

Практична робота №7. Вимірювання атмосферного тиску.

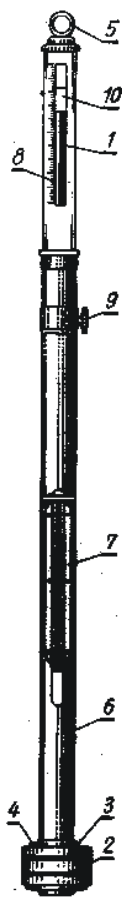
Атмосфера, як суміш газів, тисне на поверхню землі з певною силою. З другого боку кожний шар атмосфери тисне на нижче розташовані шари і відчуває тиск вище розташованих шарів атмосфери. Числовий вираз цієї сили тиску, віднесений до одиниці площі, називають тиском. Атмосферний тиск у будь-якій точці атмосфери визначається масою вертикального стовпа повітря, що простягається до меж атмосфери. В кожній точці атмосфери є певний атмосферний тиск, або тиск повітря.

Одиницею виміру тиску в системі СІ є Паскаль (Па), але до цього часу в метеорології і особливо в побуті використовуються одиниці виміру – міліметр ртутного стовпчика і мілібар (мм рт. ст., мб). Співвідношення між цими одиницями, тощо:

1 Па – 0,01 мбар – 0,75 мм рт. ст.;

1 мм рт. ст. – 133,3224 Па – 1.3332 мб.

1 мб – 0.01 Па – 0.75 мм рт. ст.



Мал. 6.1. Барометр ртутний чашковий.

З висотою тиск змінюється: зі збільшенням висоти він зменшується (на висоті 5 км тиск у два рази менший, ніж на рівні моря). Величина падіння тиску на одиницю приросту висоти називається *вертикальним баричним градієнтом* - $(-\frac{dP}{dZ})$, а барична формула $-P_2 = P_1 e^{-\frac{g}{RT_m}(Z_2 - Z_1)}$, де P – атмосферний тиск на верхньому рівні з приростом висоти $Z_2 - Z_1$; P_1 - атмосферний тиск на рівні Z_1 . T_m середня температура між висотними рівнями Z_1 і Z_2 ; R – постійна газова стала – $8,317 \times 10$ Дж/Кмоль К, показує як змінюється тиск з висотою, залежно від температури повітря.

Величина, зворотня вертикальному баричному градієнту $h = -\frac{dZ}{dP}$, що

характеризує висоту, на яку потрібно піднятися, щоб атмосферний тиск змінився на один міліметр ртутного стовпчика (1 мілібар) носить назву "баричний ступінь" (або барометричний). Чим більша висота і нижчий тиск, тим більший баричний ступінь. При одному і тому ж тиску баричний ступінь в теплому повітрі більший і тиск з висотою падає повільніше, ніж в холодному.

Для порівняння результатів вимірів тиску, на всіх метеорологічних станціях його прирівнюють до рівня моря за допомогою барометричної формули. Знаючи тиск на станції, що розташована на висоті Z над рівнем моря і температуру t на цій станції, спочатку вираховують середню температуру між температурами на даній станції і на рівні моря. Наприклад, якщо станція має висоту 300 м і температуру на ній 10°C , то для рівня моря температура буде дорівнювати $11,8^\circ\text{C}$ (вертикальний градієнт температури $0,6^\circ\text{C}$ на 100 м), а середня температура між станцією і рівнем моря $10,9^\circ\text{C}$. Після цього за вирахованою середньою температурою і тиском на станції знаходять тиск на рівні моря згідно формули Бабіне або барометричного ступеня: $Z = 16000 (1 +$

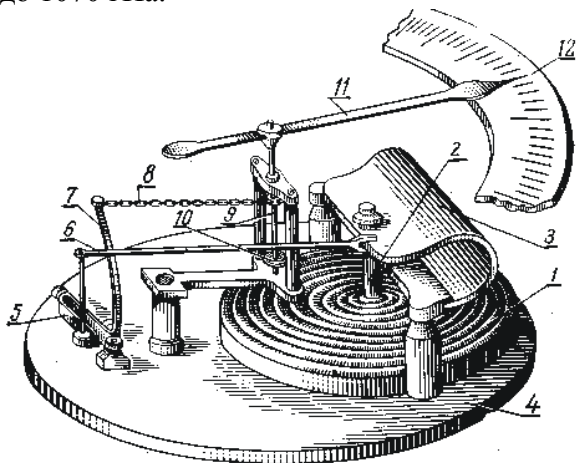
$$\alpha_{cp}) \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2},$$

де α – коефіцієнт температурного розширення рівний 0.004, P_1 і

P_2 тиски на нижньому і верхньому рівнях, t_{cp} – середня температура між двома рівнями. З цією метою також за цими формулами складають таблиці проведення тиску до рівня моря для кожної метеорологічної станції, (8, додаток 2).

На метеорологічних станціях, крім абсолютних значень атмосферного тиску, визначають величину і характер баричної тенденції, які використовуються під час прогнозування погоди. Значення тенденції визначають за зміною тиску протягом трьох годин між строками спостережень, а її характер – за видом кривої на стрічці барографа.

В метеорологічних спостереженнях атмосферний тиск вимірюється в основному за допомогою ртутних барометрів (СР – А). У цьому прикладі атмосферний тиск врівноважується тиском стовпчика ртуті і за зміною висоти ртутного стовпчика можна прогнозувати зміну атмосферного тиску. Ртутні барометри є трьох систем чашкові, сифонно-чашкові і сифонні. Промисловість випускає серійно тільки чашкові і сифонно-чашкові барометри. Вимірювання атмосферного тиску з їх допомогою зводиться до визначення висоти стовпа ртуті. Ртутний барометр на станції поміщають в спеціальну шафку, яка прикріплюється до стінки. В шафці барометр підвішують за кільце до спеціального гачка. Барометр не повинен піддаватись впливу різкої зміни температури та прямих сонячних променів. Межі вимірювань цього приладу від 810 до 1070 гПа.



Мал. 6.2. Механізм барометра анероїда.

Інший принцип вимірювання атмосферного тиску застосовується в анероїдах, барографах, радіозондах. Це так звані деформаційні барометри, принцип дії їх ґрунтується на деформації пружної, порожньої металевої коробки через зміну тиску. Найбільш поширені анероїди БАММ – 1 (барометр-анероїд Макланова і Манутлова) з діапазоном вимірювання атмосферного тиску від 600 до 800 мм рт.ст.з точністю +22 Па, М-67 (МД –49 –2) вимірює атмосферний тиск у межах від 600 до 790 мм рт. ст. з похибкою +0,8 мм рт. ст. При експлуатації анероїд (в коробці) повинен знаходитись в кімнаті, де немає різких змін температури.

Для безперервного запису змін атмосферного тиску застосовують барографи (М –22 АН). Барограф встановлюють недалеко від ртутного барометра (в приміщенні метеостанції). Залежно від годинникового механізму барографи є добові (Д) і тижневі (Т).

Контрольні питання:

1. В яких одиницях вимірюють атмосферний тиск?
2. Що називають вертикальним баричним градієнтом, баричним ступенем?
3. Як звести тиск на станції до тиску на рівні моря?
4. Які основні типи приладів для вимірювання атмосферного тиску?
5. Які поправки ртутного барометра?
6. Які поправки анероїда?
7. У чому суть барометричного нівелювання?
8. Як визначається барична тенденція?
9. Чому шкалу чашкового барометра називають компенсаційною?
10. Чому вимірюють температури повітря при барометричному нівелюванні?
11. Як здійснюється збільшення чутливості барографа?
12. Чому барограф, на відміну від інших приладів – самописців (термографа, гігрографа), встановлюють у приміщенні станції?

Завдання 1: Визначення атмосферного тиску за ртутним чашковим барометром.

Порядок виконання завдання:

1. Ознайомитись з будовою ртутного барометра.
2. Накреслити схему чашкового барометра.
3. Провести відлік за ртутним барометром і внести до нього поправки:
 - а) зробити відліки по термометру на барометрі з точністю до 0.10;

- б) довести менікс ртуті до нормального положення, злегка постукавши по металічній оправі барометра;
- в) поставити око на рівні менікса і опустити нижній зріз ноніуса до вершини менікса таким чином, щоб по краях залишались просвіти;
- г) провести відлік цілих ділень за шкалою і десятих долей, щоб збіглося одне із ділень ноніуса з діленням шкали.
4. Ввести на отримані відліки величин поправки:
- а) інструментальну (за паспортом барометра);
- б) температурну згідно встановлених коефіцієнтів;
- в) на силу тяжіння (поправки на ртуть і висоту над рівнем моря (8, додаток 4).
5. Привести виправлений тиск до рівня моря.
6. Результати спостережень і обрахунків записати в табл. 4.

Широта місця
спостережень

Таблиця 4
Висота барометра
над рівнем моря.

Температура повітря	Температура за барометром			Відлік за барометром	Поправка				Виправлений тиск		
	відлік	поправка	виправлена величина		інструментальна	температурна	на широту	на висоту	на рівні місця спостереження	на рівні моря	

Завдання 2 Визначення атмосферного тиску за анероїдом.

Порядок виконання завдання:

- Ознайомитись з будовою анероїда.
- Намалювати схему приладу
- Провести ряд відліків за анероїдом:
 - зробити відліки за термометром анероїда з точністю до 0,1°C;
 - легко постукавши пальцем по скляній кришці і діждавшись поки заспокоїться стрілка, відрахувати її положення відносно шкали з точністю до 0,1 мм (або 1 гПа). Око спостерігача повинно знаходитись над кінцем стрілки.
- Ввести поправки до показів анероїда (за паспортом приладу):
 - шкалову; б) температурну; в) додаткову.
- Звести виправлений тиск до тиску на рівні моря.
- Результати спостережень записати в табл. 5.

Дата
Анероїд №

Таблиця 5

Відлік за термометром анероїда	Відлік тиску	Поправки			Виправлений відлік анероїда	Тиск на рівні моря
		шкалова	температурна	додаткова		

Завдання 3. Ознайомлення з будовою і роботою барографа.

Порядок виконання завдання:

- Ознайомитись з принципом дії барографа.
- Накреслити схему барографа.
- Підготувати прилад до роботи:
 - відвести перо від барабана;
 - зняти барабан і вставити чисту стрічку (відмітивши на звороті дату і місце спостережень);

- в) завести годинниковий механізм і встановити барабан зі стрічкою на вісь;
- г) відрегулювати нажим пера на стрічку і наповнити перо чорнилом;
- д) встановити перо на ділення, яке відповідає виправленому показу ртутного барометра;
- е) повернути барабан самописця так, щоб положення пера на стрічці відповідало даному моменту часу і зазначити у верхньому лівому кутку стрічки час запису (з точністю до хвилини).

3. Визначити і записати барометричну тенденцію.

Завдання 4. Визначити перевищення г. Цитадель над вул. В. Стефаніка і вул. Коперніка (прилади: анероїд, термометр – пращ).

Порядок виконання завдання:

- а) зняти відліки за термометром і шкалою анероїда на вершині г. Цитадель і виміряти температуру повітря;
- б) спуститися на вул. В. Стефаніка і М. Коперніка і через 3 – 5 хв. взяти відліки за термометром і шкалою анероїда (згідно правил користування приладами);
- в) зробити трикратний вимір температури повітря за допомогою термометра – праща (з точністю до 0,1°C);
- г) після цього знову відрахувати тиск за анероїдом. Усіх відліків має бути чотири: відлік тиску і три відліки температури повітря;
- д) результати вимірювань записати в таблицю 6.

Таблиця 6.

Місце спостережень	Температура	Анероїд					Виправлений тиск	Середнє значення тиску	Перевищення г. Цитадель над вул. Стефаніка
		Відліки		Поправки					
		за термометром	за шкалою	шкалова	температ.	додаюча			
Вершина г. Цитадель.									
Вул. Стефаніка									

ж) вирахувати середні значення тиску і температури повітря;

е) користуючись формулою Бабіне визначити перевищення г. Цитадель над вул. Стефаніка; $Z = 16000 (1 + \alpha_{cp}) \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}$. де α - коефіцієнт температурного розширення рівний 0,0036, P_1 – тиск на рівні вул. Стефаніка; P_2 – тиск на вершині г. Цитадель;

є) розрахувати величини вертикального баричного градієнта і барометричного ступеня за даними барометричного нівелювання.

Завдання 5. Використовуючи дані Метеорологічних щомісячників скласти таблицю розподілу величин атмосферного тиску для вказаних пунктів і здійснити аналіз розподілу протягом року:

Виписати з щомісячників для даного пункту величини розподілу:

Таблиця 7.

Місяці	Середні, в ГПа	Максимальні, в ГПа	Мінімальні, в ГПа
Січень			
Грудень			
Середні за рік			
Максимальні за рік			
Мінімальні за рік			
Амплітуда			

1. Побудувати графіки розподілу середніх, мінімальних і максимальних показників відклавши по вісі абсцис – місяці, а по вісі ординат – величини тиску в ГПа.

2. Здійснити статистичний аналіз розподілу тиску протягом року, вирахувавши середньорічну величину, амплітуду та екстремальні величини.

3. Здійснити розподіл за порами року атмосферного тиску на основі статистичного опрацювання їх величин (Таблиця 8).

Таблиця 8.

Місяці	Зима	Весна	Літо	Осінь
Середні за рік, ГПа				
Максимальні за рік, ГПа				
Мінімальні за рік, ГПа				
Амплітуда				

Завдання 6. Здійснити аналіз розподілу величин атмосферного тиску на земній поверхні користуючись картами атласів та картосхемами в підручниках [10].

Список літератури.

1. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. – М., 1974.
2. Афиногенов Л.П., Грумин С.И., Романов Е.В. Аппаратура для исследования приземного слоя атмосферы. –Л., 1977.
3. Аверкиев М.С. и др. Метеорологический практикум.– М., 1970.
4. Волошина А.П. и др. Руководство к лабораторным занятиям по метеорологии и климатологии. //Под.ред. С.П. Хромова. – М., 1974.
5. Городецкий О.А. и др. Метеорологические приборы и технические средства наблюдений. – Л., 1991.
6. Евневич Т.В. и др. Метеорологический практикум. – М., 1981.
7. Колесник П.И. Метеорология: Практикум. – Киев, 1986.
8. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. ч. 1, 11, 111. – Л. 1965.
9. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. Л., 1978.
- 10.Хромов С.П. Метеорология и климатология. Л., 1983.