм примусового зливу вимагає періодичного підзаводу. Підзавод проводять після кожного дощу, що викликав природний злив.

Догляд за пером і годинниковим механізмом плювіографа такий самий, як і для інших самописців. Годинниковий механізм слід заводити двічі на тиждень під час зміни стрічок.

На період з температурою повітря нижче 0°C плювіограф знімають, піддають консервації й зберігають в приміщенні станції.

#### **5.4. Спостереження за сніговим покривом**

Ці спостереження включають: вимірювання висоти снігового покриву, щільності снігу; визначення запасу води, що міститься в ньому, ступеня покриття в околиці станції поверхні ґрунту снігом, характеру залягання і структури снігового покриву, стану поверхні ґрунту під снігом.

Висоту снігового покриву вимірюють за допомогою снігомірних рейок, щільність снігу — снігоміром, запас води в снігу обчислюють або вимірюють за допомогою спеціальних приладів. Решта спостережень проводиться візуально.

Розрізняють такі основні види спостережень за сніговим покривом: щоденні, ландшафтно-маршрутні снігомірні та спеціальні снігомірні зйомки.

Щоденні спостереження за сніговим покривом ведуться з моменту його утворення до моменту повного зникнення. Ступінь покриття сніговим покривом поверхні землі, характер його залягання і структуру снігу визначають візуально шляхом огляду околиці станції з одного і того ж піднесеного місця поблизу метеорологічного майданчика.

Ступінь покриття оцінюється за 10-бальною шкалою (0,1 видимій околиці приймається такою, що дорівнює одному балу).

У період, коли снігом покрито більше половини видимої околиці, щодня оцінюють характер залягання снігового покриву: рівномірний без заметів, нерівномірний (невеликі замети), дуже нерівномірний (великі замети), а також стан поверхні ґрунту: замерзла, тала, стан не відомий.

При визначенні структури снігу виявляється 10 характеристик (видів) свіжого і старого снігу, а також насту (кірок).

Результати спостережень заносять у відповідні графи книжки КМ -1. Ступінь покриття околиці визначається в балах (від 0 до 10). Структуру і характер залягання снігового покриву вписують словами і цифрами коду КН-01. Якщо сніговий покрив відсутній, цю графу не заповнюють.

Висота покриву вимірюється щодня за допомогою трьох постійних снігомірних рейок, встановлених у середині майданчика у вершинах трикутника зі сторонами близько 10 м.

**Стаціонарна снігомірна рейка М-103** — гладко обструганий брусок, виготовлений із сухого дерева, завдовжки 180 см (або 130 см), перетином 6 × 2,5 см, з ціною поділки 1 см і оцифруванням через 10 см. Рейка пофарбована білою масляною або емалевою фарбою і на лицьовій стороні має шкалу, визначену в сантиметрах. Поділки шкали рейки (через одну) пофарбовані чорною фарбою.

У районах, де висота снігового покриву сягає 2—3 м, рейки необхідно нарощувати у бік збільшення висоти. Постійні снігомірні рейки встановлюють восени до утворення снігового покриву. У місці встановлення рейки в землю забивають дерев'яний загострений (або металевий) брусок завдовжки 40...60 см, на якому є сходинка. До бруска пригвинчують (прикріплюють) стандартну снігомірну рейку. При установці нульова поділка рейки має поєднуватися з поверхнею ґрунту. Відліки за рейкою починають робити з однієї й тієї ж точки, знаходячись на відстані 3 - 5 кроків, для того, щоб не порушувати стан снігового покриву біля рейки.

При вимірюванні слід враховувати, що під впливом вітру біля самої рейки часто утворюється поглиблення в снігу, тому при відліку слід нахилитися якомога ближче до поверхні снігового покриву.

Відліки роблять з точністю до 1 см. Дані по кожній рейці записують у книжку КМ - 1. Висоту снігового покриву обчислюють як середню з відліків з трьох рейок.

Снігомірні зйомки проводяться на основних елементах ландшафту: поле, ліс і балка (яр, балка).

Первинний маршрут снігомірних зйомок визначається спільно з фахівцем ГМЦ (ЦГМ), а при заміні ділянки — самим начальником станції. Усі ділянки мають бути віддалені від станції не більше ніж на 5 км.

На всіх ділянках для визначення щільності снігу в кожній із точок береться тільки одна проба; перше визначення щільності проводиться при

першому вимірюванні висоти снігового покриву; при висоті снігового покриву менше 5 см щільність не визначається.

Довжина польового маршруту становить 2000 або 1000 м.

Маршрут довжиною 2000 м встановлюється в лісостепових районах з рельєфом, покритим горбами, а також за наявності великих відкритих ділянок. На такому маршруті висота снігового покриву вимірюється через кожні 20 м, а щільність снігу — через 200 м (всього 100 вимірювань висоти і 10 визначень щільності). У лісових районах і в районах з рівним рельєфом (на полях серед лісів) встановлюють довжину маршруту 1000 м.

У тому випадку, якщо працівники станції (за програмою агрометеорологічних спостережень) виконують снігомірні зйомки на полі із зимуючою культурою, а польовий маршрут встановлений для неї в 2000 м, то снігозйомки проводяться на двох маршрутах (довжина кожної 1000 м): один з маршрутів є постійним, а другий щорічно прокладається на полі із зимуючою культурою.

На постійному маршруті завдовжки 1000 м висоту снігового покриву вимірюють через кожні 20 м, а щільність — через 100 м (всього 50 вимірювань висоти і 10 визначень щільності). У разі снігомірних зйомок на полі із зимуючою культурою висота снігового покриву вимірюється через кожні 10 м, а щільність — через 100 м (всього 100 вимірювань висоти і 10 визначень щільності).

У лісі довжина маршруту дорівнює 500 м. Вимірювання висоти тут проводяться через кожні 10 м, а щільність — через 100 м (всього 50 вимірювань висоти і 5 визначень щільності).

У балках (ярах, улоговинах) снігозйомки проводяться тільки за спеціальним завданням. При цьому висоту снігового покриву вимірюють по 2 - 5 поперечникам загальною довжиною не менше 500 м. При ширині балки менше 100 м відстань між поперечниками має дорівнювати 100 м. У ширших ярах відстань між поперечниками має бути не менше його ширини.

Висота снігового покриву від бровки до бровки (вимірювання слід починати не доходячи 10 м до бровки і закінчувати його в 10 м за бровкою) вимірюється через 5 м. При ширині яру більше 200 м висота снігового покриву вимірюється через кожних 10 м. Щільність снігового покриву в балках (ярах, балках) не визначається.

Польові снігомірні маршрути слід прокладати по характерному для навколишньої місцевості рельєфу. При виборі маршруту на полі із зимуючою

культурою треба також намагатися, щоб маршрут перетинав типові для поля форми рельєфу. Якщо частина маршруту не є характерною для навколишньої місцевості, то її виключають з вимірювань. У цьому випадку довжина постійного маршруту відповідно збільшується.

Необхідно прагнути до того, щоб снігомірний маршрут був прямим. У виняткових випадках допускається прокладати маршрут у вигляді ламаної лінії з тупими кутами. Польові снігомірні маршрути повинні бути на відстані не менше 0,5 км від ліній залізниць і околиць населених пунктів з промисловими об'єктами. Прокладення снігомірного маршруту по льоду озер, річок та інших водоймищ, а також на місцевості, недоступній в періоди весняної повені, і на полі аеродрому не визначається.

Лісові маршрути в районах з великими лісовими масивами мають починатися в лісі на відстані не менше 100 м від краю лісу (чагарника) і йти вглиб лісу. Маршрути слід прокладати у вигляді прямої або ламаної лінії по найбільш характерній для цього району ділянці лісу. При малих розмірах лісової ділянки прокладаються дві лінії загальною довжиною 500 м. Обидві проходять у лісі: перша — на відстані не менше 100 м від межі з полем, друга — паралельно першій, глибше в ліс, в 25 — 50 м від неї.

Лісові маршрути можна прокладати не тільки в природному лісі, але й серед штучних деревних насаджень (великий фруктовий сад або парк).

Балка (яр), що вибрана для снігомірних зйомок, має бути типовою для цього району, шириною більше 30 м, але менше 400 м.

Снігомірні маршрути мають бути закріплені на місцевості позначками (віхами, стовпами, металевими трубами, зарубками на окремих деревах), а також мати окомірну зйомку і описи маршрутів і околиць у радіусі 5 км.

Снігомірні зйомки в полі та лісі починають проводити з моменту, коли снігом покрито 60 відсотків і більш видимої околиці, і припиняють, коли снігом покрито менше половини ділянки (видимої околиці), а в балках — з початку сніготанення.

Якщо в день, призначений для проведення снігозйомки, спостерігаються дуже сильний снігопад, густий туман або дуже низька температура у поєднанні з сильним вітром, то снігозйомки переносяться на наступний день.

Снігозйомку починають рано вранці для того, щоб взимку встигнути закінчити її до наставання темряви, а навесні — до початку інтенсивного танення снігу вдень.

Терміни проведення (кількість, дати) снігозйомок встановлюються індивідуально для кожної станції (поста). Зазвичай на станціях вони проводяться щодаки, а в період максимуму снігозапасів і сніготанення — один раз у 5 днів.

При маршрутних зйомках для вимірювання висоти снігового покриву використовують переносну снігомірну рейку М-104. Вона є дерев'яним брусом завдовжки 180 см, перетином  $4 \times 2$  см, зі шкалою з ціною поділки 1 см і оцифруванням через 10 см. На її нижньому кінці є залізний наконечник, нижній загострений край якого збігається з нулем шкали. Переносні рейки виготовляють також з дюралевих трубок.

Для визначення висоти снігового покриву переносну рейку занурюють загостреним кінцем вертикально в сніг, при цьому вона повинна дійти до поверхні ґрунту, але не заглиблюватися в неї (не слід також пробивати крижану кірку, що покриває ґрунт).

Щільність снігового покриву вимірюють снігомірами.

**Похідний ваговий снігомір ВС-43** (рис. 18) складається з снігозабірника, вагів і лопатки.

Снігозабірник має металевий циліндр, який з одного кінця закривається кришкою (10), а з іншого закінчується кільцевим потовщенням (7) з пилкоподібною ріжучою кромкою. Уздовж циліндра нанесено шкалу з поділками від нуля, який збігається з ріжучою кромкою кільця (7), до 50 див. Висота циліндра - 60 см, площа його внутрішнього поперечного перетину -  $50 \text{ см}^2$ . На циліндрі знаходиться кільце, що вільно пересувається (8) з дужкою (6), за яку заборник підвішується до вагів.

Ваги складаються з рейки коромисла (1) зі шкалою, ціна поділки якої 5 р. До рейки прикріплено дві призми. Одна призма ребром спирається на підвіс (4), що має кільце, за яке утримують ваги при зважуванні. Снігозабірник підвішують до крюка (5), що спирається на другу призму. Для урівноваження вагів служить той тягарець (2), що вільно пересувається по рейці (1), через отвір якого видно шкалу.

На нижній скошеній кромці отвору є риски, які є показчиком для відліку за шкалою вагів при їх урівноваженні. Рівновага вагів визначається за збігом стрілки (3), укріпленої на рейці (1), з вершиною вузької верхньої частини віконця підвісу (4).

Нульове положення вагів контролюють, врівноважуючи їх снігозабірником з порожнім циліндром.

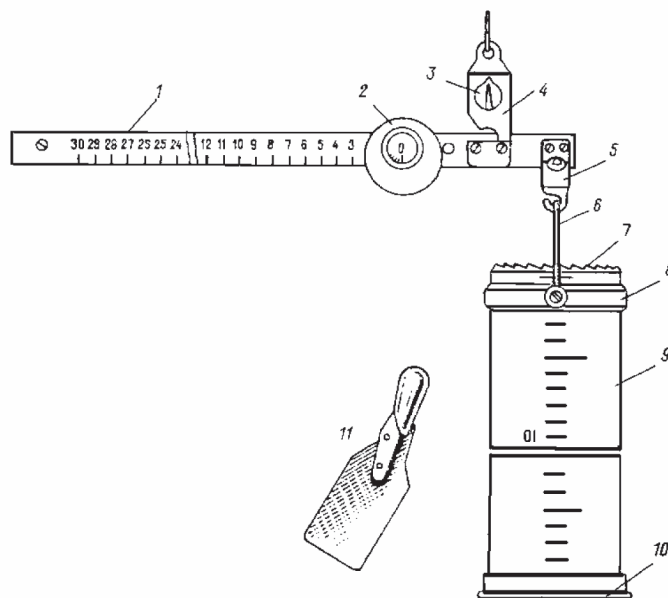


Рис. 18. Снігомір ваговий: 1 – рейка коромисла, 2 – пересуваний тягарець, 3 – стрілка, 4 – підвіс, 5 – крюк, 6 – дужка, 7 – потовщення з кромкою, що ріже, 8 – пересувне кільце, 9 – циліндр, 10 – кришка, 11 – лопатка

Вимірювання на маршруті за допомогою снігоміра проводять у такій послідовності. Перевіряють показання вагів при зважуванні порожнього снігозабірника (ці показання із зворотним знаком беруть за поправку при подальшому зважуванні). Знімають снігозабірник і прямовисно занурюють його ріжучою кромкою в сніг до зіткнення його нижнього краю з поверхнею ґрунту. Відлічують висоту снігового покриву за шкалою циліндра.

Лопаткою (11) зчищають сніг з одного боку забірника, акуратно підсовують її під його ріжучий край так, щоб увесь сніг, що знаходиться в циліндрі, залишився там. Не торкаючись лопатки, виймають забірник і перевертають його кромкою догори.

Очищують забірник від снігу, що прилип зовні, підвішують його до крюка вагів (ставши спиною до вітру) і, тримаючи в руці ваги за кільце, зважують забірник зі снігом, для чого врівноважують циліндр зі снігом і відлічують поділки шкали вагів. Результат записують.

У тих випадках, коли сніговий покрив вище 60 см, весь стовп снігу вирізують послідовно в декілька прийомів.

Якщо на ґрунті є вода або сніг, насичений водою, то циліндр снігоміра не повинен захоплювати цей шар. Пробу не беруть, якщо висота снігового покриву менше 5 см у радіусі 5 м від чергової точки, або в цьому місці є тільки сніг, насичений водою, тільки тала вода або тільки крижана притерта корка (або все це разом).

Після взяття проби снігоміром (до її зважування) у цій же точці вимірюють товщину шару талої води, снігу, насиченого водою, притертої крижаної корки. Перші два види визначення можна робити снігомірною рейкою або лопаткою снігоміра (з точністю до 1 см), а товщину крижаної корки вимірюють (після того, як вона пробита рейкою або зубилом) лінійкою (з точністю до 1 мм).

Стан ґрунту під сніговим покривом (талиий, мерзлий) оцінюють візуально в кожній точці визначення щільності. Характер залягання снігового покриву на маршруті та характер самого снігу оцінюють візуально і записують словами і в цифрах коду КН-01.

З другої половини зими, за спеціальною рекомендацією ГМЦ (ЦГМ), кількість точок вимірювання товщини крижаної корки може бути збільшена ще на 10 (всього 20 вимірювань, через 50 або 100 м).

Дані спостережень за сніговим покривом під час снігозйомок записують у книжку КМ-5. Значення висоти снігового покриву записують у книжку, кожне в окремій клітинці, з точністю до 1 см.

При кожному вимірюванні щільності снігу записують значення, отримані за шкалою циліндра і по лінійці вагів.

Щільність снігу  $g$  обчислюється шляхом ділення маси проби на її об'єм:

$$g = \frac{5m}{50h} = \frac{m}{10h},$$

де  $m$  — відлік по лінійці вагів,  $h$  — відлік за шкалою циліндра.

Ділення проводять до третього знаку, а результат округляють до сотих долей. На практиці щільність снігу визначають за допоміжною таблицею.

За наявності крижаної кірки, талої води, снігу, насиченого водою, результати вимірювань товщини записують у відповідні графи того рядка, де внесені результати вимірювання щільності снігу.

Результати спостережень на полі із зимуючою культурою записують у книжку КСХ-2.

За наслідками снігозйомок обчислюють: середню висоту снігового покриву (без крижаної корки і з урахуванням її); середню товщину крижаної корки; середню щільність снігу; запас води в міліметрах окремо в снігу, крижаній корці, в шарі талої води і в шарі насиченого водою снігу; загальний запас води в сніговому покриві в міліметрах; ступінь покриття маршруту снігом; то ж — крижаною коркою. Із запису вибирають найбільшу і найменшу висоту снігового покриву з надбавкою середньої товщини крижаної корки.

Для отримання середньої висоти снігового покриву і середньої товщини крижаної корки на маршруті треба суму всіх відповідних висот і товщини розділити на загальне число відповідних вимірювань. Середня щільність снігу обчислюється шляхом ділення суми щільності на число її вимірювань.

Запас води окремо в снігу обчислюють, враховуючи середню висоту та середню щільність снігу на маршруті. Результат переводять у міліметри, помножуючи його на 10. Запас води в снігу дорівнює  $10hg$ , де  $h$  — висота снігового покриву в сантиметрах, але за врахуванням суми середньої товщини шарів снігу, насиченого водою, і талої води (за вимірюванням у точках визначення щільності снігового покриву), а  $g$  — щільність снігу в  $г/см^3$ . Для обчислень необхідно користуватися допоміжною таблицею.

Запас води в крижаній корці обчислюється шляхом помноження середньої товщини крижаної корки в міліметрах на щільність крижаної корки, яка дорівнює  $0,8 г/см^3$ .

Щільність снігу, насиченого водою, і снігу, що тане (кашоподібної маси), також становить  $0,8$ , щільність чистої води (на ґрунті) —  $1,0 г/см^3$ .

Для обчислення в міліметрах запасу води в снігу, насиченому водою, середня товщина помножується спочатку на 10, а потім на  $0,8$ , а в шарі талої води — на  $1,0$ .

Загальний запас води в сніговому покриві (в міліметрах) визначають як суму запасів води в снігу, в крижаній корці, шарах снігу, насиченого водою, а також води, що є на ґрунті.

Результати снігомірної зйомки на постійному польовому маршруті й спостережень по маршруту на полі із зимуючою культурою обробляються окремо. За наслідками запису в книжці КСХ-2 також проводяться спеціальні обчислення (для тих та інших цілей).

Ступінь покриття маршруту снігом обчислюється діленням числа точок із заміряною висотою снігового покриву на загальне число точок на маршруті



(виражається в балах). Ступінь покриття маршруту крижаною коркою обчислюється аналогічно (за числом точок, в яких її вимірюють).

Середню висоту снігового покриву в балці (яру) одержують як результат від ділення сум висот снігового покриву на всіх точках вимірювання на число всіх вимірювань. Запас води в снігу (в міліметрах) визначають множенням середньої висоти снігового покриву, виміряної в балці (яру), на середню щільність снігу, взяту з даних вимірювань на польовому маршруті, та на 10.

Прилади для снігомірних спостережень слід систематично оглядати.

На снігомірних рейках (постійних і переносних) поділки мають бути чіткими. Поділки можна відновлювати чорною масляною фарбою (на постійних рейках — тільки перед їх встановленням на зиму).

Якщо на рейках немає заводського клейма, то поділки мають бути перевірені сталеву рулеткою (допустиме відхилення  $\pm 3$  мм на 180 см).

Зношеність металевого наконечника нульової поділки переносної рейки не повинна перевищувати 3 мм.

При великому терті в призмах вагів вагового снігоміру слід злегка відігнути бічні пластинки підвісу крюка.

Треба перевірити міцність кріплення «доважка» для підгонки маси порожнього циліндра до нульової поділки лінійки вагів. При вимірюванні маси порожнього циліндра неточність не повинна перевищувати  $\pm 0,1$  від нульової поділки лінійки.

## **Бібліографічний список**

Городецкий О.А. Метеорология, методы и технические средства наблюдений / О.А. Городецкий, И. И. Гуральник, В.В. Ларин. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 333 с.

Метеорологія і кліматологія: навч. посіб. / В.М. Кобрін, В.В. Вамболь, В.Л. Клеєвська, Л.Б. Яковлев.– Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2006. – 75 с.

Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов / С.П. Хромов. – Л.: Гидрометеоздат, 1964. – 500 с.

## ЗМІСТ

1. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРИЗЕМНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ.....	3
1.1. Основні вимоги до метеорологічних спостережень.....	3
1.2. Види даних, обсяг і терміни метеорологічних спостережень.....	4
1.3. Вимоги до місця проведення спостережень.....	5
2. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ҐРУНТУ І ПОВІТРЯ.....	6
2.1. Скляні рідинні термометри.....	7
2.2. Деформаційні термометри.....	11
2.3. Установка приладів, виконання вимірювань, запис даних.....	13
3. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ І ХМАРНОСТІ.....	15
3.1. Методи і засоби вимірювання вологості повітря.....	15
3.2. Спостереження за хмарністю.....	21
4. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ.....	24
4.1. Барометри ртутні.....	24
4.2. Барометри деформаційні.....	28
5. МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПАДІВ.....	32
5.1. Вимірювання кількості опадів.....	32
5.2. Реєстрація інтенсивності опадів.....	36
5.3. Огляд і перевірка приладів в умовах станції.....	40
5.4. Спостереження за сніговим покривом.....	41
Бібліографічний список.....	50

Клеєвська Валерія Леонідівна  
Поліщук Олена Олексіївна

## **ПРИЗЕМНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

### **Частина 1**

Редактор Є.О. Александрова

Зв. план, 2010

Підписано до друку 29.04.2010

Формат 60×84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум.друк. арк. 2,9. Обл.-вид. арк. 3,25. Наклад 100 прим. Замовлення 139.

---

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків – 70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків – 70, вул. Чкалова, 17

[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)