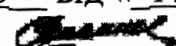
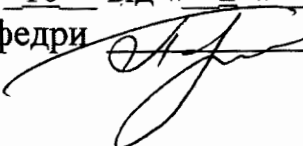


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ


МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
Для виконання лабораторних робіт
з навчальної дисциплін «Методи та засоби гідрометеорологічних
вимірювань»
для студентів денної та заочної форми навчання.
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Частина перша.
(Лабораторні роботи №1-3)

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 10 від « 17 » червня 2022р.
Голова групи  Шакірманова Ж.Р.

Затверджено
на засіданні кафедри АСМНСІ
Протокол № 10 від « 2 » травня 2022р.
Завідувач кафедри  Перелигін Б.В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
Для виконання лабораторних робіт
з навчальної дисциплін «Методи та засоби гідрометеорологічних
вимірювань»
для студентів денної та заочної форми навчання.
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Частина перша.
(Лабораторні роботи №1-3)

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 10 від «17» червня 2022р.
Голова групи  Шакірзанова Ж.Р.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Методи та засоби гідрометеорологічних вимірювань», частина перша, для студентів першого року навчання денної та заочної форм за спеціальністю «103 Науки про Землю», рівень вищої освіти – бакалавр. Доцент кафедри АСМНСІ Лавріненко Юліан Володимирович - Одеса, ОДЕКУ, 2022.

Зміст

	Стр.
Передмова	4
Лабораторна робота № 1	
„ Вимірювання атмосферного тиску ”	5
Лабораторна робота № 2	
„ Вимірювання швидкості та напрямку вітру ”	24
Лабораторна робота № 3 А	
„ Вимірювання висоти нижньої межі хмар світлолокаційним методом»	40
Лабораторна робота № 3 Б	
„ Дослідження чашкового опадоміра ”	47
Додаток до лабораторної роботи № 1.	52
Таблиця А1 - Приведення показань барометра до нормальної сили тяжіння	53
Таблиця А2 - Приведення показань барометра до температури 0°	57

Передмова

Прилади для проведення вимірювань гідрометеорологічних параметрів безперервно вдосконалюються, тому виникає необхідність періодично переробляти навчально-методичні матеріали з метою приведення їх у відповідність до нових вимог. Це і є метою написання цього методичного посібника.

Методичні вказівки з виконання лабораторних робіт з дисципліни «Методи та засоби гідрометеорологічних вимірювань, частина 1» містить:

- короткий виклад основних теоретичних положень питань, що розглядаються;
- опис конструкції лабораторних установок та принципів їх дії;
- правила безпеки під час виконання досліджень;
- методику проведення вимірів;
- рекомендований зміст індивідуального звіту про виконану роботу;
- перелік питань для самоперевірки студентами під час їх підготовки до заняття;
- список використаної літератури.

Використання методичних вказівок передбачається як і при підготовці до заняття, так і у процесі виконання і оформлення індивідуального звіту.

Згідно до силлабуса оцінки за виконання лабораторних робіт приведені в таблиці П1.

Таблиця П1. Оцінки за виконання лабораторних робіт першою частиною

Лабораторні роботи	Кількість балів	
	Максимальна	Залікова
Лабораторна робота № 1 “ Вимірювання атмосферного тиску ”	6	4
Лабораторна робота № 2 „ Вимірювання швидкості та напрямку вітру ”	8	6
Лабораторна робота № 3 А „ Вимірювання висоти нижньої межі хмар світлолокаційним методом	4	3
Лабораторна робота № 3 Б „ Дослідження чашкового опадоміра ”	4	3

Методичні вказівки містять: 65 сторінок тексту, 18 рисунків і креслень.

Лабораторна робота № 1

„ Вимірювання атмосферного тиску ”

Мета роботи – провести вимірювання атмосферного тиску барометрами різного типу: чашковим станційним барометром з компенсованою шкалою і барометром-анероїдом, порівняти отримані результати.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. Після проведення лабораторної роботи студент повинен:

знати:

- одиниці тиску в системі СІ
- будову станційного чашкового барометра з компенсованою шкалою;
- принцип побудови компенсованої шкали барометра;
- похибки вимірювання атмосферного тиску ртутних барометрів, поправки до їхніх показань;
- будову барометра-анероїда;
- обчислення результатів вимірювань атмосферного тиску;

вміти:

- вираховувати температуру по термометру з точністю до десятих часток градуса;
- вираховувати показання барометра і анероїда;
- виявляти грубі прорахунки у вимірюванні.

Основні теоретичні відомості

Атмосферним тиском називають гідростатичний тиск, що створюється атмосферним повітрям на всі предмети, які знаходяться в ньому. Припущення про наявність атмосферного тиску було зроблено в першій половині XVII ст. Галілеєм і експериментально підтверджено Торрічеллі. Атмосферний тиск в будь-якій точці атмосфери визначається масою вертикального стовпа вище лежачого повітря, яке простирається до меж атмосфери. Кожний шар атмосфери зазнає тиску вище лежачих шарів і в свою чергу тисне на нижче лежачі. Тиск з висотою убуває; на висоті 5000 м він приблизно в два рази менше, ніж на рівні моря. Для порівняння результату систематичних вимірювань тиску на всіх метеорологічних станціях приводяться до тиску на рівні моря. Залежність атмосферного тиску від висоти виражена формулою Лапласа. Для приведення тиску до рівня моря на станціях користуються таблицями, обчисленими за спрощеною формулою

$$p_o = p_z \frac{15982 + z(1 + \alpha t)}{15982 - z(1 + \alpha t)}, \quad (1)$$

де p_o і p_z - відповідно тиск, обчислений на рівні моря і виміряний на висоті z ;

α - температурний коефіцієнт об'ємного розширення повітря;

$t = \frac{t_o + t_z}{2}$ - середня температура повітря;

t_o і t_z - відповідно температура повітря обчислена для рівня моря і виміряна на станції на висоті z .

Виходячи з середнього градієнта температури - $0,6^\circ\text{C}$ на м^{-1} на 100 м висоти $t_o = t_z + 6 \cdot 10^{-3} z$.

В деяких випадках результати вимірювання атмосферного тиску використовуються безпосередньо, без приведення до рівня моря, наприклад, при баронівелюванні, або приводяться до висоти певного пункту, наприклад, до старту злітно-посадкової смуги (ВПС) аеродрому.

Крім абсолютного значення атмосферного тиску на метеорологічних станціях визначають значення і **характер баричної тенденції**. Значення тенденції визначають за зміною тиску за три години між строками спостережень, а її характер – по виду кривої реєстрації або за результатами частіших вимірювань тиску. Значення і характеристика баричної тенденції використовуються при прогнозуванні атмосферних процесів.

Одиницею тиску в системі СІ є Паскаль (Па), проте до цього часу в метеорології та деяких інших областях широко використовуються одиниці тиску мілібар і міліметр ртутного стовпа (мбар, мм рт.ст.).

Співвідношення цих одиниць:

- $1 \text{ Па} = 10^{-2} \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм рт.ст.};$
- $1 \text{ мбар} = 10^2 \text{ Па} = 0,75 \text{ мм рт.ст.};$
- $1 \text{ мм рт.ст.} = 133,3224 \text{ Па} = 1,3332 \text{ мбар}.$

Атмосферний тиск в горизонтальному напрямку розподіляється нерівномірно; характер цього розподілу безперервно змінюється. В кожній точці тиск зазнає також відносно невеликі періодичні коливання. Але аперіодичні коливання досить великі. Так, на рівні моря тиск може коливатися в межах від 885 до 1080 мбар (885 – 1080 гПа).

Будова та принцип дії ртутного барометру

Якщо скляну трубку довжиною приблизно 90 см, запаяну з одного кінця, заповнити ртуттю, потім, перекривши отвір, перекинути і заглибити

незапашним кінцем в ртуть, налиту в чашку, то після відкриття отвору трубки ртуть з неї витече в чашку тільки частково. В трубці залишиться стовп ртуті висотою H .

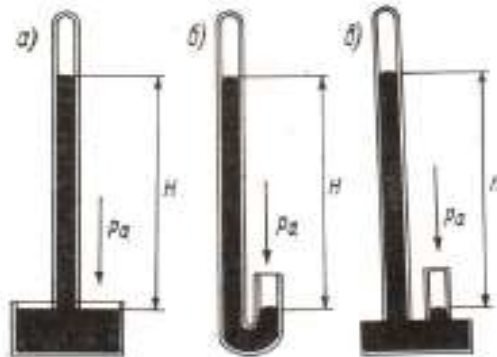


Рисунок 1 - Типи ртутних барометрів:
 а) чашковий; б) сифонний; в) сифонно-чашковий

Очевидно, що тиск цього стовпа ртуті (припускається, що трубка вертикальна) і тиск повітря P , що залишилося всередині трубки, урівноважують атмосферний тиск P_a , який тисне на поверхню ртуті в чашці. Якщо трубка в достатній мірі вакуумована ($P_a \leq 10^{-2}$ мбар), то тиск, надаваний ртутним стовпом висотою H , дорівнює атмосферному:

$$H\rho g = p_a,$$

де ρ - густина ртуті,

g - прискорення вільного падіння.

Таким чином, вимірюючи H , при відомих значеннях ρ і g , визначають атмосферний тиск P_a .

Промисловістю випускаються тільки чашкові і сифонно-чашкові барометри. Вимірювання атмосферного тиску за їх допомогою зводиться до визначення з необхідною точністю висоти стовпа ртуті H . Для забезпечення заданої точності вимірювання атмосферного тиску H вимірюють з точністю до десятої, а в деяких барометрах до сотої частки міліметра (шкала барометрів частіше градується в інших одиницях тиску, точність відліку і в цих випадках близька до вказаної). Така точність забезпечується застосуванням точних шкал і ноніусів, а також строгим додержуванням певних правил вимірювання.

Барометр чашковий станційний з компенсованою шкалою (рис.2). Барометрична трубка б цього барометру - калібрована скляна, запаяна з

верхнього кінця трубка з внутрішнім діаметром 7,2 мм і довжиною приблизно 800 мм, заповнена під вакуумом (тиск не більше 10^{-3} мбар) очищеною ртуттю. Вона закріплена нижнім кінцем в кришці пластмасової або чавунної чашки 9 за допомогою шайби-втулки 10 з гвинтовою нарізкою. Чашка 9 складається з трьох частин, які згвинчуються.

Середня частина 11 має діафрагму з отворами. Діафрагма виключає різкі коливання ртуті в чашці (під час перевезення), за яких в барометричну трубку може проникнути повітря. Крім того, діафрагма займає деякий об'єм, зменшуючи необхідну кількість ртуті при заданому її рівні в чашці. Барометр сполучається з атмосферою через різьбовий отвір в кришці чашки, який закривається гвинтом 8. При загвинчуванні гвинта 8 шкіряна шайба, що знаходиться під його головкою, притискається до кришки чашки і отвір щільно закривається.

Вимірювання висоти ртутного стовпа проводиться за шкалою, яка нанесена біля краю наскрізного вертикального прорізу у верхній частині оправи 4, за допомогою ноніуса 2. Шкала наноситься в межах, в яких барометром даного типу (на барометрі типу СД-А від 810 до 1070 мбар, типу СР-Б – від 680 до 1070 мбар) проводиться вимірювання атмосферного тиску.

Шкала захищена від забруднення скляною трубкою 3. Пластинка ноніуса знаходиться в прорізу. Вона прикріплюється до трубки (кільця), що вставлене в середину оправи і може переміщуватися за допомогою кремальєри. Під час обертання рукоятки 5 кремальєри ноніус переміщується вздовж прорізу по шкалі барометра. Нижній край пластини ноніуса співпадає з нулем шкали ноніуса. При проведенні вимірювань візирна лінія повинна проходити через нуль ноніуса і торкатися вершини меніска ртуті (рис. 3, а і б).

Десять поділок ноніуса дорівнюють 19 поділкам шкали барометра, що дозволяє робити відліку з точністю до десятої частки ціни поділки шкали (число десятих часток визначається за номером поділки ноніуса, який співпадає з поділкою шкали).

Для визначення температури барометра (що необхідно для введення поправки в його показання) служить термометр 7, прикріплений біля прорізу в нижній частині барометра. Ціна поділки термометра $1,0^{\circ}\text{C}$.

При вимірюванні тиску за допомогою станційного чашкового барометру достатньо визначити по його шкалі положення меніска ртуті в трубці, не визначаючи рівень ртуті в чашці, хоча при зміні тиску він також змінюється і співпадає з нулем шкали тільки при одному значенні тиску H_0 . Зміна рівня ртуті в чашці відносно нуля шкали враховується компенсованою шкалою барометра. Побудова такої шкали ґрунтується на таких міркуваннях і розрахунках. При деякому тиску, коли рівень ртуті в чашці співпадає з нулем шкали, висота стовпа

$$H_o = n_o x,$$

де n_o - відповідний відлік за шкалою;
 x - ціна поділки шкали (рис.4).

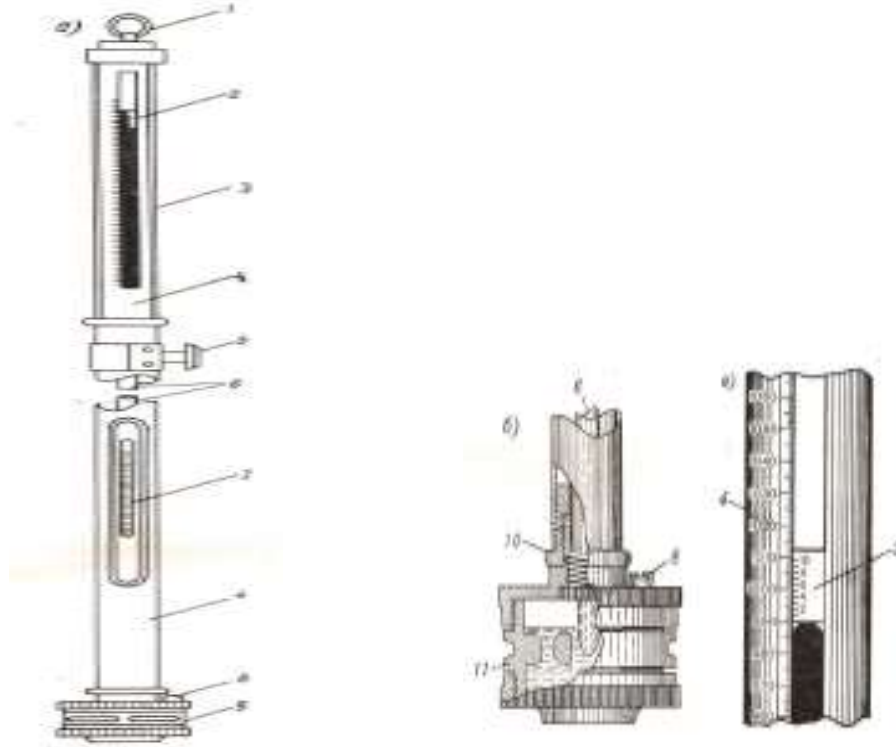


Рисунок 2 - Барометр чашковий станційний:
 а) загальний вигляд; б) чашка барометра; в) шкала і ноніус; 1) кільце;
 2) ноніус; 3) захисне скло; 4) оправа; 5) рукоятка кремальєри; б)
 барометрична трубка; 7) термометр; 8) гвинт; 9) чашка; 10) втулка; 11)
 середня частина чашки з діафрагмою.

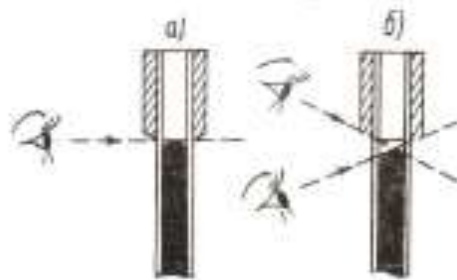


Рисунок 3 - Положення ока при відліку по барометру:
 а) правильне; б) неправильне

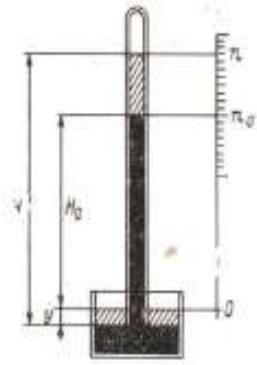


Рисунок 4 - Схема барометра чашкового з компенсованою шкалою

При деякій зміні тиску висота стовпа ртуті зміниться на ΔH за рахунок зміни його рівня в трубці на $(n - n_0)x$ і в чашці на y ; $\Delta H = (n - n_0)x + y$ (відмітимо, що ΔH і $(n - n_0)x$ завжди одного знака, а y - зворотного їм). Зміна висоти стовпа супроводжується переміщенням деякого об'єму ртуті з чашки в трубку (або навпаки). Зміна рівнів, викликана цим переміщенням об'єму в трубці і чашці, зворотно пропорційна площам їх поперечного перерізу (маса ртуті в барометрі постійна).

Для станційних барометрів типу СР співвідношення площ перерізу чашки і трубки дорівнює 1:0,02. На основі цього:

$$y = 0,02(n - n_0)x;$$

$$\Delta H = 1,02(n - n_0)x,$$

звідки

$$x = \frac{\Delta H}{1,02(n - n_0)x} \text{ мм.}$$

Якщо шкала градуйована в мм рт.ст., то

$$\frac{\Delta H}{n - n_0} = 1 \quad \text{і} \quad x = 0,98 \text{ мм.}$$

Якщо шкала градуйована в мбар, то

$$\frac{\Delta H}{n - n_0} = \frac{1}{1,33} \quad \text{і} \quad x = 0,735 \text{ мм.}$$

На станції барометр поміщують в спеціальну шафу, яка прикріплюється до стінки. В шафі барометр підвішують за кільце 1 (рис. 2 а) до спеціального гаку з гайкою, який прикладений до барометра, завдяки чому він завжди знаходиться в строго вертикальному положенні виключаючи помилку паралакса при відліку показників. Барометр не повинен зазнавати різких коливань температури, тому шафу з барометром неможна розміщувати поблизу обігрівальних систем та інших джерел тепла, віконних прорізів і дверей; його потрібно також захищати від потрапляння прямих сонячних променів.

Похибки вимірювання атмосферного тиску за допомогою ртутних барометрів (поправки до їх показань).

Систематичні похибки. Тиск стовпа ртуті барометра висотою H , що урівноважує атмосферний тиск p_a , дорівнює:

$$p_a = H_0 g \rho.$$

Значення H при одному і тому ж значенні p_a може змінюватися в залежності від значень g - прискорення вільного падіння і ρ - густини ртуті, що залежить від температури ртуті. Крім того, потрібно врахувати, що температура впливає також на розміри шкали барометра (нанесеної на металевій оправі барометра). Таким чином, прискорення вільного падіння і температура є впливовими величинами на ртутний барометр. Зіставлення результатів вимірювання тиску ртутним барометром забезпечується приведенням їх до **нормальних умов**:

- температурі 0°C ;
- прискорення вільного падіння $g_n = 9.80665 \text{ м/с}^2$ (близьке до значення прискорення вільного падіння на широті 45°).

Нормування показань барометра здійснюють шляхом введення двох поправок:

- 1) на відхилення температури від 0°C (визначається при кожному вимірюванні);
- 2) на прискорення вільного падіння (постійна для даного місця).

Поправка на температуру визначається на основі відомих залежностей від температури густини ртуті і довжини шкали барометра. Тиск, отриманий стовпом ртуті висотою H_t при температурі (ртуті) t , приводиться до рівного йому тиску стовпа ртуті висотою H_0 і з температурою 0°C :

$$H_t \rho_t g = H_o \rho_o g ,$$

де ρ_t і ρ_o - відповідно густина ртуті при температурі t і 0°C .

Враховуючи залежність густини від температури:

$$\rho = \frac{\rho_o}{1 + \alpha t} ,$$

отримаємо значення висоти цього стовпа при 0°C :

$$H_o = \frac{H_t}{1 + \alpha t} , \quad (2)$$

де α - температурний коефіцієнт об'ємного розширення ртуті.

Довжина (і ціна поділки) шкали, нанесеної на латунній оправі барометра, відповідає своєму номінальному значенню тільки за певної температури t_n . При температурі t вона дорівнює:

$$l_t = l_n [1 + (t - t_n)\beta] ,$$

де β - температурний коефіцієнт лінійного розширення латуні.

Тому результат вимірювання висоти стовпа ртуті за шкалою барометра при температурі t , що дорівнює h_t , буде відрізнятися від дійсного значення H_t на нормований множник

$$\frac{l_t}{l_n} = 1 + (t - t_n)\beta ;$$

отже, $H_t = h_t [1 + (t - t_n)\beta]$.

Підставивши це значення H_t в (2), отримаємо

$$H_o = h_t \frac{1 + \beta(t - t_n)}{1 + \alpha t} .$$

Ця рівність дозволяє отримати значення систематичної температурної похибки ($h_t - H_o$) і поправку $\Delta h_t = H_o - h_t$, яка виключається:

$$\Delta h_t = -h_t [(\alpha - \beta)t - \beta t_n].$$

Підставляючи конкретні значення: $\alpha = 18,18 \cdot 10^{-7}$ і $\beta = 1,84 \cdot 10^{-7}$, отримаємо $\Delta h_t = -h_t \cdot 10^{-7} (16,34t + 1,84t_n)$;

при $t_n = 0$ отримаємо $\Delta h_t = -16,34 \cdot 10^{-7} h_t t$.

Звичайно поправку визначають, користуючись таблицею, обчисленою по одній з цих формул для різних значень t і h_t .

Поправка на прискорення вільного падіння визначається на основі залежності прискорення вільного падіння від географічної широти і висоти над рівнем моря місця (точки) проведення вимірювань. Таким чином, ця поправка складається з двох частин, які визначаються географічною широтою і висотою місця. Прискорення вільного падіння тіл змінюється з географічною широтою головним чином через зміну з широтою відцентрової сили, яка діє на тіла за їх участі в земному обертанні і направлена проти сили тяжіння, що визначає прискорення вільного падіння. Найбільшого значення відцентрована сила досягає на екваторі і дорівнює нулю на полюсі. Відповідно до цього прискорення вільного падіння має мінімальне значення на екваторі і максимальне – на полюсі:

$$g_0 = 9,785 \text{ м/с}^2; \quad g_{45} = 9,807 \text{ м/с}^2; \quad g_{90} = 9,832 \text{ м/с}^2.$$

Її залежність від широти місця φ визначається формулою:

$$g_{\varphi} = g_{45} (1 - 0,00265 \cos 2\varphi).$$

Враховуючи, що вимірний барометром тиск H (висота стовпа ртуті) знаходиться в обернено пропорційній залежності від прискорення g , тому

$$H_{45} = H_{\varphi} \frac{g_{\varphi}}{g_{45}}.$$

Звідси отримуємо вираз для нормованої поправки на широту місця $\Delta H_{\varphi} = H_{45} - H_{\varphi}$:

$$\Delta H_{\varphi} = H_{\varphi} \left(\frac{g_{\varphi}}{g_{45}} - 1 \right). \quad (3)$$

Залежність прискорення g_z від висоти місця над рівнем моря визначається законом всесвітнього тяжіння (закон Ньютона). Прискорення g вільно падаючого тіла обернено пропорційне квадрату відстані тіла до центру земного шару:

$$\frac{g_z}{g_0} = \frac{R^2}{(R+z)^2}.$$

В земних умовах завжди $z \ll R$ ($R = 6,371 \cdot 10^6$ м; порядок z не перевищує 10^3 м), тому з достатньо високою точністю можна, обмежуючись членами $\frac{z}{R}$ першого порядку, прийняти $\frac{g_z}{g_0} = 1 - \frac{2z}{R}$.

Через те, що $\frac{H_0}{H_z} = \frac{g_z}{g_0}$ і $R = 6,371 \cdot 10^6$ м,

то $H_0 = H_z \left(1 - 314 \cdot 10^{-9} z\right)$.

Ця формула розрахована для пунктів, які знаходяться на висоті z у вільній атмосфері. Для пункту, що знаходиться на височинах на земній поверхні, з врахуванням сил тяжіння навколишніх мас земної поверхні вона набере вигляду:

$$H_0 = H_z \left(1 - 196 \cdot 10^{-9} z\right).$$

На основі останньої формули визначають поправку на висоту місця $\Delta H_z = H_0 - H_z$:

$$\Delta H_z = - H_z 196 \cdot 10^{-9} z. \quad (4)$$

Прискорення вільного падіння на широті φ і висоті z над рівнем моря виражається формулою:

$$g_{\varphi, z} = g_{45} \left(1 - 259 \cdot 10^{-4} \cos 2\varphi\right) \cdot \left(1 - 196 \cdot 10^{-9} z\right).$$

Поправка, що нормує показання барометра по широті і висоті місця вимірювань, дорівнює $\Delta H_{\varphi, z} = \frac{g_{\varphi, z}}{g_n} - 1$; на станціях її обчислюють як суму $\Delta H_{\varphi, z} = \Delta H_{\varphi} + \Delta H_z$, користуючись двома таблицями: в одній, складеній на основі формули (3), за значеннями H_{φ} і φ знаходять ΔH_{φ} , в іншій, складеній на основі формули (4), за значеннями H_z і z знаходять ΔH_z .

Систематична інструментальна похибка барометра складається з двох різних за своїм характером частин:

1) виникає внаслідок не вдосконалення технології виробництва барометрів;

2) складається з суми неврахованих систематичних похибок, на які не вводять поправки через їх малості або складності розрахунків.

До перших можна віднести похибки, викликані непостійністю площ внутрішнього перерізу барометричної трубки і чашки чашкового барометра, відхиленням від номінальних розмірів поділок шкали, зміщенням положення нуля шкали і т.д.

До других потрібно віднести похибки, які є результатом капілярних явищ і впливу тиску парів ртуті і залишків газу у вакуумованому об'ємі трубки над ртуттю. Капілярні явища – опускання або піднімання рідин всередині вузьких трубок - виникають під впливом поверхневого натягу рідини, яке створює надлишковий тиск всередині рідини в трубці. Цей тиск залежить від рідини, матеріалу і діаметру трубки, і температури рідини. Ртуть в барометричній трубці має випуклу поверхню (ртуть не змочує скло). Всередині ртуті в барометричній трубці створюється додатковий молекулярний тиск Δ , що дорівнює:

$$\Delta = \frac{2\sigma}{R},$$

де σ - поверхневий натяг ртуті,
 R - радіус меніска ртуті.

Через те, що Δ пропорційний кривизні $(1/R)$ поверхні ртуті, яка убуває із збільшенням діаметру трубки, то барометрична трубка виготовляється достатньо великого діаметру. За цих умов $\Delta = 0,7 \dots 0,8$ мбар і включається до інструментальної поправки, а невеликі за абсолютним значенням температурні зміни не враховуються. Для того, щоб зберегти постійність кривизни меніска ртуті в чашковому барометрі,

до відліку його показань необхідно злегка постукати по його оправі (при цьому зчеплення ртуті з склом послаблюється і меніск приймає свою нормальну форму). В сифонно-чашковому барометрі при проведенні вимірювань верхню точку меніска підводять до нижнього індексу завжди знизу ввєрх.

Вплив парів ртуті і повітря, яке залишилося. Над ртуттю в барометричній трубці завжди є пари ртуті. Їх тиск направлений проти атмосферного, викликаючи цим зменшення висоти стовпа ртуті і, отже, заниження показань барометра. Тиск парів ртуті залежить від температури, так, наприклад, при 0°C він дорівнює $3 \cdot 10^{-4}$ мбар, при 20°C дорівнює $17 \cdot 10^{-4}$ мбар, при 60°C дорівнює $353 \cdot 10^{-4}$ мбар; зміни його невеликі (півірку роблять при температурі 20°C), тому при вимірюванні іску на станціях ці зміни не враховують, але при більш точних вимірюваннях вони повинні враховуватися.

Тиск повітря, яке залишилося при вакуумуванні, також знижує показання барометра. Тиск повітря в замкнутому об'ємі всередині барометричної трубки, на відміну від тиску парів ртуті, залежить не тільки від температури, але і від тиску (при зміні тиску стовп ртуті переміщується, змінюючи об'єм, який займає повітря у верхній частині трубки); врахувати це дуже важко. Тому єдиним можливим способом виключення цієї помилки є досягнення високого вакууму в трубці при виготовленні і збереженні його при експлуатації барометра. Контроль вакууму в трубці можна здійснювати раніше описаним способом. Контроль можна також здійснювати, оцінивши кількість повітря в трубці по об'єму, який він займає при перевернутому положенні барометра, коли барометрична трубка заповнена ртуттю. В справному барометрі діаметр пухирця повітря, який може при цьому утворюватися біля запаяного кінця трубки, не повинен перевищувати 1 мм.

Інструментальна похибка барометра визначається при його півірці і виключається введенням інструментальної поправки (вказаної в півірочному свідощтві барометра).

Помилка через нахил барометра. Атмосферний тиск урівноважується тиском стовпа ртуті, висота якого H дорівнює різниці рівнів ртуті в трубці і чашці (рис.5). При нахилі барометра (при незмінному тиску) на кут α ця різниця (висота стовпа) залишається незмінною, хоч довжина стовпа збільшується до H_{α} . Відлік по шкалі при такому положенні барометра приведе до додаткової не врахованої похибки

$\Delta H_{\alpha} = H_{\alpha} - H$. Через те, що $H_{\alpha} = \frac{H}{\cos \alpha}$, то $\Delta H_{\alpha} = H \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$, звідки

$\cos \alpha = 1 - \frac{\Delta H}{H} \alpha$. Для того, щоб при $H \sim 10^{-3}$ мбар $\Delta \alpha \leq 0,05$ мбар, необхідно, щоб $\alpha \leq 0,5^\circ$. Таким чином, при вимірюваннях необхідно строго слідкувати за тим, щоб положення барометру не відхилялося від вертикального.

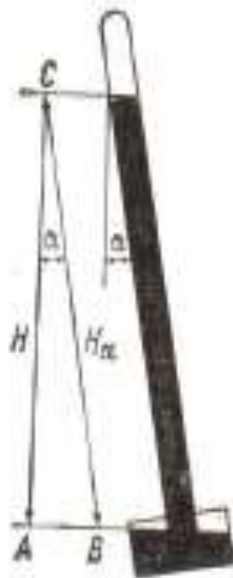


Рисунок 5 - Вплив нахилу барометра на його показання.

Обчислення результатів вимірювань по ртутним барометрам.

У відлік по барометру вводяться дві поправки:

- 1) постійна поправка, що складається з двох поправок – інструментальної і на силу тяжіння;
- 2) поправка на приведення показань барометра до температури 0°C .

Поправка на силу тяжіння, яка визначається в залежності від широти і висоти місця, із зміною тиску змінюється незначно, тому її обчислюють для даної станції по середньорічному значенню тиску і, підсумовуючи з інструментальною поправкою, отримують постійну поправку. Цю поправку визначають місцеві УГМС для кожного барометра на станції.

Будова та принцип дії барометра-анероїда

Барометр-анероїд відноситься до деформаційного типу. Кінематична схема барометра-анероїда представлена на рис. 6. Він складається з барометричної коробки, яка закріплена на основі, важільного механізму, стрілки-показчики та шкали.

Барометрична коробки представляє з себе металеву порожнину з якої видалено повітря, тобто усередині цієї порожнини створений вакуум. Торцеві

стілки цієї порожнини гофровані і можуть стискатися і розтискати (деформуватися) залежно від величини атмосферного тиску, що діє на коробку зовні.

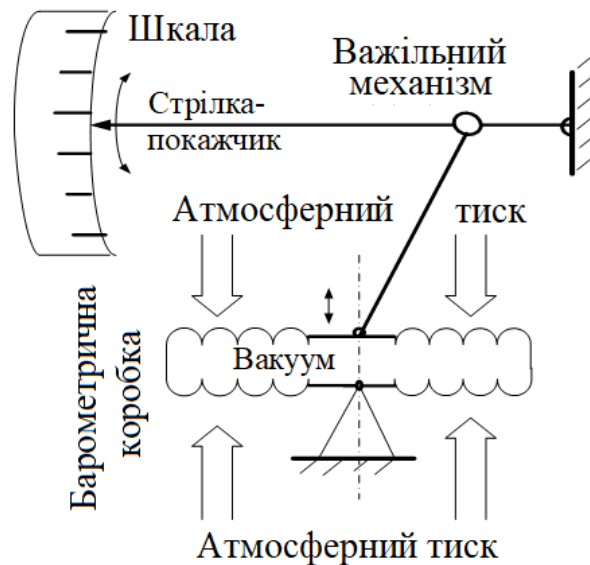


Рисунок 6 - Кінематична схема барометра-анероїда

Переміщення гофрованих стінок барометричної коробки через важільний механізм призводить до переміщення кінця стрілки-показчика по дузі кола уздовж шкали з діленнями, що показують величину атмосферного тиску в одиницях в яких вона проградуїрована.

До складу важільного механізму також входять, не показані на малюнку, пружини і коригувальні гвинти. Пружини призначені для усунення люфтів в з'єднаннях важільного механізму. Коригувальні гвинти дозволяють шляхом зміни довжин плечей важелів встановлювати необхідні свідчення барометра-анероїда при його налаштуванні і повірці.

Запитання для самоперевірки:

1. Що називається атмосферним тиском?
2. Як змінюється тиск з висотою?
3. Для чого на всіх метеостанціях тиск приводиться до рівня моря?
4. За допомогою якої формули визначається залежність атмосферного тиску від висоти?
5. Наведіть одиниці вимірювання атмосферного тиску?
6. В яких межах коливається атмосферний тиск на рівні моря?
7. Якими приладами вимірюється атмосферний тиск в метеорології?
8. Які істотні недоліки мають ртутні барометри?
9. Яких трьох видів можуть бути ртутні барометри?

10. З якого матеріалу виготовлена барометрична трубка станційного чашкового барометра з компенсованою шкалою?
11. Чим враховується зміна рівня ртуті в чашці відносно нуля шкали барометра?
12. Чому барометр не можна розміщувати поблизу обігрівальних систем, віконних прорізів і дверей?
13. Які існують похибки вимірювання атмосферного тиску за допомогою ртутних барометрів і поправки до їхніх показань?
14. На чому ґрунтується принцип дії барометра-анероїда?

Опис приладів, устаткування та інструментів, які використовуються при виконанні лабораторної роботи.

1. Станційний чашковий барометр з компенсованою шкалою (рис. 2).
2. Спеціальна шафа, в якій розміщують барометр.
3. Барометр-анероїд М-67.

Правила техніки безпеки та охорони праці, які необхідні при проведенні лабораторної роботи.

1. Отримати інструктаж у викладача з Техніки безпеки і розписатися в журналі
2. Не проводити вимірювання атмосферного тиску без дозволу викладача і тільки в його присутності.
3. Строго додержуватися певного порядку проведення спостережень.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

1. Знімати ртутний барометр з гаку і виносити його з спеціальної шафи.
2. Нахилити ртутний барометр.
3. Загвинчувати гвинт на кришці чашки ртутного барометру.
4. Робити різкі удари по захисній трубці ртутного барометру.
5. Після проведення вимірювань залишати відкриті дверці шафи, де знаходиться ртутний барометр.
6. Трясти та стукати по корпусу барометра-анероїда, перевертати його догори дном.

Порядок проведення лабораторної роботи.

1. Перед виконанням лабораторної роботи проводиться усне опитування теоретичного матеріалу і визначення мети лабораторної роботи. Результати опитування заносяться до протоколу за підписом викладача.
2. Проводиться викладачем інструктаж з техніки безпеки. Після чого студент розписується в журналі з «Техніки безпеки».
3. Якщо студент отримав незадовільну оцінку з теоретичного матеріалу, то до виконання лабораторної роботи він не допускається.
4. Кожний студент проводить вимірювання атмосферного тиску індивідуально.

Методика виконання лабораторної роботи.

Проведення лабораторної роботи здійснюється в два етапи:

а) проведення 5 відліків по станційному ртутному барометру при вимірюванні атмосферного тиску через кожні 10 хвилин;

б) проведення 5 відліків по барометру - анероїду при вимірюванні атмосферного тиску через кожні 10 хвилин;

в) обчислення результатів вимірювань по ртутному барометру та порівняння отриманих результатів з показниками барометра-анероїда. с

а). Проведення відліків по станційному ртутному барометру при вимірюванні атмосферного тиску.

а.1) Відкривають шафу і вмикають освітлення.

а.2) Відраховують температуру по термометру, який закріплений в прорізу в нижній частині барометра, з точністю до десятих часток градуса, останні визначають на око.

а.3) Злегка постукати пальцем по оправі барометра. Це буде перешкоджати зчепленню ртуті зі стінками трубки і надасть меніску ртуті (в барометричній трубці) нормальну форму.

а.4) Підвести ноніус зверху до моменту гаданого торкання його зрізів вершини меніска ртуті в барометричній трубці. При цьому око повинне знаходитися на візирній лінії, що проходить через нуль ноніуса, і задній зріз кільця ноніуса (рис.3), показання барометра і занести їх в табл. 1.

б) Проведення відліків барометр-анероїду М-67 при вимірюванні атмосферного тиску:

б.1). Встановити барометр-анероїд на горизонтальній міцній поверхні (на лабораторному столі) та відкрити кришку.

б.2) Після хвилинної паузи з інтервалом 5 хвилин зняти показники барометра-анероїда і занести їх в табл 1.

в) Обчислення результатів вимірювань за ртутним барометром.

Для визначення атмосферного тиску до відліку за ртутним барометром вводяться такі поправки:

в.1) інструментальна поправка, яка враховує не відповідність нульового індексу шкали і рівня ртуті в чашці, залишковий тиск у вакуумі над ртуттю і т.д.

Інструментальна поправка первісно визначається в бюро перевірки і корегується інспектором шляхом зіставлення показань станційного барометра з інспекторським на місці установки барометра.

в.2) поправка для приведення показань барометра (ваги стовпа ртуті) до нормального прискорення сили тяжіння ($g = 9,807 \text{ м/с}^2$); поправка обчислюється по широті станції і по висоті барометра над рівнем моря (табл. П1).

в.3) поправка на приведення показань барометра (довжини ртутного стовпа) до температури 0°C (табл. П2) дана з точністю до десятих часток міліметра і мілібара для виміряних значень тиску (відліків) в межах від 400 до 1060 мм, або мб, і для температури барометра в межах $\pm 40,5^\circ$. Поправка знаходиться на перетинанні графі, яка відповідає округленому до 10 мб значенню тиску, і строки, що відповідає округленому значенню до $0,5^\circ\text{C}$ значенню температури. При температурі барометра вище 0°C ця поправка буде негативною, а при температурі нижче 0°C - позитивною.

У тих випадках, коли температура в приміщенні, де знаходиться барометр, буде вище $40,5^\circ\text{C}$, поправка на приведення показань барометра до 0°C повинна бути обчислена наступним чином: значення температури розбивається на суму двох значень, кожне з яких менше $40,5^\circ\text{C}$. Для кожного значення з табл. 2 знаходять поправку, а потім знайдені поправки складають.

При знаходженні поправки на приведення тиску до температури 0°C необхідно додержуватися правил округлення:

1) тиск, отриманий по барометру, округляється до десятків мілібарів (*наприклад*, 984,2 округлюється до 980 мб.);

2) показання термометра при барометрі після внесення відповідної поправки округлюється до $0,5^\circ$ (*наприклад*, $10,3^\circ$ округлюється до $10,5^\circ\text{C}$).

У випадку, коли відлік по барометру закінчується цілою п'ятіркою (995,0 мб, 1005 мб і т.д.), при відшуканні поправок в таблиці перевага надається поправці, яка відповідає значенню тиску, що закінчується парною цифрою.

Наприклад.

Тиск по барометру.....1025,0 мб

Температура по термометру при барометрі..... $19,5^\circ$

Поправка для тиску 1025,0 мб.....– 3,2 мб

Отримана таким чином поправка для приведення тиску до температури 0°C , а також постійна поправка барометра алгебраїчно складається з величиною атмосферного тиску, яка виміряна по барометру.

Наприклад. Відлік по барометру 1002,7 мб, після округлення – 1000 мб.

Температура по термометру при барометрі 20,1- 0,1 = 20,2°C, після округлення 20,0°C.

Поправка на приведення до температури 0°C для тиску 1000 мб при температурі барометра 20,0°C дорівнює -3,3 мб.

Постійна поправка до барометра на станції (інструментальна плюс поправка на силу тяжіння) дорівнює +1,2 мб. Тиск на станції буде складати: 1002,7 - 3,3 + 1,2 = 1000,6 мб.

Для обчислення поправок до відліку по барометру необхідно:

1) отримати у викладача інструментальну поправку та широту місцезнаходження станції. Отримані результати занести в табл.1.

2) Зняти показники атмосферного тиску та визначити всі поправки. Зміни та розрахунки повторити п'ять разів з інтервалом в 10 хвилин.

Таблиця 1 - Результати вимірювань атмосферного тиску.

№	Відлік за шкалою ртут. барометра	Інстрм. поправк	Поправка на широту	Поправка на висоту над рівнем моря	Атмосферний тиск за обліком всіх поправок	Атмосферний тиск за М-67	Абсол. різниця показн.	Відносна різниця показн.
1								
2								
3								
4								
5								
Середнє значення відносної різниці показників за п'ять вимірювань								

3) Визначити абсолютну та відносну різницю показників барометрів.

1.1. Абсолютна різниця визначається за формулою:

$$\Delta P = P_{\text{ртут. бар}} - P_{\text{бар.-анер.}}$$

де $P_{\text{ртут. бар}}$ – показники ртутного барометру;

$P_{\text{бар.-анер.}}$ - показники барометра-анероїда.

Результат занести в табл. 1

1.2. Відносна різниця визначається за формулою:

$$\Delta p = \Delta P / P_{\text{бар.-анер.}} \cdot 100\%$$

Результат занести в табл. 1.

4) Визначити середнє значення відносної різниці показників за формулою:

$$\Delta p_{cp} = \Sigma \Delta p_i / n, [\%],$$

де Δp_i – відносна різниця показників при i – том вимірювань;
 n – загальна кількість вимірювань ($n = 5$).

Порівняти отримані результати з класом точності барометра-анероїда (клас точності нанесений на шкалі анероїда арабською цифрою та максимально допустиму відносну похибку приладу у відсотках).

Порядок оформлення звіту та його представлення і захист.

Результати проведеної лабораторної роботи оформлюються протоколом. Він повинен містити такі дані:

- 1) тема лабораторної роботи;
- 2) мета лабораторної роботи;
- 3) короткі теоретичні відомості, включаючи схеми проведення експериментів;
- 4) порядок проведення лабораторної роботи;
- 5) порядок обробки результатів досліджень;
- 6) таблиця отриманих результатів (табл. 1);
- 7) висновки.

Перелік використаної літератури

1. Корбан В.Х. Методи гідрометеорологічних вимірювань. Конспект лекцій. Одеса-2010. ТЕС. 400с.
2. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.:Гидрометеоиздат, 1978. – 390 с.
3. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. вип. 3, ч.1, ДГМС. Київ. 2011р. 278 с.

Лабораторна робота № 2

„ Вимірювання швидкості та напрямку вітру ”

Мета роботи – вивчити методи та засоби вимірювання швидкості і напрямку вітру.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. Після проведення лабораторної роботи студент повинен:

знати:

- параметри вітру;
- будову різноманітних датчиків швидкості і напрямку вітру;

вміти:

- вимірювати швидкість і напрямок вітру різноманітними засобами.

Основні теоретичні відомості

Вітер являється одним із основних метеорологічних факторів, що роблять визначальний вплив на погоду, тому постійне змінення параметрів вітру являється дуже важливою задачею, яку вирішують метеорологічні станції. Основними параметрами вітру є:

- швидкість, що вимірюється в м/с;
- направлення (звідки дме вітер), вимірюється грубо - в румбах та точно – в кутових градусах азимуту.

Розрізняють миттєву, максимальну і середню швидкість вітру. Враховуючи суто випадковий характер швидкості вітру - середня швидкість вітру є найбільш інформативним параметром. Вона вимірюється (усереднюється) за встановлений інтервал часу (звичайно 10 хвилин) . Миттєва і максимальні швидкості вітру є додатковими характеристиками, що показують тенденції в зміні погоди. Прилади вітри, що вимірюють швидкість, називаються АНЕМОМЕТРИ, а прилади вітри, що показують напрям, називаються РУМБОМЕТРАМИ. Відповідно, прилади, що вимірюють і те і інше називаються АНЕМОРУМБОМЕТРИ.

В процесі проведення лабораторної роботи повинні бути вивчені:

- ручний чашковий анемометр МС-13;
- термоанемометр;
- ультразвуковий анемометр;
- анеморумбометр М-49.

Ручний чашковий анемометр МС-13

Ручний чашковий анемометр МС-13 (рис.7) застосовується для вимірювання середньої швидкості вітру в межах від 0,5 до 20 м/с

(звичайно за 10 хвилин). Чутливим елементом цього приладу є невелика вертушка з чотирма напівсферичними чашками (1). Вона закріплена на осі (3) обидва кінці якої упираються в агатові підшипники. На нижньому кінці осі є черв'як (5), який зв'язує вісь з вхідним черв'ячним колесом механічного лічильника кількості обертів.

Редуктор лічильника складається із зубчастих коліс і зв'язаний з трьома стрілками, які при обертанні вертушки переміщуються по трьом шкалам. Центральна шкала має 100 поділок з ціною поділки три оберти вертушки. Таким чином, один оберт центральної великої стрілки відповідає 300 оборотам вертушки. Малі шкали мають по 10 поділок. Ціна поділок нанесена на шкалах: на лівій – 100 обертів, на правій – 1000 обертів.

Збоку з корпусу мається важіль (7) аретира лічильника, обортом якого за годинниковою стрілкою лічильник вмикається, проти – вимикається. Важіль користується для фіксації початку та кінця вимірювання.

При вимірюванні швидкості вітру анемометр розташовується вертикально. Лічильник - вимкнений. Через 20-30 секунд одночасно вмикають лічильник і секундомір. Через заданий час (звичайно 10 хв.) важелю аретира вимикають лічильник і записують показники анемометра. Різницю показників лічильника ділять на кількість секунд, визначаючи середню кількість поділок за секунду. Швидкість вітру в м/с знаходять за градуваною кривою або за таблицею.

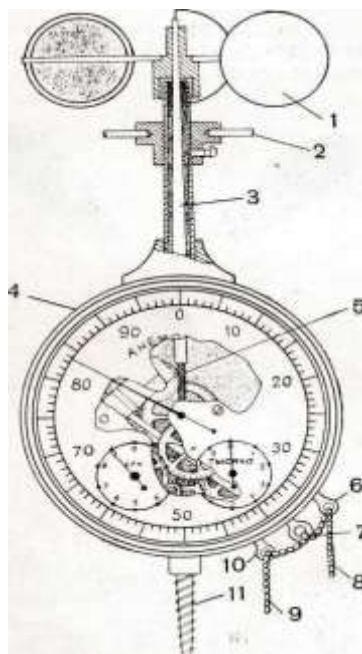


Рисунок 7 - Анемометр МС-13:

1 - чашки; 3 – вісь; 4 – корпус; 5 - черв'як; 7 – важіль.

Термоанемометр

Принцип дії термоанемометра (рис.8) заснований на тому, що нагрітий датчик температури, що обдувається повітрям із швидкістю V_{vim} , розсіює тепло залежно від швидкості повітряного потоку. Ця залежність підкоряється закону Кінга, який математично записується у виді:

$$V_{vim} = A [(P - D) / (T_s - T_0)]^2,$$

де A – конструктивна постійна;

P – потужність, яка розсіюється датчиком при швидкості повітряного потоку V_{vim} ;

D – потужність, яка розсіюється датчиком при швидкості повітряного потоку $V_{vim} = 0$;

T_s – температура нагрітого датчика;

T_0 – температура навколишнього середовища.

Датчиком термоанемометра є металева спіраль, яка нагрівається електричним струмом від джерела живлення до температури (300 -400) °С. За відсутності руху повітря спіраль охолоджується за рахунок теплопередачі і теплового випромінювання.

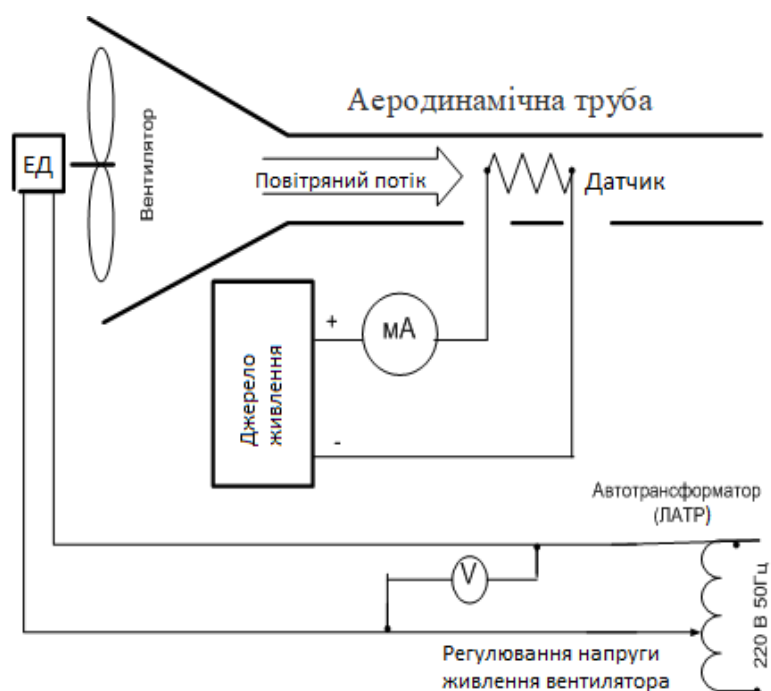


Рисунок 8 - Принцип дії термоанемометра

Теплопередача - фізичний процес передачі теплової енергії від гарячішого тіла до менш гарячого, або безпосередньо (при контакті), або

через посередника (провідника). Коли фізичні тіла однієї системи знаходяться при різній температурі, то відбувається *передача теплової енергії*, або теплопередача від одного тіла до іншого до настання термодинамічної рівноваги. Мимовільна передача тепла *завжди* походить від гарячішого тіла до менш гарячого, що є наслідком другого закону термодинаміки. Всього існує три прості (елементарних) механізми передачі тепла:

- теплопровідність
- конвекція
- теплове випромінювання.

У разі термоанемометра перенесення тепла здійснюється поєднанням елементарних видів:

- тепловіддача (конвективний теплообмін між потоками рідини або газу і поверхнею твердого тіла)
- конвективно-променисте перенесення тепла (спільне перенесення тепла випромінюванням і конвекцією).

Оскільки маса датчика термоанемометра незначна, випромінюванням тепла можна нехтувати. Отже основним процесом буде - **тепловіддача конвекцією**.

Конвекція

Конвекція, — це процес передачі тепла від одного об'єму до іншого за рахунок руху рідин і газів, процес, який по суті є передачею тепла за допомогою масообміну. Конвекція зазвичай домінує в процесі теплопередачі в рідинах і газах. При дії потоку повітря (вітри) втрати тепла датчиком, що рухається, за рахунок конвекції зростають. Його температура знижується, а опір, відповідно до вираження:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t),$$

де R_t і R_0 – опір датчика при температурі t і 0 відповідно;

α – температурний коефіцієнт опору матеріалу датчика;

практично лінійно, зменшується. Це призводить до збільшення струму в колі датчика. Таким чином, можна отримати залежність швидкості повітряного потоку від величини струму в колі.

Ультразвуковий анемометр

В даний час все більшого поширення набувають ультразвукові анемометри. Основною перевагою яких є висока надійність і простота в

експлуатації через повну відсутність у своїй конструкції рухомих механічних частин, що швидко зношуються в процесі роботи.

Принцип дії ґрунтується на вимірі часу проходження $t_{пр.}$ ультразвуковим імпульсом відомої (базової) відстані d (див. рис.9). За відсутності вітру ($V_{віт} = 0$) час проходження дорівнює:

$$t_{пр.0} = d/c,$$

де c – швидкість звуку повітря (м.б. прийнята постійною за даних умов).

При появі вітру ($V_{віт} > 0$) час проходження ультразвукового імпульсу визначатиметься виразом:

$$t_{пр.0} \pm \Delta t = d / (c \pm V_{віт}),$$

де Δt – прирост при зустрічному вітрі (зменшення при попутному вітрі) часу проходження ультразвукового імпульсу при $V_{віт} > 0$.

Отже, вимірюючи час Δt і розв'язуючи рівняння:

$$V_{віт} = d/\Delta t$$

отримаємо величину складової швидкості вітру, яка спрямована вздовж лінії бази d .

Структурна схема ультразвукового анемометра показана на рис.9. Передавач по команді блоку обробки формує короткий електричний імпульс, якою п'єзоелемент передавача, що працює на основі зворотного п'єзоефекту, перетворює на ультразвуковий імпульс. Цей імпульс поширюється повітрям у напрямі п'єзоелемента приймача.

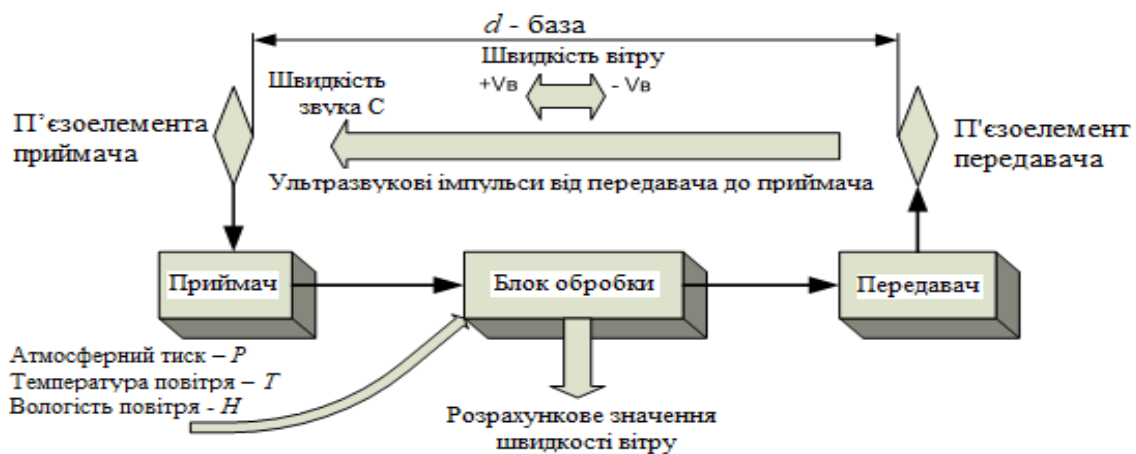


Рисунок 9 - Структурна схема ультразвукового анемометра

П'єзоелемент приймача працює на основі прямого п'єзоефекту, тобто перетворює ультразвуковий імпульс в електричний. Після посилення та селекції прийнятий імпульс надходить у блок обробки, де і визначається швидкість вітру на основі вимірної величини t . Так як на швидкість поширення звуку в повітрі впливають: атмосферний тиск – P , температура – T і вологість – H , то для коректного визначення швидкості вітру їх величини мають бути враховані у блоці обробки.

На основі ультразвукового анемометра можна побудувати ультразвуковий румбометр, тобто прилад вимірює азимут вітру – β . Для цього необхідно використовувати два анемометри, розташувавши їх у горизонтальній площині під прямим кутом і зорієнтувавши їх частинами світла (див. рис.9). Один вимірюватиме складову швидкості вітру по осі Північ - Південь ($N-S$) – $V_{\text{півн.-півд.}}$, а інший - по осі Схід - Захід ($E-W$).

Проекція вектора швидкості вітру вісь Північ-Південь буде:

$$V_{\text{півн.-півд.}} = V_{\text{сх.}} \sin \beta.$$

Аналогічно проекція вектора швидкості вітру на вісь Схід-Захід:

$$V_{\text{сх.-зах.}} = V_{\text{сх.}} \cos \beta.$$

Звідси азимут вітру можна знайти з виразу:

$$\beta = \arctg (V_{\text{півн.-півд.}} / V_{\text{сх.-зах.}}).$$

Насправді підвищення точності визначення азимуту вітру використовують не дві осі, а три – розташованих під кутом 120° .

Анеморумбометр М-49

Анеморумбометр входить до складу дистанційної метеорологічної станції ДМС-49, яка призначена для дистанційного вимірювання температури і вологості повітря, швидкості і напрямку вітру (рис.10).

Станція складається з блоку датчиків швидкості і напрямку вітру (2), блоку датчиків температури і вологості повітря (3), керувально-вимірювального пульта (1) і з'єднувальних кабелів.

Вимірювальний пульт зібраний в прямокутному корпусі. На передній його панелі розміщені вказівні прилади і рукоятки керування, на боковій – є гнізда для підключення кабелів від датчиків.

Структурна схема анеморумбометру приведена на рис.11. Вона складається з каналу виміру швидкості вітру і каналу індикації напрямку вітру. Датчики обох каналів розміщуються у флюгерці, яка під дією вітру

розгортає площину повітряного гвинта перпендикулярно вектору швидкості вітру. Показчики швидкості вітру і його напрямку розміщені у вимірювальному пульті, який може бути видалений на відстань до 50 метрів. Повітряний гвинт - восьмилопатевий, є первинним перетворювачем лінійної швидкості вітру - V в кутову швидкість обертання валу гвинта - ω . Вал повітряного гвинта є і валом ротора тахогенератора. Тахогенератор, вторинний перетворювач, виробляє змінну напругу, амплітуда якого $U_{змін.}$ практично лінійно залежить від кутової швидкості обертання ротора - ω .



Рисунок 10 - Дистанційна метеорологічна станція ДМС-49:
 1 – пульт керувально-вимірювальний; 2 – датчик швидкості напрямку вітру; 3 – датчик температури і вологості повітря.

Ця напруга після випрямлення $U_{пост.}$ поступає на стрілочний прилад електровимірювання, який служить показником швидкості вітру, шкала якого проградуєвана в метрах в секунду. Кут відхилення стрілки залежить від прикладеної до приладу напруги, яка, у свою чергу, є лінійною функцією швидкості вітру. Таким чином, оператор дистанційно вимірює швидкість вітру.

Канал індикації напрямку (азимута) вітру виконаний на основі сельсинної пари: сельсин-датчика і сельсин-приймача, працюючою в індикаторному режимі. Датчик розміщується в основі флюгерки, а приймач у вимірювальному пульті. Зв'язок між ними здійснюється по трипровідній лінії. Статор сельсин-датчика закріплений нерухомо на основі. Ротор сельсин-датчика пов'язаний з частиною флюгерки, що обертається. При розвороті флюгерки під дією вітру ротор обертається відносно статора. Це призводить до зміни величин амплітуд і фаз в кожному з трьох дотів, які зв'язують сельсин-датчик і сельсин приймач. Під дією взаємної різниці амплітуд і фаз напруги ротор сельсин-приймача розгортається в положення погоджене з положенням ротора сельсин-датчика. До ротора сельсин-приймача прикріплений показчик, що показує на круговій шкалі напрям від куди дме вітер - азимут вітру.

Живлення обмоток сельсиної пари здійснюється синфазною змінною напругою частотою 400 Гц, перетворювачем, що виробляється, розташованому у вимірювальному пульті. У свою чергу, перетворювач живиться постійною напругою від акумуляторної батареї напругою 6 В, або від випрямляча, що підключається до освітлювальної мережі 220В 50Гц. Використання змінної напруги підвищеної частоти дозволяє зменшити габарити і вагу приладу М- 49.

Окрім анеморумбометра до складу дистанційної метеорологічної станції входять вимірники вологості і температури повітря. Які територіально також складаються з двох частин. Датчики розміщені у вентильованому корпусі, а показчики у вимірювальному пульті. Електричний зв'язок здійснюється за допомогою кабелю.

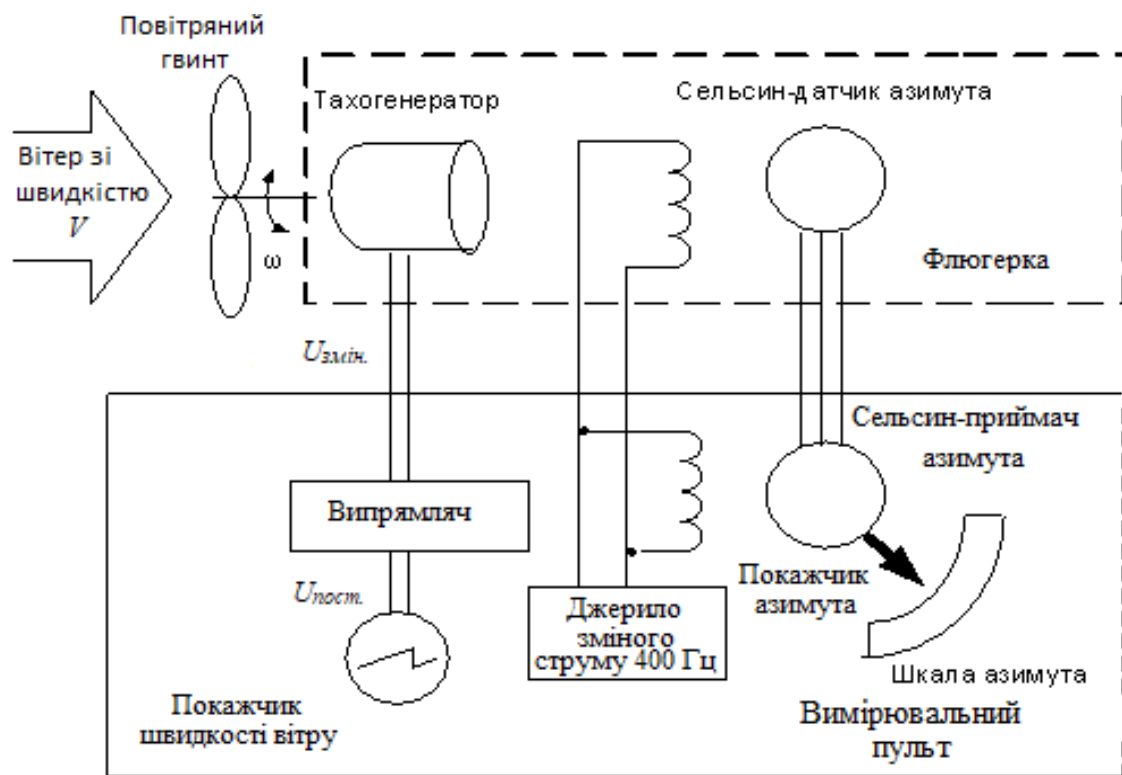


Рисунок 11. - Структурна схема ДМС-49

Блок датчиків температури і вологості повітря наведений на рис.12.

Як чутливий елемент датчика температури в станції використовується мідний терморезистор. Як чутливий елемент датчика вологості використовується мембрана з тваринної плівки. Мембрана механічно зв'язана з ротором безконтактного сельсину, який відіграє роль вихідного перетворювача датчика вологості. Датчики з'єднуються з вимірювальним пультом за допомогою двох кабелів зі штепсельними гніздами.

В пульті зосереджені вимірювальні пристрої й блок живлення. Вимірювальні пристрої швидкості і напрямку вітру запозичені з анеморумбометра М-49. Прилад для вимірювання напрямку вітру і вологості повітря має дві шкали - в градусах (для напрямку) і в процентах (для відносної вологості). Стрілка цього приладу насаджена на вісь ротора сельсину М4 (рис.11). Прилад для вимірювання швидкості вітру і температури повітря має три шкали - одну в метрах за секунду і дві в градусах, для вимірювання температури повітря в двох діапазонах.

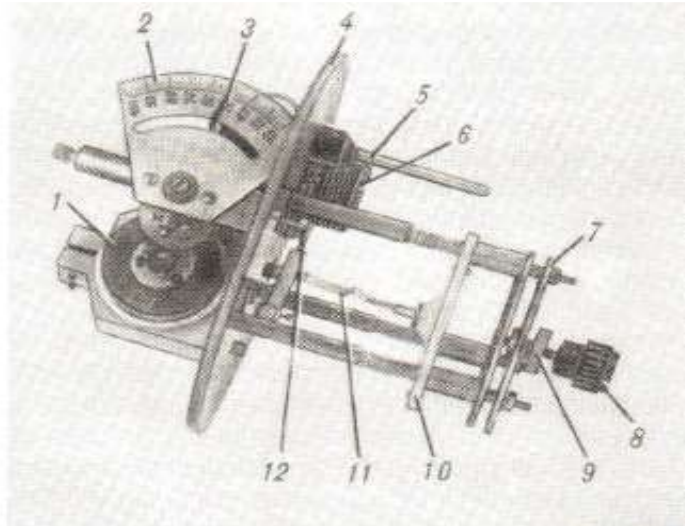


Рисунок 12 - Блок датчиків температури і вологості без захисного кожуха:

1 – сельсин; 2 – шкала гігрометра; 3 – стрілка; 4 – плата; 5 – термодатчик; 6 – гніздо; 7 – кільце; 8 і 9 – гайки; 10 – вологочутлива мембрана; 11 – тяга; 12 – важіль.

Запитання для самоперевірки:

1. Для чого призначений анемометр М- 13?
2. Які параметри вітру і з якою точністю може вимірювати анемометр М- 13?
3. Який принцип роботи анемометра М- 13?
4. Для чого призначений термоанемометр?
5. Які параметри вітру може виміряти термоанемометр?
6. Який принцип роботи термоанемометра?
7. Для чого призначений ультразвуковий анемометр?
8. Які параметри вітру може вимірювати ультразвуковий анемометр?
9. Який принцип роботи ультразвукового анемометра?
10. Який принцип роботи ультразвукового румбомера?
11. Для чого призначена дистанційна метеорологічна станція

ДМС- 49?

12. Які елементи входять до складу М- 49?
13. З яких блоків складається ДМС- 49?
14. Для чого призначена і з чого складається флюгерка?
15. Що робить первинний перетворювач анемометра М- 49?
16. Що робить вторинний перетворювач анемометра М- 49?
17. У яких одиницях проградуєвана шкала анемометра на вимірювальному пульті?

Опис приладів, устаткування та інструментів, які використовуються при виконанні лабораторної роботи.

1. Анемометр М-13, термоанемометр, ультразвуковий анемометр, анеморумбометр М-49.
2. Електричний вентилятор.
3. Лабораторна аеродинамічна установка.
4. Універсальний вольтметр постійного та змінного струму.

Правила техніки безпеки та охорони праці, які необхідні при проведенні лабораторної роботи.

1. Вивчити правила техніки безпеки і розписатися в журналі.
2. Ввімкнути живлення лабораторних установок дозволяється лише в присутності викладача або завідуючого лабораторією.
3. Підключати лабораторні установки тільки в мережу змінного струму напругою 220 В 50 Гц. Якщо зникла напруга в мережі, то прилади потрібно перевести в початкове положення і доповісти про це викладачу.
4. Закінчивши роботу, потрібно вимкнути всі прилади і здати робоче місце завідувачу лабораторії.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ :

1. Вмикати ДМС-49 без дозволу викладача.
2. Ремонтувати, розбирати і перевіряти електричні схеми.
3. Залишати працюючу установку після проведення вимірювань.
4. Розбирати датчик температури і вологості повітря.
5. Змінювати місцями з'єднувальні кабелі.

Порядок проведення лабораторної роботи.

1. Перед виконанням лабораторної роботи проводиться усне опитування теоретичного матеріалу і визначення мети лабораторної роботи. Результати опитування заносяться до протоколу за підписом викладача.

2. Якщо студент отримав незадовільну оцінку з теоретичного матеріалу, то до виконання лабораторної роботи він не допускається.

Методика виконання лабораторної роботи.

Проведення лабораторної роботи здійснюється в 4 етапи:

- 1) вивчення і градування анемометра М-13;
- 2) вивчення і градування термоанемометра;
- 3) вивчення і градування ультразвукового анемометра;
- 4) вивчення і градування анемометра М-49;
- 5) вимірювання температури та вологості повітря (за вказівкою викладача).

1) **Вивчення і градування анемометра М-13** проводиться за допомогою лабораторної аеродинамічної установки.

1.1) Вивчити конструкцію лабораторної аеродинамічної установки, звернувши особливу увагу на спосіб створення та вимірювання швидкості потоку повітря, що імітує вітер та розташування анемометра М-13.

1.2) Встановити ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення, подати живлення на установку.

1.3) Зафіксувати положення стрілок анемометра та записати результат в табл. 2 в рядку $A_{\text{поперед.}}$.

1.4) За вказівкою викладача за допомогою ручки ЛАТРа встановити напругу живлення вентилятора, яке відповідає першому показнику значення швидкості повітряного потоку (5 м/с), використовуючи градуйований графік лабораторної установки.

1.5) Розарретувати механізм анемометра одночасно запустивши секундомір, через 2 хв. зупинити секундомір, заарретувати механізм анемометра та зафіксувати положення стрілок анемометра, результат занести до таблиці 2 у рядок $A_{\text{наступ.}}$.

1.6) Повторити операції з п.п. 1.3) - 1.6) для інших значень швидкості повітряного потоку (10 м/с; 15 м/с; 20 м/с).

1.7) За наслідками табл.2 побудувати градуйовану криву для анемометра М-13, відклавши по горизонтальній осі різницю показників стрілок - ΔA , а по вертикальній осі швидкість повітряного потоку (вітру) – V .

Таблиця 2 - Градування анемометра М-13

Номер вимірювання	1	2	3	4
Швидкість повітряного потоку, V , м/с	5	10	15	20
Попередні показники стрілок, $A_{\text{поперед.}}$				
Наступні показники стрілок, $A_{\text{наступ.}}$				
Різниця показників $\Delta A = A_{\text{поперед.}} - A_{\text{наступ.}}$				

2) Вивчення і градування термоанемометра.

2.1) За відсутністю живлення перевірити правильність установки датчика термоанемометра в аеродинамічній трубі.

2.2) За допомогою ручки «Установка напруги» на блоці живлення встановити початковий струм датчика приладу міліамперметра в межах 80 - 90 мА.

2.3) За вказівкою викладача за допомогою ручки ЛАТРа встановити швидкість повітряного потоку використовуючи градуований графік лабораторної установки (аналогічно п.п. 1.4).

2.4) Включити вентилятор аеродинамічної труби і через одну хвилину зафіксувати показання міліамперметра, записати результат у табл.3 у рядку «Величина струму в колі датчика».

2.5) Повторити чотири рази операції за п.п. 2.2-2.4.

2.6) За даними табл.3 побудувати градуовану криву термоанемометра; по горизонтальній осі відкласти величину струму в мА, а по вертикальній – швидкість повітряного потоку м/с.

Таблиця 3 - Вимірювання струму термоанемометра

Номер виміру	1	2	3	4	5
Швидкість повітряного потоку, м/с	0	5	10	15	20
Величина струму в колі датчика, мА					

3) Вивчення і градування ультразвукового анемометра.

3.1) Підготувати робоче місце для виконання лабораторної роботи:
- перевірити комплектність та стан обладнання (ручний анемометр М-13 та ультразвуковий анемометр);

3.2) Включити живлення ультразвукового анемометра і зняти "нульові показання", тобто без імітації вітру - V_{0B}^{yz} [м/с];

3.3) Встановити напругу живлення правого вентилятора за приладом на блоці живлення установки - 5В;

3.4) Зняти показання швидкості вітру, що видаються ультразвуковим анемометром – V^{+yz} [м/с] і результат занести до табл.4;

Таблиця 4 - Вимірювання під час імітації вітру правим вентилятором

Напруга живлення правого вентилятора, В	Показання УЗ анемометра - V^{+yz} , м/с	Показання ручного анемометра - V^{+p} , м/с	Відносна похибка виміру - ΔV^+ %
5			
10			
15			
20			

3.5) Зробити вимір швидкості вітру ручним анемометром і за таблицею визначити величину - V^{+p} [м/с] і результат занести до табл.4;

3.6) Повторити п.п. 3 - 5, послідовно встановлюючи напругу 10, 15 та 20 вольт для правого вентилятора, результат занести в табл.4;

3.7) Повторити п.п. 3 - 6, подавши напругу живлення 5, 10, 15 і 20 на лівий вентилятор, величини V^{-y3} [м/с] та V^p [м/с] занести до табл.5;

Таблиця 5 - Вимірювання під час імітації вітру лівим вентилятором

Напруга живлення лівого вентилятора, В	Показання ультразвукового анемометра – V^{-y3} , м/с	Показання ручного анемометра – V^p , м/с	Відносна похибка виміру – ΔV %
5			
10			
15			
20			

3.8) За даними колонок 2 і 3 табл. 4 і 5 використовуючи формулу (5), покладаючи ручний анемометр еталоном (так як він сертифікований і повірений), визначити відносну похибку вимірювання швидкості вітру, що імітується, для кожного значення напруги живлення вентиляторів, результат занести в четверту колонку таблиць до кожного рядка;

$$\Delta V = \frac{|V + p| - |V + y3| - |Vy3|}{|V - p|} \cdot 100\% \quad (5)$$

де $|\dots|$ - означає абсолютне значення виміряної величини;

V_{0B}^{y3} - початкова похибка ультразвукового анемометра.

3.9) За даними четвертого стовпця табл. 4 і 5 знайти оцінку математичного очікування відносної похибки ультразвукового анемометра для двох варіантів (правого та лівого вентилятора).

$$M^*\{\Delta V\} = \Sigma \Delta V / 4,$$

підсумовування i від 1 до 4.

3.10) Порівняти отримані результати $M^*\{\Delta V\}_{np.}$ і $M^*\{\Delta V\}_{лів.}$ та зробити висновок щодо відносної похибки електронного психрометра.

4) Вивчення та градування анеморумбометра М-49.

Вимірювання швидкості та напрямки вітру.

Операції з вимірювання швидкості та напрямку вітру виконуються в наступній послідовності:

4.1) На вимірювальному пульті встановити перемикач живлення "V" в положення "220В"; перемикач "Режим роботи" у положенні "φ"; обертаючи корпус флюгерки.

4.2) Вручну встановити співвісно повітряні гвинти вентилятора та флюгерки (рис.13), зафіксувати положення покажчик азимуту та занести в першу колонку табл.6.

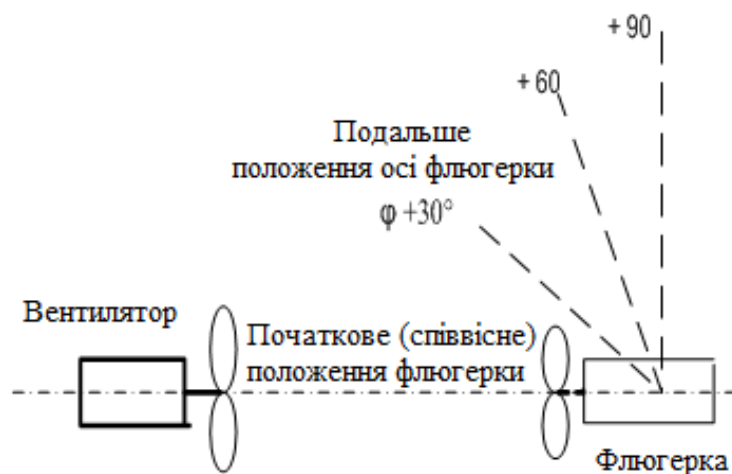


Рисунок 13 - Взаємне положення вентилятора та флюгерки під час проведення вимірювань

4.3) Включити вентилятор, підключити універсальний вольтметр до гнізд «УТГ» і виміряти напругу на виході тахогенератора, виміряти значення швидкості вітру V за шкалою приладу вимірювального пульта і записати їх величини в першу колонку табл.6.

4.4) Вручну повернути та утримувати флюгерку так, щоб кут між віссю повітряного гвинта вентилятора та віссю повітряного гвинта флюгерки склав 30° (кут контролювати за вказівником азимуту вимірювального пульта) та повторити вимірювання за п.п 4.2.

4.5) Вручну встановити та утримувати флюгерку так, щоб кут між віссю повітряного гвинта вентилятора та віссю повітряного гвинта флюгерки склав 60° (кут контролювати за вказівником азимуту вимірювального пульта) та повторити вимірювання за п.п 4.2.

4.6) Вручну встановити та утримувати флюгерку так, щоб кут між віссю повітряного гвинта вентилятора та віссю повітряного гвинта флюгерки склав 90° (кут контролювати за вказівником азимуту вимірювального пульта) та повторити вимірювання за п.п 4.2.

4.7) За даними табл.4 побудувати графік залежності змінної напруги на виході тахогенератора $U_{\text{змін.}}$ (відкласти по вертикальній осі) від швидкості повітряного потоку (вітру), враховуючи, що $V = V_{\text{max}} \cdot \cos\varphi$.

Таблиця 6 - Вихідне навантаження тахогенератора

Кут між осями повітряних гвинтів - φ	0°	30°	60°	90°
Напруга на вих. тахогенератора, УТГ, В				
Швидкість вітру за вказівником, V , м/с				

5.) Вимірювання температури та вологості повітря. (За вказівкою викладача).

5.1) При вимірюванні температури повітря перемикач «V» - «Живлення» ставиться в положення «220В». Далі потрібно провести контрольну перевірку роботи моста резисторів R_2 , R_3 , R_4 , R_K . Для чого перемикач «Режим роботи» встановлюється в положення «K». При цьому в мост вмикається еталонний контрольний опір R_K , потім підключається вимірювальний прилад і живлення моста. Стрілка приладу на керувально-вимірювальному пульті повинна установитися на контрольній поділці (червоної) шкали температури. Якщо стрілка встановлюється на іншій поділці, то її потрібно підвести до контрольної поділки рукояткою потенціометра R_7 , виведеної на передню панель пульта, який регулює напругу живлення моста.

Потім провести вимірювання температури повітря, для чого перемикач «Режим роботи» встановлюється в положення «Тв» або «Тн». При цьому замість контрольного резистора R_K в діагональ моста вмикається терморезистор R_t . Виміряти за допомогою приладу на вимірювальному пульті в першому або другому діапазоні температурної шкали. Зафіксувати результат.

5.2) При вимірюванні вологості повітря перемикач «V» - «Живлення» ставиться в положення «220В». Перемикач «Режим роботи» встановлюється в положення «%». При цьому до сельсина приймача M_4 підключається сельсин датчик M_3 вимірювача вологості і на них подається живлення. Виміряти величину вологості повітря приладом на вимірювальному пульті (шкала для відносної вологості в %). Зафіксувати результат.

Порядок оформлення звіту та його представлення на захист.

За результатами виконаної лабораторної роботи кожний студент представляє та захищає звіт індивідуально. Він повинен містити такі дані:

- 1) тема лабораторної роботи;
- 2) мета лабораторної роботи;
- 3) короткі теоретичні відомості;
- 4) порядок проведення лабораторної роботи;
- 5) виміряні параметри та порядок обробки результатів досліджень, таблиці та графіки;
- 6) висновки.

Перелік використаної літератури

1. Корбан В.Х. Методи гідрометеорологічних вимірювань. Конспект лекцій. Одеса-2010. ТЕС. 400с.
2. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.:Гидрометеоиздат, 1978. – 390 с.
3. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. вип. 3, ч.1, ДГМС. Київ. 2011р. 278 с.

Лабораторна робота № 3

Складається з двох частин:

- лабораторна робота № 3 А *Вимірювання висоти нижньої межі хмар світлолокаційним методом.*
- лабораторна робота № 3 Б *«Дослідження чашкового опадоміра».*

Лабораторна робота № 3 А

„ Вимірювання висоти нижньої межі хмар світлолокаційним методом ”

Мета роботи – вивчити методи та засоби вимірювання висоти нижньої межі хмар світлолокаційним методом.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. Після проведення лабораторної роботи студент повинен:

знати:

- фізичну основу світлолокаційного методу;
- склад вимірювача висоти нижньої межі хмар «ИВО-1М»;
- принцип роботи датчика світлових імпульсів;
- принцип роботи приймача світлових імпульсів;
- принцип роботи пульта керування та індикаторно-вимірювального пристрою;

вміти:

- перевіряти й налаштувати апаратуру «ИВО-1М»;
- вимірювати висоту нижньої межі хмар.

Основні теоретичні відомості

В світлолокаційних установках висота нижньої межі хмар визначається за часом τ , за який світло проходить шлях від точки вимірювання до хмари і назад (див. рис.14). Через те, що швидкість світла відома ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с), то, вимірявши τ , можна визначити H за формулою

$$H = \frac{c \tau}{2}. \quad (6)$$

Установки цього типу не потребують вимірювальної бази, тому що посылка світлового імпульсу і прийом його після відбиття від хмари проводяться в одній точці (пункті). Вимірювання за допомогою таких установок можуть проводитися в будь-який час доби. Враховуючи велику

швидкість світла, пристрої таких установок повинні забезпечити τ з високою точністю (до 10^{-7} с). При такій точності вимірювання висоти низької хмарності можливе з 30 м. Світлолокаційні установки дозволяють отримувати висоту нижньої межі хмар безпосередньо в метрах.

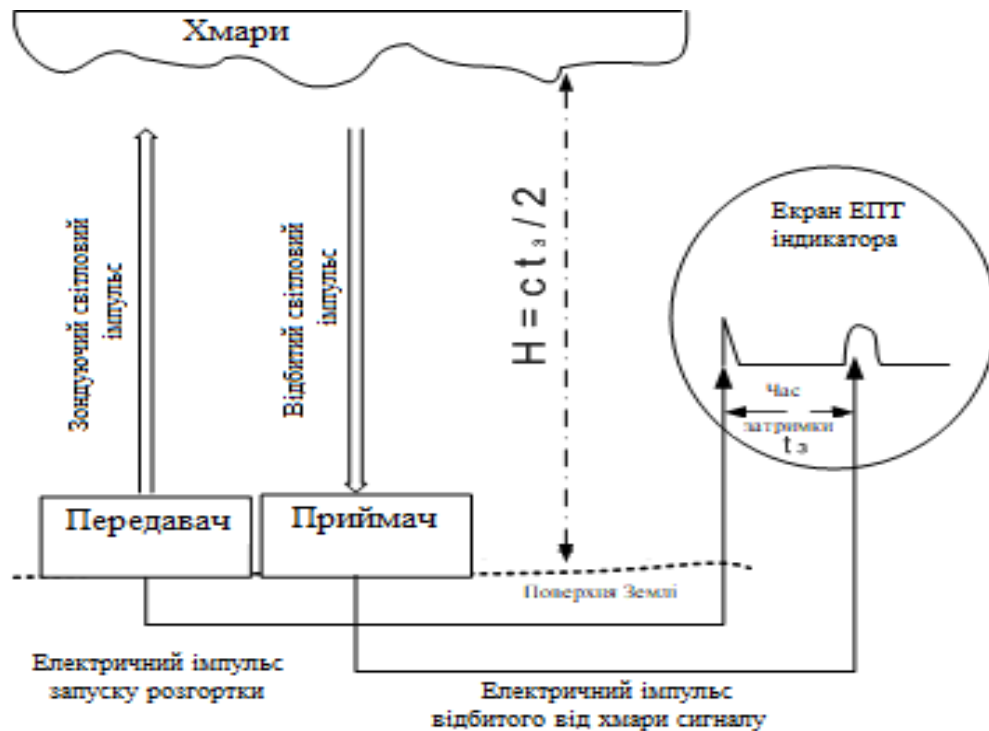


Рис. 14 - Принцип дії «ИВО-1М»

Вимірювач висоти нижньої межі хмар «ИВО-1М» складається з передатчика і приймача світлових імпульсів (рис.15), пульта керування з індикаторно-вимірювальним пристроєм і комплекту з'єднувальних кабелів.

Передатчик і приймач імпульсів встановлюються в місці вимірювань, а пульт керування - в приміщенні, віддаленому від них не більше ніж на 150 м.

«ИВО-1М» забезпечує можливість вимірювання висоти нижньої межі хмар в межах від 30 до 1000 м в будь-який час доби, при будь-якій температурі атмосферного повітря, проте при туманах нижче 30 м і опадах результати вимірювань недостовірні.

При роботі «ИВО-1М» датчик за допомогою імпульсної лампи, яка поміщена у фокусі увігнутого дзеркала, посилає вертикально вгору імпульси світла. Після відбивання від хмари ці імпульси світла попадають до приймача на увігнуте дзеркало, у фокусі якого розташований катод фотоелектронного помножувача. Оптичні системи передавача (дзеркало і лампа) і приймача (дзеркало і фотопомножувач) змонтовані на карданних

підвісах, які забезпечують при установці їх самоюстировку таким чином, що оптичні осі їх установлюють строго вертикально.

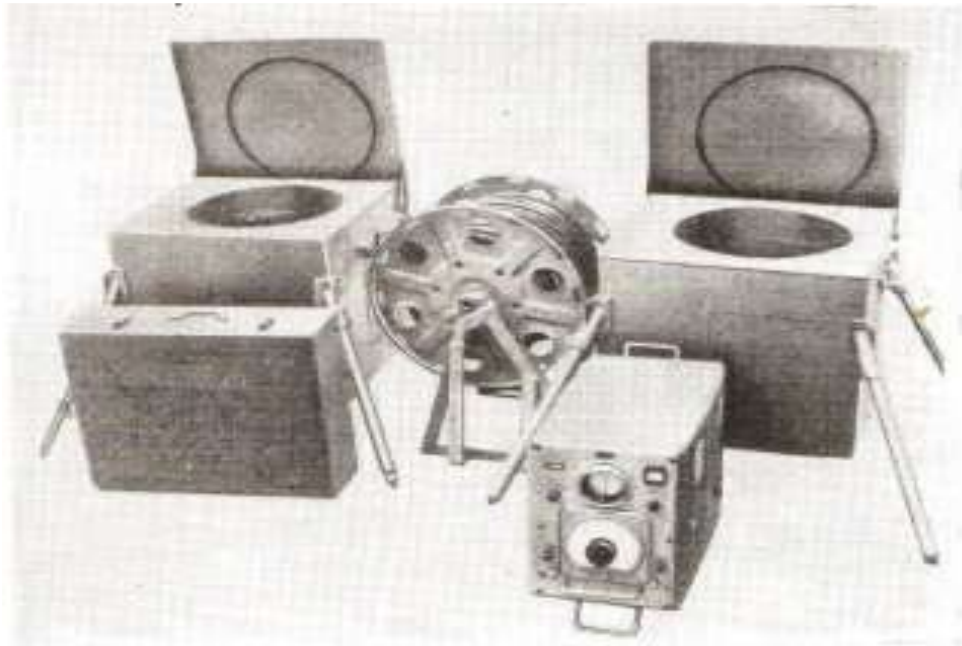


Рисунок 15 - Комплект установки «ИВО-1М»:
передатчик (зліва) і приймач (справа) світлових імпульсів, індикаторно-вимірвальний пристрій (попереду), з'єднувальні кабелі (посередині).

Датчик і приймач імпульсів змонтовані в прямокутних (кубічних) корпусах з круглим скляним вікном з кришками, які керуються електродвигунами. Корпуса датчиків установлюються на опорних ніжках. Завдяки карданним підвісам (оптичних схем) датчик і приймач не потребують точної установки по рівню.

В пульті керування зосереджені органи керування датчиком і приймачем імпульсів, вимірвальна схема і блок живлення. Пульт керування зібраний в корпусі прямокутної форми. На передній його панелі (див. рис.16) знаходяться екран електронно-променевої трубки, контрольний вимірвальний прилад (з перемикачем) для вимірювання напруги живлення і частоти повторення імпульсів, виведені рукоятки керування і розміщені сигнальні лампочки увімкнення живлення і положення (зачинено або відчинено) кришок датчика і приймача імпульсів. До пульта управління приходять електричні імпульси від передавача в момент посилки світлових імпульсів, які виробляються з частотою 20 Гц протягом 5-10 с і від приймача, в момент приходу відбитих від нижньої кромки хмар світлових імпульсів.

На екрані електронно-променевої трубки ці імпульси напруги відображаються в моменти їх надходження від датчика у вигляді точки (від

якої йде пряма горизонтальна лінія – лінія розгортки часу, що запускається при надходженні імпульсу від передатчика) і від приймача у вигляді зображення розгорнутого в часі імпульсу. Відстань між зображеннями точки і переднього фронту імпульсу пропорційна часу проходження світла від місця установки датчика до хмари і від хмари до приймача (див. рис.14), отже, пропорційна висоті нижньої межі хмар. Пристрій, за допомогою якого проводиться вимірювання цієї відстані на екрані, забезпечує отримання висоти хмар в метрах. Як джерело світлових імпульсів використовується імпульсна лампа, яка встановлена у фокусі параболічного дзеркала.

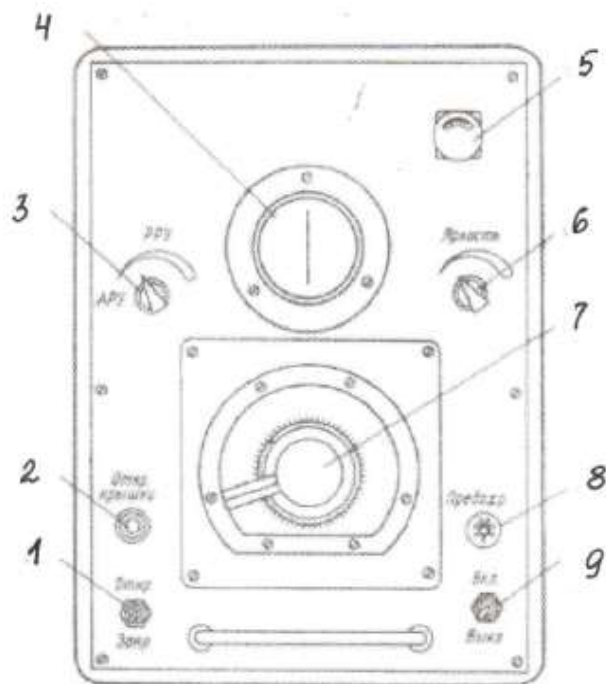


Рисунок 16 - Передня панель пульта управління «ИВО-1М»:
 3 - потенціометр «РРУ», 4 – екран ЭЛТ, 5 – прибор «Напряжение питания», 6 – потенціометр «Яркость», 7 – вимірювальний потенціометр «Высота», 9 – тумблер «ВКЛ» включення живлення.

Запитання для самоперевірки:

1. За яким принципом визначається висота нижньої межі хмар світлолокаційним методом?
2. З якою точністю вимірюється висота нижньої межі хмар світлолокаційним методом?
3. В яких одиницях вимірюється висота нижньої межі хмар світлолокаційним методом?

4. З яких вузлів складається вимірювач висоти нижньої межі хмар «ИВО-1М»?
5. Як розміщується апаратура «ИВО-1М» на робочій площадці?
6. В яких межах вимірюється висота нижньої межі хмар «ИВО-1М»?
7. В чому полягає принцип роботи передатчика світлових імпульсів «ИВО-1М»?
8. Які вузли знаходяться на пульті керування?

Опис приладів, устаткування та інструментів, які використовуються при виконанні лабораторної роботи.

1. Датчик світлових імпульсів.
2. Приймач світлових імпульсів.
3. Пульт керування з індикаторно-вимірювальним пристроєм.
4. Комплект з'єднувальних кабелів.

Правила техніки безпеки та охорони праці, необхідні при проведенні лабораторної роботи.

1. Вивчити правила техніки безпеки і розписатися в журналі.
2. В пульті керування та індикаторному пристрої є високовольтна напруга 2 кВ, яка небезпечна для життя. Всі вимірювання проводити тільки при повністю зібраному пристрою та закритих кришках і люках.
3. Увімкнення пристрою та початок роботи з ним дозволяється лише у присутності викладача або начальника лабораторії.
4. Закінчивши вимірювання, необхідно вимкнути «ИВО-1М» від мережі.
5. При відключенні мережної електричної енергії, всі органи керування перевести в початкове положення, і доповісти про це викладачу.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

1. Вмикати «ИВО-1М» без дозволу викладача і без заземлення корпусу пульта керування, приймача і передавача.
2. Дивитися в дзеркало передавача під час його роботи.
3. Відкривати лицьову панель пульта керування, де знаходиться джерело напруги 2 кВ.
4. Вмикати датчик світлових імпульсів на час більше 10 секунд і частіше, ніж через 2 хвилини.
5. Ремонтувати, розбирати і перевіряти електричні схеми при увімкненому живленні.
6. Користуватися у випадку займання електричного кола пінним вогнегасником, а лише порошковим або вуглекислотним.

Порядок проведення лабораторної роботи.

1. Перед виконанням лабораторної роботи проводиться усне опитування теоретичного матеріалу і визначення мети лабораторної роботи. Результати опитування заносяться до протоколу за підписом викладача.
2. Якщо студент отримав незадовільну оцінку з теоретичного матеріалу, то до виконання лабораторної роботи він не допускається.
3. Кожний студент проводить вимірювання нижньої межі хмар світлолокаційним методом.

Методика виконання лабораторної роботи № 3 А

1. Перевірити збірку установки «ИВО-1М» для проведення вимірювань нижньої межі хмар.
2. Тумблером S_2 (9), який знаходиться на передній панелі пульта справа знизу (рис.16) увімкнути живлення від мережі 220 В 50 Гц. При цьому повинне загорітися підсвічування шкали висоти; переконатися, що стрілка вимірювального приладу, що показує напруги живлення, знаходиться в межах темного сектора
3. Дати прогрітися апаратурі протягом п'яти хвилин після чого потенціометром $R15$ (6) «Яркость» відрегулювати яскравість освітлення трубки індикатора.
4. Ручку потенціометра $R6$ (3) «РРУ» (Ручне регулювання підсилювача) в установити в середнє положення.
5. Натиснути на рукоятку (7) «Высота» вимірювального потенціометру на передній панелі блоку керування. При натисненні освітлення шкали гасне, а загоряється імпульсна лампа передавача і на екрані ЕПТ (4) повинна з'явитися лінія розгортки (тривалість положення рукоятки в натисненому стані не повинна перевищувати 10 с). При цьому перемикається вимірювальний прилад з кола контролю напруги живлення в коло контролю частоти спалахів імпульсної лампи.
6. Поставити тумблер на лівій стінці пульта керування в положення „Калибр”. При короткому натисненні на рукоятку вимірювального потенціометру «Высота» на екрані ЕПТ повинні з'явитися калібрувальні мітки, підрахувати їх кількість; має спостерігатися щонайменше 10 міток.
7. При обертанні натисненої рукоятки (7) «Высота» калібрувальні мітки на екрані ЕПТ переміщуються відносно риски. Поділки шкали висот будуть зменшуватися в сторону збільшення висоти.
8. Закрити отвір приймача світлонепроникною кришкою і переконатися, що відображений імпульс на екрані зник, прибрати кришку.

9. Виміряти відстань за шкалою висот від початку розгортки „Імпульс датчика” до середини відбитого імпульсу. Ця відстань відповідає висоті нижньої межі хмар (ціна поділки шкали висот пульта керування дорівнює 20 м і оцифрована через 100 м).

10. Повторити операції за пунктами 8-10 тричі і усереднити отримані значення нижньої межі хмар, використовуючи формулу

$$H = \Sigma Ni / 3,$$

де Ni – значення висоти нижньої межі при i -тому вимірі;

$i = 1,2,3$ – номер вимірювання.

12. Потенціометром $R15$ (6) «Яркость» зменшити яскравість освітлення трубки індикатора і вимкнути тумблером (9) пристрій з мережі.

Порядок оформлення звіту та його представлення і захист.

Результати проведеної лабораторної роботи оформлюються протоколом. Він повинен містити такі дані:

- 1) тема лабораторної роботи;
- 2) мета лабораторної роботи;
- 3) короткі теоретичні відомості;
- 4) порядок проведення лабораторної роботи та отримані результати (таблиці та графіки);
- 5) висновки.

Перелік використаної літератури

1. Корбан В.Х. Методи гідрометеорологічних вимірювань. Конспект лекцій. Одеса-2010. ТЕС. 400с.
2. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.:Гидрометеиздат, 1978. – 390 с.
3. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. вип. 3, ч.1, ДГМС. Київ. 2011р. 278 с.

Лабораторна робота № 3 Б

«Дослідження чашкового опадоміра»

Мета роботи – вивчити принцип дії чашкового опадоміра, методику його тарування і відпрацювати навички обробки багаторазових вимірювань.

Завдання лабораторної роботи – після проведення лабораторної роботи студент повинен:

знати:

- принцип дії чашкового опадоміра;

уміти:

- проводити тарування чашкового опадоміра.

Короткі відомості з теорії.

На сучасному етапі розвитку гідрометеорологічних приладів на перше місце виходять вимоги автоматизації процесу вимірювання та їх цифровизація. Стосовно до засобів вимірювання опадів це виражається в переході від накопичувальної методики, коли є ємність досить великого об'єму призначена для збору опадів і їх зберігання за якийсь фіксований період часу, до методики коли опади збираються в ємність досить малого відомого обсягу - ω (чаші) і відбувається підрахунок кількості випорожнень цієї ємності - n . В цьому випадку, накопичене за час спостереження кількість опадів Ω обчислюється за формулою

$$\Omega = \omega \cdot n. \quad (7)$$

Для використання цього виразу необхідно експериментально встановити обсяг кожної чаші ω . Процес експериментального визначення величини ω і є **тарування опадоміра**.

Структура чашкового опадоміра яка реалізує цю методику має вигляд, представлений на рис.17.

Приймач опадів (1) являє собою лійку зі стандартною площею 200 см^2 відкритого приймального отвори. Вода, зібрана приймачем, по черзі наповнює вимірювальні чаші (2). Після чергового наповненні чаші, що знаходиться під воронкою, її центр ваги зміщується щодо осі, що призводить до її перекидання і спорожнення. При цьому датчик перекидання (3) формує на виході електричний імпульс. У лічильник (4) записується одиниця. В результаті, за час спостереження в лічильнику накопичиться число перекидань чаш - n . Знаючи обсяг однієї чаші - ω ,

отриманий при тарування, обчислювач (5) розраховує величину опадів за період спостереження.

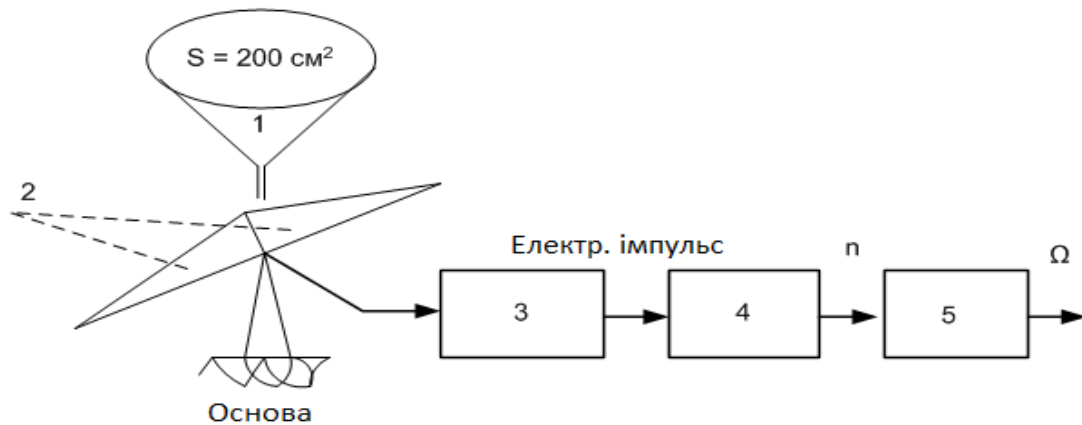


Рисунок 17 - Структура чашкового опадоміра:
 1 - приймач опадів, 2 - чаші, 3 - датчик перекидань, 4 - лічильник числа перекидань, 5 - обчислювач.

Запитання для самоперевірки:

1. Одиниці вимірювання опадів.
2. Чим досягається реалізація єдиних вимірювань опадів?
3. Що представляє з себе приймач опадів?
4. В чому суть процедури тарування опадоміра?
5. Порядок проведення тарування опадоміра.
6. Пояснить методику цілочисельної мажоритарної обробки результатів експериментів.
7. Як на практиці визначають кількість опадів?

Матеріальне забезпечення лабораторної роботи включає в себе:

- лабораторну установку чашкового опадоміру,
- кювету для збору води,
- джерело живлення,
- лійку для наповнення резервуара лабораторної установки.

Загальний вигляд обладнання представлений на рис. 16.

Порядок виконання роботи

Постановка завдання.

Є діючий макет чашкового опадоміра

Завдання 1.

Вивчити його конструкцію та принцип дії

Завдання 2.

Провести практично тарування чашкового опадоміра

Виконання завдання

1) Вивчити опис лабораторної роботи.

2) Провести тарування чашок опадоміру.

2.1) Наповнити резервуар установки водою заданого обсягу для цього:

- закрити вентиль на виході резервуара;

- використовуючи лійку наповнити резервуар установки, воду заливати акуратно до позначки (верхній зріз верхнього хомута кріплення резервуара), що відповідає заданим обсягом 0,5 літра.

2.2) Включити живлення установки, якщо на індикаторі загориться цифра відмінна від нуля, натиснуть кнопку «Сброс» повинна загорітися цифра нуль.

2.3) Провести перший цикл тарування для чого плавно відкрити вентиль на резервуарі, вода почне заповнювати чашу, яка в даний момент знаходиться вгорі, після того як вона наповниться відбудеться її перекидання (спорожнення) та на індикаторі повинна спалахнути цифра 1.



Рисунок 18 - Загальний вигляд обладнання лабораторної роботи

Надалі слід спостерігати за процесом і стежити за правильним порядком появи цифр. Після закінчення води в резервуарі зафіксувати цифру на індикаторі - n_1 .

Примітка. Якщо в процесі тарування стався «проскакування лічильника» результат n_1 не фіксується і цикл повторюється спочатку.

2.4) Підготувати лабораторну установку до наступного циклу вимірювань для чого:

- закрити вентиль на резервуарі;
- акуратно вийняти установку з кювети (дати стекти воді);
- використовуючи лійку злити воду з кювети в резервуар;
- встановити лабораторну установку в кювету.

2.5) Повторити процес тарування (п.п.2.1- 2.4) і отримати нове значення числа перекидань n_i . Зробити чотири - шість вдалих циклів тарування.

2.6) Методика проведення обробки багаторазових вимірювань. Зафіксовані кількості перекидань n_i , де $i = 1, 2, \dots$ є статистичний ряд на підставі якого необхідний отримати оцінку результатів вимірювань. Використовуємо методику цілочисельної мажоритарної обробки, яка полягає в наступному: аналізуємо отриманий статистичний ряд і вибираємо з нього найбільш часто зустрічається значення n_i , воно і буде прийнято за оцінку шуканої величини. У разі, коли в уже згадуваному ряду виявиться рівне (приблизно рівне) кількість значень n_i і n_j , оцінка знаходиться як середнє арифметичне їх значень.

Приклад цілочисельної мажоритарної обробки.

а) Статистичний ряд має вигляд: 7,7,6,8,7,7,8,7,7. Значення $n_i = 7$ зустрічається 6 разів з 9. Це значення і приймається в якості оцінки n .

б) Статистичний ряд має вигляд: 8,7,6,8,7,6,8,8,7,7,8,7,7. Значення $n_i = 7$ зустрічається 6 разів з 13, а $n_j = 8$ зустрічається 5 разів з 13. Таким чином, слідуючи методиці, знаходимо середнє арифметичне значень $n_i = 7$ і $n_j = 8$, яке буде однаково 7,5. Це значення і приймається в якості оцінки n .

2.7 Використовуючи вираз отриманий з формули (7) визначити обсяг чаші при $\Omega = 500 \text{ см}^3$, який дорівнює:

$$\omega = \Omega / n, [\text{см}^3] \quad (8)$$

2.8 Зробити висновки за роботою.

Зміст звіту .

Кожен студент повинен підготувати звіт самостійно. Звіт повинен містити:

- титульний аркуш;

- накреслену структуру опадоміра;
- статистичний ряд, отриманий експериментально, n_i , де $i = 1, 2, \dots$;
- розрахунок за формулою (8) тарованого обсягу чаші;
- висновки по роботі.

Перелік використаної літератури

1. Корбан В.Х. Методи гідрометеорологічних вимірювань. Конспект лекцій. Одеса-2010. ТЕС. 400с.
2. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.:Гидрометеоиздат, 1978. – 390 с.
3. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. вип. 3, ч.1, ДГМС. Київ. 2011р. 278 с.

Додаток до лабораторної роботи № 1

Таблиця А1 - Приведення показань барометра до нормальної сили тяжіння

Широта		Показання барометра, мб											
„ - „	„ + „	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710
0°	90°	1,56	1,59	1,61	1,64	1,65	1,68	1,72	1,74	1,76	1,78	1,81	1,84
1	89	1,55	1,58	1,61	1,64	1,65	1,68	1,71	1,73	1,76	1,78	1,81	1,84
2	88	1,55	1,58	1,60	1,63	1,65	1,68	1,71	1,73	1,76	1,78	1,81	1,84
3	87	1,55	1,58	1,60	1,63	1,65	1,68	1,71	1,73	1,74	1,77	1,81	1,84
4	86	1,54	1,56	1,60	1,63	1,64	1,67	1,69	1,72	1,74	1,77	1,80	1,82
5	85	1,54	1,56	1,59	1,61	1,63	1,65	1,69	1,72	1,73	1,76	1,78	1,81
6	84	1,52	1,55	1,58	1,60	1,63	1,65	1,68	1,71	1,72	1,74	1,77	1,80
7	83	1,51	1,55	1,56	1,59	1,61	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76	1,78
8	82	1,50	1,52	1,55	1,58	1,60	1,63	1,64	1,67	1,69	1,72	1,74	1,77
9	81	1,48	1,51	1,54	1,56	1,58	1,60	1,63	1,65	1,68	1,71	1,73	1,76
10	80	1,47	1,50	1,51	1,54	1,56	1,59	1,61	1,64	1,65	1,68	1,71	1,73
11	79	1,44	1,47	1,50	1,52	1,54	1,58	1,59	1,61	1,63	1,65	1,68	1,71
12	78	1,41	1,44	1,47	1,50	1,52	1,55	1,56	1,59	1,61	1,64	1,65	1,68
13	77	1,40	1,42	1,44	1,47	1,50	1,52	1,54	1,56	1,59	1,61	1,63	1,65
14	76	1,37	1,40	1,41	1,44	1,47	1,50	1,51	1,54	1,56	1,59	1,60	1,62
15	75	1,34	1,37	1,38	1,41	1,44	1,47	1,48	1,51	1,52	1,55	1,58	1,60
16	74	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,45	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56
17	73	1,29	1,32	1,33	1,36	1,37	1,40	1,41	1,44	1,47	1,50	1,51	1,54
18	72	1,25	1,28	1,29	1,32	1,34	1,37	1,38	1,41	1,42	1,45	1,47	1,50
19	71	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,34	1,37	1,38	1,41	1,42	1,45
20	70	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,34	1,37	1,38	1,41
21	69	1,16	1,19	1,20	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,34	1,37
22	68	1,12	1,15	1,16	1,18	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,34
23	67	1,08	1,11	1,12	1,14	1,15	1,18	1,19	1,20	1,23	1,25	1,25	1,28
24	66	1,04	1,06	1,08	1,10	1,11	1,14	1,15	1,16	1,18	1,20	1,21	1,24
25	65	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,10	1,11	1,12	1,14	1,16	1,18	1,19
26	64	0,96	0,97	0,98	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,11	1,12	1,14
27	63	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	1,00	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08
28	62	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02
29	61	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97
30	60	0,78	0,80	0,81	0,81	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92
31	59	0,74	0,75	0,76	0,76	0,78	0,80	0,81	0,81	0,83	0,84	0,85	0,87
32	58	0,68	0,70	0,71	0,71	0,72	0,75	0,76	0,76	0,78	0,79	0,80	0,80
33	57	0,62	0,64	0,65	0,67	0,68	0,70	0,71	0,71	0,72	0,74	0,75	0,75
34	56	0,58	0,60	0,61	0,61	0,62	0,64	0,65	0,65	0,65	0,67	0,67	0,68
35	55	0,53	0,54	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,60	0,61	0,61	0,62
36	54	0,48	0,49	0,51	0,51	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,56	0,56	0,56
37	53	0,43	0,44	0,45	0,45	0,45	0,47	0,48	0,48	0,48	0,49	0,51	0,51
38	52	0,38	0,39	0,39	0,39	0,40	0,41	0,41	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44
39	51	0,32	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,38	0,38	0,39
40	50	0,27	0,28	0,28	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32
41	49	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25
42	48	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
43	47	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
44	46	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
45	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Продовження табл.А1

Широта		Показання барометра, мб											
„- „	„+ „	720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820	830
0°	90°	1,87	1,90	1,92	1,95	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,10	2,12	2,15
1	89	1,87	1,90	1,92	1,95	1,98	2,00	2,02	2,04	2,07	2,10	2,12	2,15
2	88	1,87	1,90	1,92	1,94	1,96	1,99	2,02	2,04	2,07	2,09	2,12	2,14
3	87	1,85	1,88	1,91	1,94	1,96	1,99	2,01	2,04	2,06	2,09	2,11	2,14
4	86	1,84	1,87	1,91	1,94	1,95	1,98	2,00	2,03	2,05	2,08	2,10	2,13
5	85	1,84	1,87	1,90	1,92	1,94	1,96	1,99	2,02	2,04	2,07	2,09	2,12
6	84	1,82	1,85	1,88	1,91	1,92	1,95	1,98	2,00	2,03	2,05	2,08	2,10
7	83	1,81	1,84	1,87	1,90	1,91	1,94	1,96	1,98	2,01	2,03	2,06	2,08
8	82	1,78	1,81	1,84	1,87	1,90	1,92	1,94	1,97	1,99	2,02	2,04	2,06
9	81	1,77	1,80	1,82	1,85	1,87	1,90	1,92	1,95	1,97	2,00	2,02	2,04
10	80	1,74	1,77	1,80	1,82	1,85	1,88	1,90	1,92	1,95	1,97	2,00	2,02
11	79	1,73	1,76	1,77	1,80	1,82	1,85	1,87	1,90	1,92	1,94	1,97	1,99
12	78	1,71	1,73	1,76	1,78	1,80	1,82	1,85	1,87	1,89	1,92	1,94	1,96
13	77	1,68	1,71	1,72	1,74	1,77	1,80	1,82	1,84	1,86	1,89	1,91	1,93
14	76	1,64	1,67	1,69	1,72	1,73	1,76	1,78	1,81	1,83	1,85	1,88	1,90
15	75	1,61	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,77	1,79	1,82	1,84	1,86
16	74	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67	1,69	1,71	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82
17	73	1,55	1,58	1,59	1,61	1,63	1,65	1,68	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78
18	72	1,51	1,54	1,55	1,58	1,59	1,61	1,63	1,66	1,68	1,70	1,72	1,74
19	71	1,47	1,50	1,51	1,54	1,55	1,56	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67	1,69
20	70	1,42	1,45	1,47	1,50	1,51	1,54	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65
21	69	1,38	1,41	1,42	1,45	1,47	1,50	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60
22	68	1,34	1,36	1,37	1,40	1,41	1,44	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55
23	67	1,29	1,32	1,33	1,36	1,37	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,49
24	66	1,25	1,27	1,28	1,31	1,32	1,34	1,35	1,37	1,39	1,40	1,42	1,44
25	65	1,20	1,23	1,23	1,25	1,27	1,29	1,30	1,32	1,33	1,35	1,37	1,38
26	64	1,15	1,18	1,18	1,20	1,21	1,23	1,24	1,26	1,28	1,29	1,31	1,32
27	63	1,10	1,12	1,12	1,15	1,16	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23	1,25	1,26
28	62	1,04	1,07	1,07	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,19	1,20
29	61	0,98	1,00	1,01	1,02	1,04	1,07	1,07	1,08	1,10	1,11	1,13	1,14
30	60	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,08
31	59	0,88	0,89	0,91	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	1,00	1,01
32	58	0,81	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94
33	57	0,76	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,88	0,84	0,85	0,87	0,88
34	56	0,70	0,71	0,72	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81
35	55	0,64	0,65	0,67	0,67	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74
36	54	0,57	0,58	0,58	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,66
37	53	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54	0,56	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59
38	52	0,45	0,45	0,45	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52
39	51	0,39	0,40	0,40	0,40	0,41	0,41	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45
40	50	0,32	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37
41	49	0,25	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,33	0,30
42	48	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23
43	47	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
44	46	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08
45	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Продовження табл.А1

Широта		Показання барометра, мб											
„- „	„+ „	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940	950
0°	90°	2,18	2,20	2,23	2,25	2,28	2,30	2,33	2,36	2,38	2,41	2,43	2,46
1	89	2,17	2,20	2,22	2,25	2,28	2,30	2,33	2,35	2,38	2,41	2,43	2,46
2	88	2,17	2,20	2,22	2,25	2,27	2,30	2,32	2,35	2,38	2,40	2,43	2,46
3	87	2,16	2,19	2,22	2,24	2,27	2,29	2,32	2,34	2,37	2,40	2,42	2,45
4	86	2,15	2,18	2,21	2,23	2,26	2,28	2,31	2,33	2,36	2,39	2,41	2,44
5	85	2,14	2,17	2,20	2,22	2,25	2,27	2,30	2,32	2,35	2,37	2,40	2,42
6	84	2,13	2,15	2,18	2,20	2,23	2,25	2,28	2,31	2,33	2,36	2,38	2,41
7	83	2,11	2,13	2,16	2,19	2,21	2,24	2,26	2,29	2,31	2,34	2,36	2,39
8	82	2,09	2,11	2,14	2,17	2,19	2,22	2,24	2,27	2,29	2,32	2,34	2,37
9	81	2,07	2,09	2,12	2,14	2,17	2,19	2,22	2,24	2,27	2,29	2,32	2,34
10	80	2,04	2,07	2,09	2,12	2,14	2,17	2,19	2,22	2,24	2,26	2,29	2,31
11	79	2,02	2,04	2,06	2,09	2,11	2,14	2,16	2,19	2,21	2,23	2,26	2,28
12	78	1,99	2,01	2,04	2,06	2,08	2,11	2,13	2,15	2,18	2,20	2,23	2,25
13	77	1,96	1,98	2,00	2,03	2,05	2,07	2,10	2,12	2,14	2,17	2,19	2,21
14	76	1,92	1,94	1,97	1,99	2,01	2,04	2,06	2,08	2,10	2,13	2,15	2,17
15	75	1,88	1,91	1,93	1,95	1,97	2,00	2,02	2,04	2,04	2,09	2,11	2,13
16	74	1,84	1,87	1,89	1,91	1,93	1,95	1,98	2,00	2,02	2,04	2,06	2,09
17	73	1,80	1,82	1,85	1,87	1,89	1,91	1,93	1,95	1,98	2,00	2,02	2,04
18	72	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,89	1,91	1,93	1,95	1,97	1,99
19	71	1,71	1,73	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	1,90	1,92	1,94
20	70	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,77	1,79	1,81	1,83	1,85	1,87	1,88
21	69	1,62	1,64	1,66	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,77	1,79	1,81	1,83
22	68	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,71	1,73	1,75	1,77
23	67	1,51	1,53	1,55	1,57	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,67	1,69	1,71
24	66	1,46	1,47	1,49	1,51	1,53	1,54	1,56	1,58	1,59	1,61	1,63	1,65
25	65	1,40	1,42	1,43	1,45	1,47	1,48	1,50	1,52	1,53	1,55	1,57	1,58
26	64	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,42	1,44	1,45	1,47	1,48	1,50	1,52
27	63	1,28	1,30	1,31	1,32	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45
28	62	1,22	1,23	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,32	1,33	1,35	1,36	1,38
29	61	1,15	1,17	1,18	1,19	1,21	1,22	1,24	1,25	1,26	1,28	1,29	1,30
30	60	1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	1,15	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23
31	59	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15
32	58	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08
33	57	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
34	56	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
35	55	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84
36	54	0,67	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76
37	53	0,60	0,61	0,62	0,62	0,63	0,64	0,64	0,65	0,66	0,66	0,67	0,68
38	52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,60
39	51	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,51
40	50	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,43
41	49	0,30	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34
42	48	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26
43	47	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17
44	46	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09
45	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Продовження табл. А1

Широта		Показання барометра, мб											
„ - „	„ + „	960	970	980	990	1000	1010	1013	1020	1030	1040	1050	1060
0°	90°	2,49	2,51	2,54	2,56	2,59	2,62	2,62	2,64	2,67	2,69	2,72	2,73
1	89	2,48	2,51	2,54	2,56	2,59	2,61	2,62	2,64	2,66	2,69	2,72	2,74
2	88	2,48	2,51	2,53	2,56	2,58	2,61	2,62	2,64	2,66	2,69	2,71	2,74
3	87	2,47	2,50	2,52	2,55	2,58	2,60	2,61	2,63	2,65	2,68	2,71	2,73
4	86	2,46	2,49	2,51	2,54	2,56	2,59	2,60	2,62	2,64	2,67	2,69	2,72
5	85	2,45	2,48	2,50	2,53	2,55	2,58	2,59	2,60	2,63	2,65	2,68	2,70
6	84	2,43	2,46	2,48	2,51	2,53	2,56	2,57	2,58	2,61	2,63	2,66	2,68
7	83	2,41	2,44	2,46	2,49	2,51	2,54	2,55	2,56	2,59	2,61	2,64	2,66
8	82	2,39	2,42	2,44	2,47	2,49	2,51	2,52	2,54	2,56	2,59	2,61	2,64
9	81	2,36	2,39	2,41	2,44	2,46	2,49	2,50	2,51	2,54	2,56	2,59	2,61
10	80	2,34	2,36	2,38	2,41	2,43	2,46	2,47	2,48	2,51	2,53	2,56	2,58
11	79	2,30	2,33	2,35	2,38	2,40	2,42	2,43	2,45	2,47	2,50	2,52	2,54
12	78	2,27	2,30	2,32	2,34	2,37	2,39	2,40	2,42	2,44	2,46	2,49	2,51
13	77	2,24	2,26	2,28	2,30	2,33	2,35	2,36	2,38	2,40	2,42	2,44	2,47
14	76	2,20	2,22	2,24	2,26	2,29	2,31	2,32	2,33	2,36	2,38	2,40	2,42
15	75	2,15	2,18	2,20	2,22	2,34	2,26	2,27	2,29	2,31	2,33	2,36	2,38
16	74	2,11	2,13	2,15	2,17	2,20	2,22	2,23	2,24	2,26	2,28	2,31	2,33
17	73	2,06	2,08	2,10	2,13	2,15	2,17	2,18	2,19	2,21	2,23	2,25	2,28
18	72	2,01	2,03	2,05	2,07	2,10	2,12	2,12	2,14	2,16	2,18	2,20	2,22
19	71	1,96	1,98	2,00	2,02	2,04	2,06	2,07	2,08	2,10	2,14	2,16	2,18
20	70	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,01	2,02	2,04	2,06	2,08	2,10
21	69	1,85	1,87	1,89	1,90	1,92	1,94	1,95	1,96	1,98	2,00	2,02	2,04
22	68	1,79	1,81	1,82	1,84	1,86	1,88	1,89	1,90	1,92	1,94	1,96	1,97
23	67	1,73	1,75	1,77	1,78	1,80	1,82	1,83	1,84	1,86	1,87	1,89	1,91
24	66	1,66	1,68	1,70	1,72	1,73	1,75	1,76	1,77	1,79	1,80	1,82	1,84
25	65	1,60	1,62	1,63	1,65	1,67	1,68	1,69	1,70	1,72	1,73	1,75	1,77
26	64	1,53	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,66	1,68	1,69
27	63	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,54	1,55	1,57	1,58	1,60	1,61
28	62	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54
29	61	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39	1,39	1,40	1,41	1,43	1,44	1,46
30	60	1,24	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37
31	59	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,28	1,29
32	58	1,09	1,10	1,11	1,12	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
33	57	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12
34	56	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03
35	55	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94
36	54	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84	0,65
37	53	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76
38	52	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66
39	51	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,57	0,57
40	50	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	0,48
41	49	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38
42	48	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29
43	47	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19
44	46	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10
45	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблиця А 2 - Приведення показань барометра до температури 0°

Темпе- ратура	Показання барометра, мб																			
	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660
0,5°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
4,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
4,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
5,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
6,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
6,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
7,0	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
7,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
8,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
8,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
9,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
9,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
10,5	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
11,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
11,5	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
12,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3
12,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4
13,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
13,5	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
14,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5
14,5	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6

Продовження табл.А2

Темпе- ратура	Показання барометра, мб																			
	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820	830	840	850	860
0,5°	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
2,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
3,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
3,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
4,0	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
4,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
5,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
5,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
6,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
6,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
7,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
7,5	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
8,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
8,5	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2
9,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3
9,5	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
10,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
10,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
11,0	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
11,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
12,0	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7
12,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
13,0	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
13,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9
14,0	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0
14,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0

Продовження табл. А2

Темпе-	Показання барометра, мб																			
--------	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

рагура	870	880	890	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060
0,5°	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
1,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
2,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
2,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
3,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
3,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
4,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
4,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
5,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
5,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0
6,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6,5	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
7,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
7,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
8,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
8,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
9,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6
9,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6
10,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
10,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
11,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
11,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
12,0	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
12,5	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2
13,0	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
13,5	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
14,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,4
14,5	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5

Продовження табл. А2

Темпе- ратура	Показання барометра, мб																			
	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660
15,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6
15,5	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7
16,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
16,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8
17,0	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8
17,5	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9
18,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
18,0	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0
19,0	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
19,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1
20,0	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2
20,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2
21,0	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3
21,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3
22,0	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4
22,5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
23,0	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5
23,5	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5
24,0	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6
24,5	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
25,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7
25,5	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7
26,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8
26,5	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8
27,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9
27,5	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0
28,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0
28,5	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1
29,0	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1
29,5	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2

Продовження табл.А2

Темпе- ратура	Показання барометра, мб																			
	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820	830	840	850	860
15,0	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1
15,5	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2
16,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2
16,5	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
17,0	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
17,5	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
18,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
18,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6
19,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7
19,5	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7
20,0	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
20,5	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9
21,0	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9
21,5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0
22,0	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1
22,5	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2
23,0	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2
23,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3
24,0	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4
24,5	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
25,0	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5
25,5	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6
26,0	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6
26,5	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7
27,0	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8
27,5	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8
28,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9
28,5	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0
29,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,0
29,5	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1

Продовження табл. А2

Темпе- ратура	Показання барометра, мб																			
	870	880	890	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060
15,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6
15,5	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7
16,0	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8
16,5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8
17,0	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9
17,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
18,0	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
18,0	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2
19,0	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3
19,5	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4
20,0	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4
20,5	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5
21,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6
21,5	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7
22,0	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8
22,5	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9
23,0	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0
23,5	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0	4,0
24,0	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1
24,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2
25,0	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3
25,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4
26,0	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5
26,5	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6
27,0	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6
27,5	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7
28,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8
	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9
	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0
	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1

Продовження табл.П2

Темпе- ратура	Показання барометра, мб																			
	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660
30,0	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2
30,5	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2
31,0	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3
31,5	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4
32,0	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4
32,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5
33,0	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6
23,5	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6
34,0	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7
34,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7
35,0	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8
35,5	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8
36,0	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9
36,5	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	3,9
37,0	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0
37,5	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0
38,0	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	4,1
38,5	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1
39,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2
39,5	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2
40,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3
40,5	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4

Продовження табл.П2

Темпе- ратура	Показання барометра, мб																			
	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820	830	840	850	860
30,0	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2
30,5	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3
31,0	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3
31,5	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4
32,0	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5
32,5	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6
33,0	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6
23,5	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7
34,0	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8
34,5	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8
35,0	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9
35,5	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0
36,0	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0
36,5	4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1
37,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2
37,5	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3
38,0	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,3
38,5	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,3	5,4
39,0	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5
39,5	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,5
40,0	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6
40,5	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження табл.П2

Температура	Показання барометра, мб																			
	870	880	890	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060
30,0	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2
30,5	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3
31,0	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4
31,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4
32,0	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5
32,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6
33,0	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7
23,5	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8
34,0	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9
34,5	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0
35,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0
35,5	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,1
36,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2
36,5	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,1	6,2	6,2	6,3
37,0	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4
37,5	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5
38,0	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6
38,5	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,5	6,5	6,6	6,7
39,0	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5	6,6	6,7	6,7
39,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6	6,6	6,7	6,8	6,8
40,0	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3	6,4	6,5	6,5	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,9
40,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-