
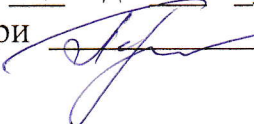


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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 друга.
(Лабораторні роботи №4-7)

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 12 від «23» травня 2023р.
Голова групи  Шакірзанова Ж.Р.

Затверджено
на засіданні кафедри АСМНСІ
Протокол № 14 від «22» квітня 2023р.
Завідувач кафедри  Перелигін Б.В.

Одеса - 2023

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 друга.
(Лабораторні роботи №4-7)

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 12 від «23» травня 2023р.
Голова групи Шакирзанова Ж.Р.

Одеса - 2023

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Методи та засоби гідрометеорологічних вимірювань», частина друга, 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, 2023.

Зміст

	Стр.
Передмова	5
Лабораторна робота № 4 «Вимірювання метеорологічної оптичної дальності»..	6
Лабораторна робота № 5 «Визначення вологості повітря»	22
Лабораторна робота № 6 «Актинометричні вимірювання»	31
Лабораторна робота № 7 « Вимірювання радіоактивності».....	49
Додаток до лабораторної роботи № 5	
Додаток 5.1 «Психометрична таблиця для води»	58
Додаток 5.2«Визначення відносної вологості психрометром Ассмана»	61
Додаток 5.3 «Визначення відносної вологості конденсаційним гігрометром»	62
Додаток 5.4 «Тиск насиченої водяної пари над поверхнею води»	63
Додаток 5.5 «Парціальний тиск водяної пари»	65
Додаток 5.6 «Вміст води в 1 м ³ повітря»	66

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 ІІ» 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 ПІ.

Таблиця ПІ. Оцінки за виконання лабораторних робіт першою частиною

Лабораторні роботи	Кількість балів	
	Максимальна	Залікова
<u>Лабораторна робота № 4</u> „ Вимірювання метеорологічної оптичної дальності ”	8	6
<u>Лабораторна робота № 5</u> „ Визначення вологості повітря ”	8	6
<u>Лабораторна робота № 6</u> „ Актинометричні вимірювання ”	8	6
<u>Лабораторна робота № 7</u> „ Вимірювання радіоактивності ”	4	3

Методичні вказівки містять: 66 сторінок тексту, 19 рисунків і креслень.

Лабораторна робота № 4 **«Вимірювання метеорологічної оптичної дальності»**

Мета роботи – навчитися виміряти коефіцієнт пропускання шару атмосфери і його перетворення в метеорологічну оптичну дальність за допомогою трансмісометра (засіб «ФІ-1»).

Завдання на підготовку до лабораторної роботи.

До початку лабораторної роботи студент повинен **знати:**

- діапазони вимірювань метеорологічної оптичної дальності (МОД) та коефіцієнта пропускання атмосфери;

- відносну інструментальну похибку вимірювання МОД;
- склад, будову і роботу трансмісометра;
- методику вимірювання МОД;

вміти:

- підготовлювати трансмісометр до роботи;
- проводити перевірку працездатності трансмісометра;
- проводити вимірювання МОД.

4.1 Основні технічні дані

Трансмісометр призначений для безперервного дистанційного вимірювання і реєстрації коефіцієнта пропускання шару атмосфери, що відповідає довжині бази (20 або 100м). Його загальний вигляд наведено на рис.4.1. Перетворювач функціональний (ПФ), який входить до складу трансмісометра, перетворює вимірне значення коефіцієнта пропускання атмосфери в метеорологічну оптичну дальність. Вимірювання можуть проводитися в будь-який час доби. Трансмісометр може бути використаний автономно або в складі метеостанцій.

При експлуатації блоки трансмісометра: БФ, ЩР, ПФ, СН, ВД устанавлюються в спеціальних захисних будках, ВБ знаходиться на відкритому повітрі. Штативи БФ, ВД, ВБ устанавлюються на бетонних основах.

Трансмісометр зберігає працездатність при температурі навколишнього середовища від -6°C до $+55^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості до 98 %, при температурі не більше $+40^{\circ}\text{C}$.

Діапазон вимірювання метеорологічної дальності видимості від 50 до 6000 м розбитий на 2 піддіапазони

- від 50 до 600 м (автоматичний режим) або до 1200м (ручний режим), вимірювання забезпечується при роботі з відбивачем ближнім (ОБ) на базі 20 м;

- від 240 до 6000 м - вимірювання забезпечується з відбивачем дальнім (ОД) на базі 100м.

Діапазон вимірювання коефіцієнта пропускання (за шкалами ПФ, БР) - від 8 до 90 % для вказаних значень МОД

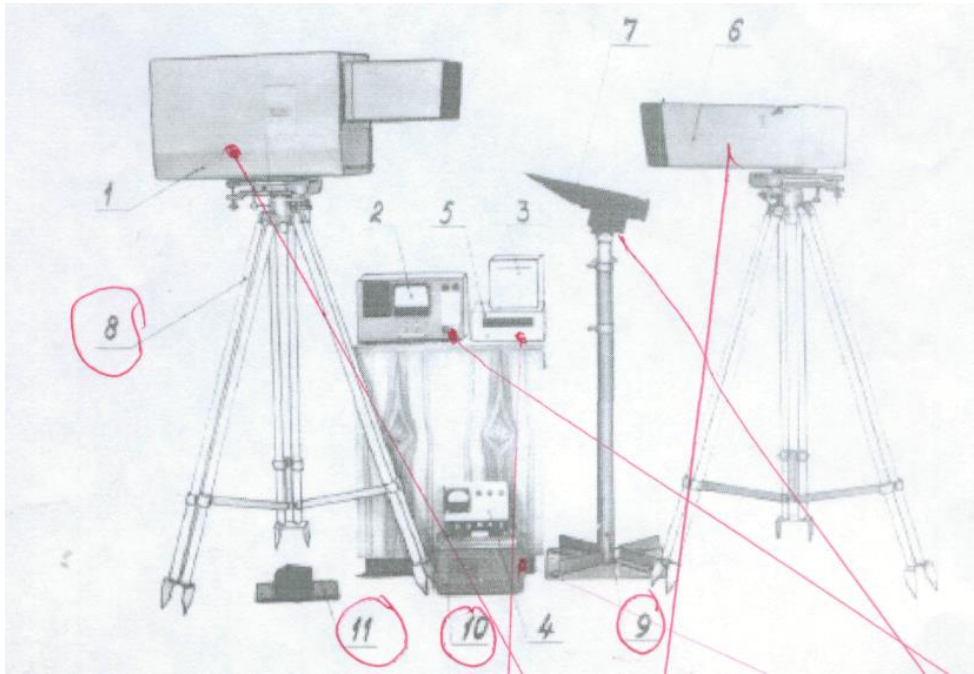


Рисунок 4.1 - Загальний вигляд трансмісметра:

- 1 - блок фотометричний(БФ) 2 - функціональний перетворювач; 3 - блок реєстрації (БР); 4 - щит розподільний (ЩР); 5 - вольтметр цифровий; б- відбивач дальній (ВД); 7 - відбивач ближній (ВБ); 8 - штатив фотометричного блоку і дальнього відбивача; 9 - штатив ближнього відбивача; 10 - стабілізатор напруги (СН); 11-оптичний замикач;

Основна відносна інструментальна похибка вимірювання МОД:

- в діапазоні 50-150 м не більше $\pm 20\%$;
- в діапазоні 150-250 м не більше $\pm 15\%$;
- в діапазоні 250-400 м не більше $\pm 10\%$;
- в діапазоні 400-1500 м не більше $\pm 7\%$ (з відбивачем ближнім);
- в діапазоні 400-600 м • $\pm 15\%$,
- в діапазоні 600-1200 м - $\pm 20\%$);
- в діапазоні 1500-3000 м не більше $\pm 10\%$;
- в діапазоні 3000-5000 м не більше $\pm 15\%$;
- в діапазоні 5000-6000 м не більше $\pm 20\%$.

Наведена основна інструментальна похибка вимірювання коефіцієнта пропускання нейтральних світлофільтрів не перевищує $\pm 2\%$ за шкалою ПФ і БР.

Верхня межа вихідної напруги фотометричного блоку, яка відповідає коефіцієнту пропускання 100% - (45 ± 1) В, а межі зміни вихідної напруги функціонального перетворювача при зміні МДВ - від 50 до 6000м ($0,05-6$) В.

Час відробки фотометром робочої ділянки шкали функціонального перетворювача від 6 до 90 % не перевищує 1 хв.

Вимірювальна база трансмісометра дорівнює $(100 \pm 0,5)$ м для роботи з дальнім відбивачем і $(20 \pm 0,1)$ м- для роботи з ближнім.

Автоматичний перехід та індикація переходу з однієї вимірювальної бази на іншу забезпечується у відповідності з вимірюваною МОД. Межа переходу з дальнього відбивача на ближній $-300\text{м} \pm 20\%$, з ближнього на дальній - $600\text{ м} \pm 20\%$.

Крім автоматичного переключення з однієї вимірювальної бази на іншу у трансмісометрі передбачене ручне (примусове) дистанційне переключення діапазонів при будь-якому значенні МОД.

Передача даних вимірювання і сигналу переключення діапазонів відбувається по чотирипровідній лінії зв'язку на відстані до 5 км при електричному опорі лінії не більше 2000 Ом і опорі між проводами і по відношенню до землі не менше 100 кОм.

Напруга живлення фотометра 220В ($+10\% \dots -15\%$), частота (50 ± 1) Гц.

Потужність, яку споживають блоки трансмісометра, включаючи обігрівання не перевищує 300 Вт.

Час приготування трансмісометра до роботи після першого вмикання складає ні більш 60 хв.

Метою даної роботи є вивчення оптичної та структурної схем трансмісометра (імпульсного фотометра «ФІ-1»), призначеного для наземних вимірів метеорологічної оптичної дальності видимості (МОД) та прозорості атмосфери.

4.2 Основні теоретичні пояснення

Трансмісометр (фотометр «ФІ-1») використовується як окремий прилад і у складі комплексних метеорологічних станцій (наприклад, станції «КРАМС»).

Структурну схему трансмісометра представлено на рис. 4.2. Принцип дії пристрою наступний. Світло від джерела – імпульсної газорозрядної лампи – формує два промені: зондуєчий та опорний. Зондуєчий промінь

збирається оптичною системою та зондує ділянку атмосфери від фотометричного блоку до відбивачів та назад. Їх два: ближній – ПРО та далекий – ОД. Відбиті промені уловлюється фотометричним блоком трансмісметра. Їхня інтенсивність залежить від прозорості атмосфери або від метеорологічної оптичної дальності (МОД). Фотометричний блок вимірює інтенсивність відбитих променів, порівнює їх із опорним (випромінюваним) і таким чином визначається прозорість атмосфери та МОД.

Для розширення діапазону вимірювань прилад має два відбивачі. Близький відбивач встановлюється на відстані 20 м від фотометричного блоку та використовується за малих значень МОД – від 50 до 600 м; дальній відбивач встановлюється на відстані 100 м і використовується при значеннях МОД від 240 до 6000 м. Таким чином діапазон вимірювання МОД за допомогою трансмісметра становить від 50 до 6000 м.

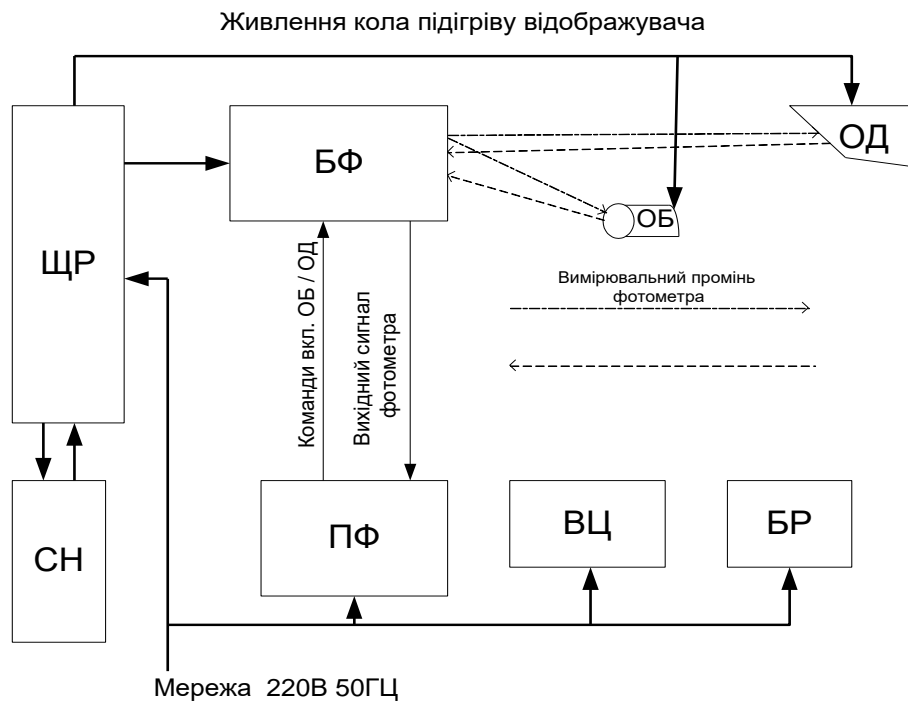


Рисунок 4.2 - Структурна схема трансмісметра (фотометра «ФІ-1»)

До складу приладу входить щит розподілу живлення (ЩР), що одержує мережа живлення 220В 50Гц і розподіляє його через стабілізатор напруги (СН) на блок фотометра (БФ) і не стабілізоване на живлення обігріву ОБ і ОД. Блок фотометра працює разом з функціональним перетворювачем (ПФ), що за допомогою команд керує вибором режиму роботи ВБ або ВД.

Крім цього геть перетворити вихідний сигнал блоку фотометра до виду зручному для роботи цифрового вольтметра (ОЦ) і блоку реєстрації (БР). Живлення ПФ, ОЦ і БР 220В 50Гц одержують від мережі крім стабілізатора напруги.

4.3 Оптична схема фотометра

Оптична схема фотометра зображена на рис.4. 4а. Джерелом світла є імпульсна газорозрядна лампа (ІГЛ). Лампа спалахує з частотою 50 Гц. Вона формує два пучки світла – зондувальний і опорний. Зондувальний пучок проходить через об'єктив ВБ, що перетворює його в слаборозходячий. Таким чином, що зондує пучок попадає на обидва відбивачі – дальній (ВД) і ближній (ВБ).

Дальній відбивач (ВД) представляє систему з п'яти трипіль-призм. Кут при вершині призми дорівнює 90° (рис. 3а). Основною властивістю кожної трипіль-призми є відображення світла в напрямку до джерела.

Таким чином, невелике відхилення відбивача від заданого напрямку не робить впливу на роботу приладу.

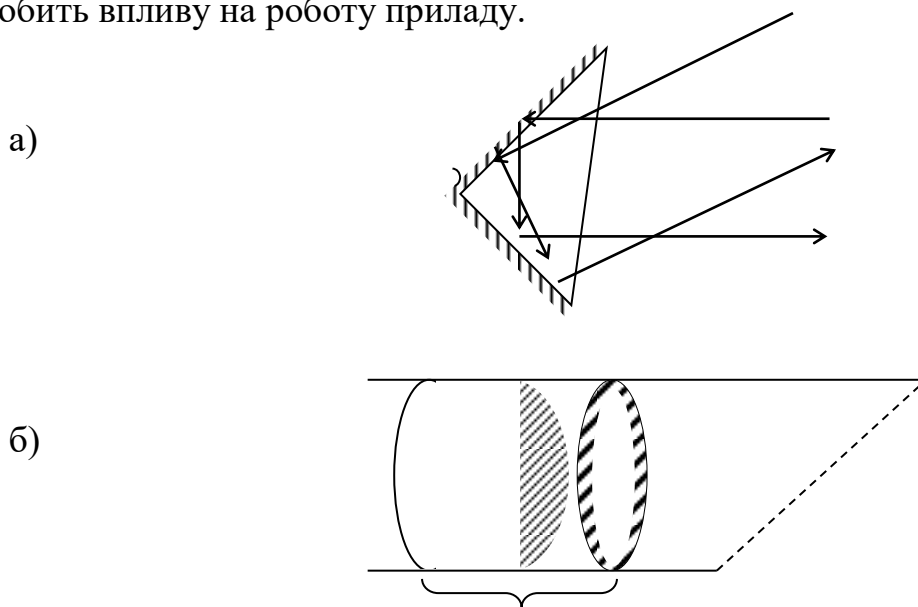


Рисунок 4.3 - Оптична схема відбивачей:

а) трипіль-призмений елемент дальнього відбивача (ВД);

б) оптична схема ближнього відбивача (ВБ).

Близький відбивач (ВБ) є системою з об'єктиву і увігнутого дзеркала (див. рис. 4.3б). Змінюючи відстань L між дзеркалом і лінзою об'єктива, можна змінювати кут розбіжності відбитого пучка світла, отже, і яскравість пучка.

Далекий відбивач розміщується на оптичній осі приладу. Близький відбивач зміщений щодо оптичної осі вниз і праворуч. Завдяки цьому, відбиті від ВД і ПРО промені світла йдуть різними траєкторіями. Обидва світлові пучки надходять на увігнуте дзеркало (Дз) (див. рис. 4.4а).

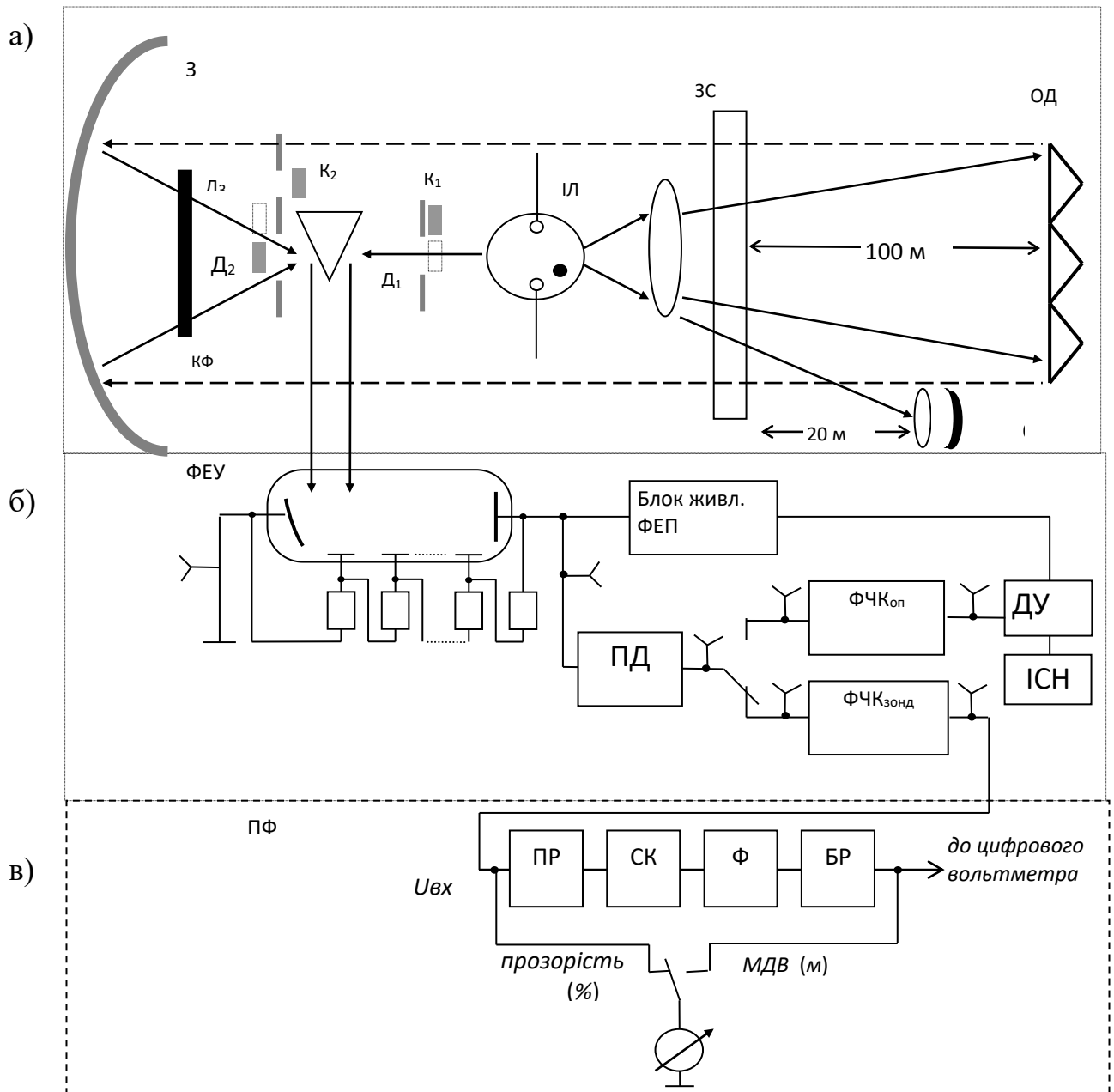


Рисунок 4.4 – Оптична схема трансмісометра (імпульсного фотометра «ФІ-1»)

а) – оптична схема «ФІ-1»: ІГЛ – імпульсна газорозрядна лампа; ОБ – об'єктив; ЗС – захисне скло; ВБ, ВД – відбивачі (ближній і далекий); Дз – сферичне дзеркало; Д₁, Д₂, Д₃ – діафрагми; ДО₁, ДО₂ – оптичні

комутатори, **Р** – клинчастий розсіювач, **КФ** – коригувальний фільтр; б) - блок-схема електричної частини «ФІ-1»: **ФЕП** – фотоелектронний помножувач; **ПД** – піковий детектор; **ДО** – електронний комутатор; **ФЧК_{зонд}**, **ФЧК_{оп}** – фільтри частоти комутації (зондувальний і опорний), **ДСН** – джерело стабілізованої напруги, **блок жив**; **БРН** – блок регулювання напруги живлення **ФЕП**; в) - блок-схема ПФ функціонального перетворювача: **ПР** - перетворювач, **СК** - каскади, що погодять, **Ф** - формувач, **БР** - блок релейний.

Світловий пучок від далекого відбивача проходить через діафрагму Д2, розташовану на оптичній осі приладу, а пучок від ближнього відбивача – через діафрагму Д3, розташовану трохи вище за оптичну осі. Для того, щоб скористатися одним із відбивачів, потрібно відкрити одну з діафрагм, а другу закрити. Це робиться за допомогою оптичного комутатора К2.

Для визначення МОД необхідно виміряти яскравість зондувального променя. Але його яскравість залежить як від МОД, а й від інтенсивності світіння лампи. У процесі вимірювань лампа може змінювати свою яскравість, отже, змінюватиметься яскравість зондувального променя. Для запобігання залежності вимірної напруги від яскравості лампи вводиться опорний канал. Опорний промінь світла проходить через діафрагму Д1 (див. рис. 4а). Обидва промені – зондуючий та опорний – потрапляють на клиноподібний розсіювач Р, і далі розсіяне світло йде на катод фотоелектронного помножувача.

Для забезпечення черговості надходження на розсіювач опорного та зондувального пучків передбачений оптичний комутатор К1, що закриває по черзі діафрагми Д1 та Д2 (у разі роботи з ВД) або Д1 та Д3 (при роботі з ПРО). Частота комутації світлових пучків становить 0,25 Гц. Таким чином, протягом двох секунд на розсіювач потрапляє зондуючий пучок, протягом наступних двох секунд - опорний. У свою чергу, кожен з пучків модулюється частотою 50 Гц – саме з такою частотою спалахує імпульсна лампа. Фотоелектронний помножувач (ФЕП) перетворює світлові імпульси на імпульси електричного струму.

Для приведення чутливості «ФІ-1» до чутливості ока в оптичній схемі передбачено коригуючий фільтр (КФ). Захисне скло (ЗС) захищає пристрій від впливу вологи та пилу.

4.4 Електрична схема фотометра

Структурну схему електричної частини фотометра зображено на рис. 4.4.б.

Електричний сигнал, що знімається з виходу ФЕП, по суті подібний до оптичного сигналу, що надходить на катод ФЕП. Вигляд цього сигналу – еюра його напруги – показано на рис. 4.5а. Це ж напруга, але що знімається з навантаження ФЕП при вимірах вдень, зображено на рис. 4.5 б. Постійна складова напруги U_0 обумовлена попаданням на катод денного світла.

Припустимо, що зонduючий сигнал, що прийшов у фотометричний блок, послабився в атмосфері і його інтенсивність стала меншою, ніж інтенсивність опорного сигналу.

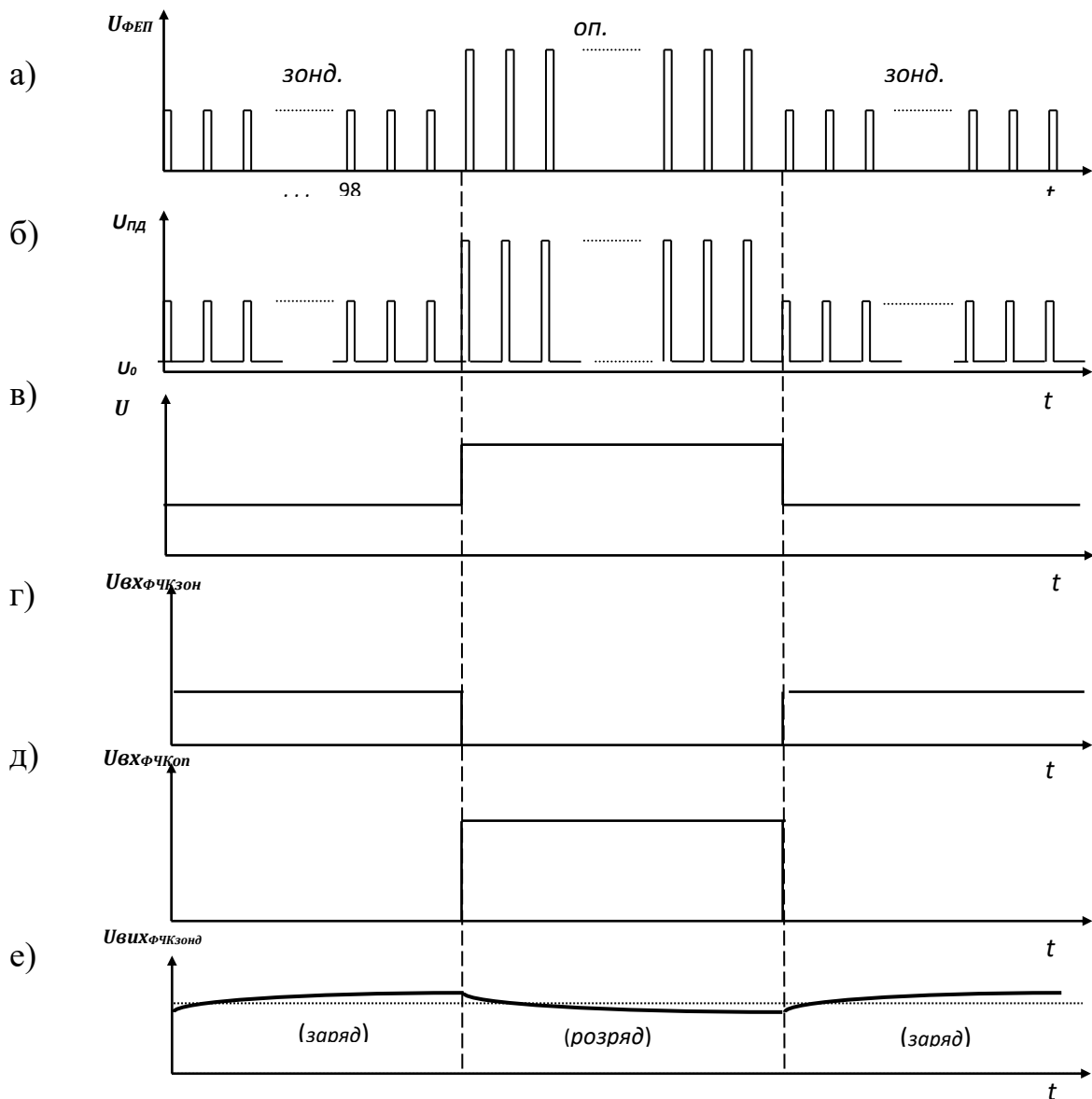


Рисунок 4.5 - Еюри напруги в різних точках схеми.

Тоді протягом двох секунд ФЕП сформує 100 імпульсів (зондують) малої амплітуди, протягом наступних двох секунд – 100 великих імпульсів (опорних) тощо.

Піковий детектор (ПД), що містить RC-фільтр, налаштований частоту 50 Гц, ПД відфільтрує постійну складову U_0 і продетектує вхідний сигнал. На виході ПД буде напруга, що представляє собою огинаючу вхідних імпульсів, рис.4.5 в.

Далі за допомогою електронного комутатора сигнал розходитья по двох каналах: опорному і зондуєчого. Електронний комутатор працює синхронно із оптичним комутатором К1, зображеним на оптичній схемі (див. рис. 4.4.а).

У фільтр частоти комутації опорного сигналу ($\text{ФЧК}_{\text{оп}}$) напруга надходить лише інтервали часу сприйняття опорного сигналу, фільтр частоти комутації зондуєчого сигналу ($\text{ФЧК}_{\text{зонд}}$) – в інтервали часу, відповідні проходження зондуєчого сигналу. Сигнали, що надходять на входи $\text{ФЧК}_{\text{зонд}}$ та $\text{ФЧК}_{\text{оп}}$ мають вигляд, зображений на рис.4. 5г та рис.4.5д.

Фільтри частоти комутації є детектуючі ланки з великим значенням постійної часу, налаштовані частоту комутації 0,25 Гц. Емпюра напруги, що знімається з виходів ФЧК, показано на рис.4. 5е. Це практично постійна напруга з невеликими коливаннями, що зумовлені процесами заряду – розряду ємності детектора.

Напруга, що знімається з виходу $\text{ФЧК}_{\text{зонд}}$, як зазначалося, залежить від прозорості атмосфери і від яскравості джерела світла. Ця обставина не дозволяє використовувати вихідну напругу $\text{ФЧК}_{\text{зонд}}$ для вимірювання прозорості атмосфери без введення в пристрій пристрою, яке знищує таку неоднозначність.

Ідея цього пристрою полягає у наступному. Уявімо, що напругу живлення ФЕП можна регулювати. Тоді, якщо яскравість лампи слабшає, а отже зменшується амплітуда світлових імпульсів, що приходять на катод ФЕП, збільшуватимемо напругу живлення, що призведе до збільшення амплітуди вихідних електричних імпульсів. Ця операція має здійснюватися автоматично.

Опорний канал схеми якраз і призначений для такого автоматичного керування напругою живлення ФЕП. Постійна напруга, що знімається з виходу $\text{ФЧК}_{\text{оп}}$, залежить лише від яскравості лампи. Воно подається на один із входів диференціального підсилювача (ДП), а на другий його вхід – постійна напруга від джерела стабілізованої напруги (ДСН).

Диференціальний підсилювач посилює різницю між ними. Ця різниця може мати різний знак залежно від того, яке з напруг більше. Якщо напруги обох входах рівні, то виході ДП буде нуль.

Напруга з ДП керує блоком живлення ФЕП. Блок живлення ФЕП збільшує або зменшує напругу живлення ФЕП в залежності від знака напруги, що надійшла на нього з ДП, тим самим збільшуючи або зменшуючи амплітуду вихідних імпульсів з навантаження ФЕП. Такий ланцюг негативного зворотного зв'язку призводить до того, що напруга з виходу ФЧК_{оп} завжди дорівнює напрузі, що надходить з ДСН, а якщо ця рівність порушується, то ланцюг зворотного зв'язку через ДП - Блок живл. ФЕП – ФЕП – його відновлює. Тим самим знищується залежність напруги з ФЧК_{зонд} від яскравості лампи, і тепер ця напруга може бути мірою прозорості атмосфери.

Таким чином, на виході ФЧК_{зонд} створюється напруга, пропорційне прозорості атмосфери. Для перетворення його в напругу, пропорційна дальності видимості, до складу приладу входить ще один окремий блок - функціональний перетворювач. Його блок-схема зображені на рис.4.4 в.

Як відомо, ослаблення світлового потоку на довжині шляху l в атмосфері відбувається за законом Бугера:

$$J = J_0 e^{-\alpha l}, \quad (1)$$

де α - коефіцієнт ослаблення,
 l – довжина шляху світлового потоку в атмосфері,
 J_0 – яскравість джерела світла.

Виражаючи звідси $\frac{J}{J_0}$, маємо:

$$\frac{J}{J_0} = e^{-\alpha l} = T^l,$$

де T – коефіцієнт пропущення шару атмосфери одиничної довжини, тобто

$$T = e^{-\alpha}.$$

Значення МОД одержимо з рівняння Кошмідера:

$$\text{МДВ} = \frac{\ln \varepsilon}{\ln T} = l \frac{\ln \varepsilon}{\ln \frac{\Phi}{\Phi_0}}$$

де ε - поріг контрастної чутливості ока, рівний приблизно 0,03.

Приймаючи значення l і ε постійними, дійдемо висновку, що для перекладу значення напруги U , пропорційного коефіцієнту T , у фізичну величину F , пропорційну МОД, необхідний здійснити наступне перетворення:

$$F = \frac{A}{\ln U} \quad (2)$$

де $A = \text{const}$.

Перетворювач **П** (рис. 4.4 в) здійснює таке перетворення. Він являє собою мультівібратор з керованою частотою, причому елементом, що задає частоту мультівібратора, є вихідна напруга з **ФЧК**_{зонд}. При цьому частота F мультівібратора зв'язана з напругою U вираженням (2). Подальша задача - вимір частоти - може бути легко вирішена за допомогою стандартних цифрових приладів. Каскади, що **погоджують**, СК необхідні для узгодження вхідного опору формувач з вихідним опором перетворювача.

Формувач **Ф** виконаний за схемою мультівібратора, що чекає, навантаженого на інтегруючу RC-коло. Частота імпульсів на виході мультівібратора, що чекає, дорівнює частоті вихідного імпульсного сигналу з формувача, а їхня амплітуда і тривалість є постійними величинами. Інтегрування такого сигналу перетворить його в постійну напругу, значення якого визначається частотою імпульсів, тобто МДВ. Стрілочний прилад на передній панелі функціонального перетворювача може показувати прозорість атмосфери і метеорологічну дальність видимості. Перемикач розташовується під кришкою, що знаходиться на передній панелі **ПФ**.

4.5 Порядок проведення лабораторної роботи.

4.5.1 Правила техніки безпеки та охорони праці при проведенні лабораторної роботи.

1. Отримати інструктаж у викладача з техніки безпеки і розписатися в журналі.
2. Корпуса всіх блоків фотометра повинні бути надійно заземлені.
3. Гвинти кріплення заземлених пристроїв необхідно періодично затягувати і зачищувати місця контактів для надійного заземлення.
4. Усунення несправностей проводиться тільки після відключення фотометра від живлячої мережі.
5. Установлювати відбивачі дальній і ближній так, щоб виключити попадання прямих сонячних променів у фотометричний блок.

6. Обслуговування відбивачів дальнього і ближнього та їх націлювання проводити при обов'язковому відключенні напруги живлення їхніх обігрівачів.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

1. Під час настроювання і регулювання блоків **категорично забороняється** торкатися до всіх струмопровідних проводів і радіоелементів схеми.
2. Експлуатація приладу зі знятим кожухом.
3. Експлуатація приладу без заземлення.
4. Для уникнення поразки електричним струмом після вимкнення приладу заборонено проводити ремонт, чищення й огляд приладу протягом 5 хвилин.

4.6 Проведення вимірювань.

1. Перед виконанням лабораторної роботи проводиться усне опитування по теоретичному 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 метеорологічної оптичної дальності індивідуально.

4.7 Підготовка трансмісометра (фотометра «ФН-1») до роботи.

1. Розставте і з'єднайте для перевірки прилади і блоки БФ, ПФ, БР, ВЦ, ЩР, Т8 згідно схеми (рис.2.) в приміщенні, де будуть експлуатуватися ПФ, БР і ВЦ, для чого приєднайте:
 - кабель № 1 до стабілізатора (до клем стабілізатора 1 і 5 приєднайте проводи 1 і 2, а до клем 6 і 7 - проводи 6 і 7) і до роз'єму Х4 ЩР;
 - кабель №4 - до роз'ємів Х1 БФ і Х5 ЩР;
 - кабель № 3 до роз'єму Х5 БФ, а його кінці з наконечниками - до клем розподільної коробки лінії зв'язку; лінію зв'язку забезпечує споживач;
 - кабель № 5 - до роз'єму Х2 ПФ, а його кінці з наконечниками до клем розподільної коробки лінії зв'язку разом з наконечниками кабелю № 3, враховуючи номери наконечників і номери ліній;

- кабель №6 - до роз'єму XI ПФ;
 - кабель № 8 - до клем ХТ2 -ХТ4 ПФ і до клем «Вхід 1» і «Вхід 2» ВІД;
 - кабель № 9 - до клем 1 і 8 БР і клем ХТ1 і ХТ2 ПФ;
 - кабель № 10 - до клем 7 і 14 БР;
 - кабель № 11 - до роз'єму XI ЩР;
 - кабель № 12 - до роз'єму «Мережа» ВЦ;
 - кабель № 13 - до клем 6 і 13 БР і до клем ХТ3 і ХТ2 ПФ.
2. Поставте тумблери увімкнення мережі на ЩР, ПФ, БР в положення «Викл.»
3. Перевірте правильність установки нулів індикаторних приладів ЩР, ПФ, БР і за необхідності виставте їх за допомогою коректорів, стрілку БР попередньо розстопоріть.
4. Підключіть кабелі живлення ЩР, ПФ, ВЦ (№№ 11, 6, 10, 12) до мережі 220 В, 50 Гц. Вигвинтіть гвинти задньої панелі БФ.
5. Включіть тумблери «Мережа» на ЩР, а потім на ПФ, поставте тумблер роду робіт ПФ в положення «Ручн.», а діапазонів - ВД.

4.8 Методика виконання лабораторної роботи №4

1. Ввімкнути прилад в мережу. Для цього поставте тумблер «Сеть» на щитку живлення в положення «220 В». Ввімкнути тумблер «Сеть» на панелі ПФ. Переконаєтеся в тім, що напруга надходить на прилад, по запалюванню індикаторної лампи «Сеть». Переключити тумблер «Авт – Ручн» у положення «Ручн». Переключити тумблер «ОД-ОБ» у положення «ОБ», а почувши характерні клацання оптичного комутатора, переведіть його знову в положення «ОД», при цьому повинні запалюватися відповідні лампочки.
2. Підключити цифровий вольтметр Щ4300 на межі 200В по гніздам XS1 «Корпус» і XS4 «Напряжение опоры» і виміряйте цю напруга; воно повинно бути в межах $U_{опор}=120\pm 20В$. Наявність цієї напруги установленної величини характеризує роботоздатність джерела і приймача світлового променя і, частково, електронної схеми приладу.
3. Надягніть на передню частину фотометричного блоку спеціальний пристрій - оптичний замикач (ЗО–ОД), яке постачається призмою, що повертає, діафрагмою і щілиною для світлофільтрів. Зондіруючий світловий промінь при цьому не виходить із приладу, а відбивається назад повертає призмою, проходячи через діафрагму й один із установлених світлофільтрів. Величина відкриття діафрагми регулюється двома гвинтами на ЗО.

4. Підключити цифровий вольтметр Щ4300 на межі 200В до гнізд XS1 «Корпус» і XS2 «Выходное напряжение» Не уставляючи світлофільтр, обертайте гвинти керування діафрагмою і установіть стрілку вимірювального приладу ПФ на відмітку «100 %». Таким чином, вимірювальний світловий промінь, що проходить через оптичний замикач, буде імітувати світловий промінь у реальних умовах при 100 % прозорості атмосфери. Зафіксуйте величину вихідної напруги $U_{\text{вих}}$.

Увага! Оскільки період комутації складає 2 секунди, стрілка рухається до положення, що встановлюється, дуже повільно, ривками. Це необхідно враховувати при налаштуванні і регулюванні величини діафрагми повільно, щораз чекаючи, поки стрілка не установиться в новому положенні.

5. Отримайте в лаборанта набір контрольних світлофільтрів. Вставляючи їх по черзі в щілину оптичного замикача (починаючи з найбільш темного) вимірте прозорість кожного з них за стрілкою у приладі ПФ і відповідне кожному з них вихідна напруга $U_{\text{вих}}$, результати занесіть у табл. 1.

6. Повторіть пункти 3 - 5 для каналу ближнього відбивача, установивши оптичний замикач ЗО-ОБ; переведіть прилад у режим роботи з ближнім відбивачем, переключивши тумблер блоку ПФ у положення «ОБ», отримані результати занести в табл. 4.2.

7. Зніміть оптичний замикач ЗО-ОБ; за допомогою оптичного прицілу наведіть прилад ФІ-1 на ближній відбивач, розташований у лабораторії; зображення ПРО повинно знаходитися в четвертому квадранті (див. рис.4.6), тобто праворуч унизу. Зафіксуйте показання вимірювального приладу блоку ПФ і цифрового вольтметра, занесіть у табл. 4.3.

Таблиця 4.1 - Дослідження приладу «ФІ-1» з оптичним замикачем ОД

Колір світлофільтра	Показання приладу ПФ по шкалі «Прозорість», %	Вихідна напруга $U_{\text{вих}}$, В	Показання приладу ПФ по шкалі «МОД», км
Без світлофільтра			
Чорний СФ			
Червоний СФ			
Голубий СФ			
Салатовий СФ			

8. Уставляючи по черзі світлофільтри в бленду ОБ (починаючи з найбільш темного) виміряйте прозорість кожного з них за стрілочкою на

приладі ПФ і відповідне кожному з них вихідна напруга $U_{\text{вих}}$, результати занесіть у таблицю.

9. Зробіть висновки.

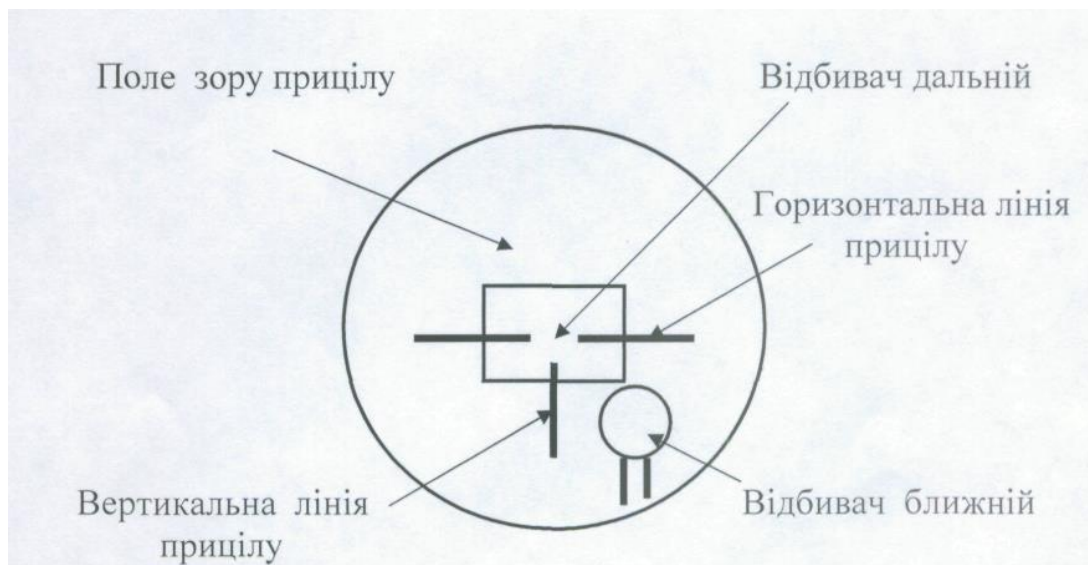


Рисунок 4.6 - Розташування зображення ВД та ВБ в полі зору оптичного прицілу.

Табл.4. 2 - Дослідження приладу «ФІ-1» з оптичним замикачем ОБ

Колір світлофільтра	Показання приладу ПФ по шкалі «Прозорість», %	Вихідна напруга $U_{\text{вих}}$, В	Показання приладу ПФ по шкалі «МОД», км
Без світлофільтра			
Чорний СФ			
Червоний СФ			
Голубий СФ			
Салатовий СФ			

Табл. 4.3 - Дослідження приладу «ФІ-1» із ближнім відбивачем (ОБ)

Колір світлофільтра	Показання приладу ПФ по шкалі «Прозорість», %	Вихідна напруга $U_{\text{вих}}$, В	Показання приладу ПФ по шкалі «МДВ», км
Без світлофільтра			
Чорний СФ			
Червоний СФ			
Голубий СФ			
Салатовий СФ			

4.9 Порядок оформлення звіту та його представлення і захист.

Результати проведеної лабораторної роботи оформлюються звітом, якій потрібно захистити. Він повинен містити такі дані:

- 1) тема лабораторної роботи;
- 2) мета лабораторної роботи;
- 3) короткі теоретичні відомості;
- 4) порядок проведення лабораторної роботи;
- 5) результати досліджень;
- 6) висновки.

Запитання для самоперевірки:

1. Для якої мети в трансмісометрі вводиться опорний канал?
2. Чому в трансмісометрі використовується два відбивачі?
3. Як здійснюється переключення режимів роботи з одного відбивача на інший?
4. Чому для виміру МОД в трансмісометрі використовується модульований світловий пучок?
5. Яку роль виконує вимірювальний блок?
6. Чому дорівнює відносна інструментальна погрішність виміру МОД?
7. Скільки потрібно часу для підготовки фотометра до роботи?
8. Який закон лежить в основі методу виміру коефіцієнта пропуск шару атмосфери?
9. Яких потрібно дотримувати правил техніки безпеки під час роботи з трансмісометром.

Рекомендована література

1. Корбан В.Х. Методи гідрометеовимірювань. Конспект лекцій.
2. Настанова гідрометеорологічним станціям і постами. вип. 3, ч.1, ДГМС. Київ. 2011р. 278 с.
3. Фотометр импульсный ФИ-1. Техническое описание. ДЦ 2.845.009.

Лабораторна робота № 5

«Визначення вологості повітря»

Мета роботи – провести вимірювання вологості атмосферного повітря приладами різного типу: стаціонарним психрометром, аспіраційним психрометром і конденсаційним гігрометром, порівняти отримані результати.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи. Під час виконання лабораторної роботи студент повинен

знати:

- одиниці вологості повітря;
- будову стаціонарного психрометра, аспіраційного психрометра і конденсаційного гігрометра;
- обчислення результатів вимірювань вологості повітря;

вміти:

- відраховувати температуру повітря по термометру з точністю до десятих часток градуса;
- відраховувати показання психрометрів і гігрометра;
- виявляти грубі прорахунки у вимірюванні.

5.1 Короткі теоретичні відомості

У навколишній нас атмосфері завжди знаходиться деяка кількість водяних парів, що надходять в атмосферу при випаровуванні води з поверхні водойм, ґрунту, рослинності. Вміст у повітрі водяних парів може мінятися в досить широких межах і є однією з основних характеристик погоди.

Абсолютною вологістю повітря α називається кількість водяних парів (у грамах) в одному кубічному метрі повітря.

Часто замість маси водяних парів при визначеній вологості користаються пружністю водяних парів, що містяться в повітрі (тобто парціальним тиском водяної пари e).

Для більш повної характеристики вводиться поняття відносної вологості. Відносною вологістю r називається відношення пружності водяних парів, що містяться в повітрі, до максимальної пружності водяних парів при даній температурі:

$$r = (e / E) \cdot 100\%, \quad (1)$$

де E – пружність водяних парів, що насичують простір при даній температурі.

Якщо ізобарично знижувати температуру навколишнього повітря, то його відносна вологість буде підвищуватися, тому що чим нижче температура, тим менше пружність пару, що насичує простір. При визначеній температурі відносна вологість стає рівною 100%, тобто пара – насиченим, і при подальшому зниженні температури частина водяних парів сконденсується. Температура, до якої потрібно охолодити повітря при даній абсолютній вологості, щоб водяна пара, що міститься в ньому, стала насиченим, називається точкою роси і позначається – t_d .

5.2 Методи визначення вологості повітря.

Існує кілька методів визначення абсолютної і відносної вологості повітря. До приладів, за допомогою яких вимірюють вологість, відносяться гігрометри і психрометри.

5.2.1 Психрометри

У станційному психрометрі є два однакових термометри, розташованих поруч. Один має сухий резервуар, а іншої – вологий завдяки змоченій дистильованою водою батистовій ганчірочці. Кожний з термометрів має шкалу з робочою частиною від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Ціна розподілу шкали $0,2^{\circ}\text{C}$. Якщо змочити батист водою, то при її випарі понизиться температура термометра. Чим менше відносна вологість повітря, тим інтенсивніше випаровування, тим нижче температура вологого термометра. По різниці температур сухого і вологого термометрів можна, використовуючи психрометричні таблиці (додаток Д 5.1), визначити відносну вологість повітря.

В аспіраційном психрометрі Ассмана (див. рис. 5.1) прийняті міри для стабілізації умов при вимірюванні. З цією метою є аспіратор годинниковий механізм, що представляє із себе, що приводить у дію вентилятор. З металевго корпуса, у якому розміщений аспіратор виходять дві металеві трубки, що служать направляючими для повітряних потоків і, одночасно захистом для двох однакових ртутних термометрів, встановлених усередині. Один має сухий резервуар, а інший – вологий завдяки змоченій дистильованою водою батистовій ганчірочці.

Кожний з термометрів має шкалу з робочою частиною від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Ціна розподілу шкали $0,2^{\circ}\text{C}$. Трубчастий захист резервуарів разом з повітряним прошарком охороняє термометри від нагрівання сонцем, для чого труби нікелюються і ретельно поліруються.

У психрометрі Ассмана обертанням вентилятора в прилад засмоктується повітря, що обтікаючи резервуари термометрів, проходить головним повітряним проводом до аспіратора і викидається останнім назовні через наявні прорізи. Швидкість обертання вентилятора постійна.

Тому що швидкість обертання вентилятора залишається увесь час постійною, то залишається постійною і швидкість потоку повітря, отже й аспіраційна постійна $A=const$. Таким чином, виміривши температуру обох термометрів, сухого t_1 і змоченого t_2 , можна визначити по номограмі (додаток Д 5.2) величину відносної вологості - $r_{аспир}$.

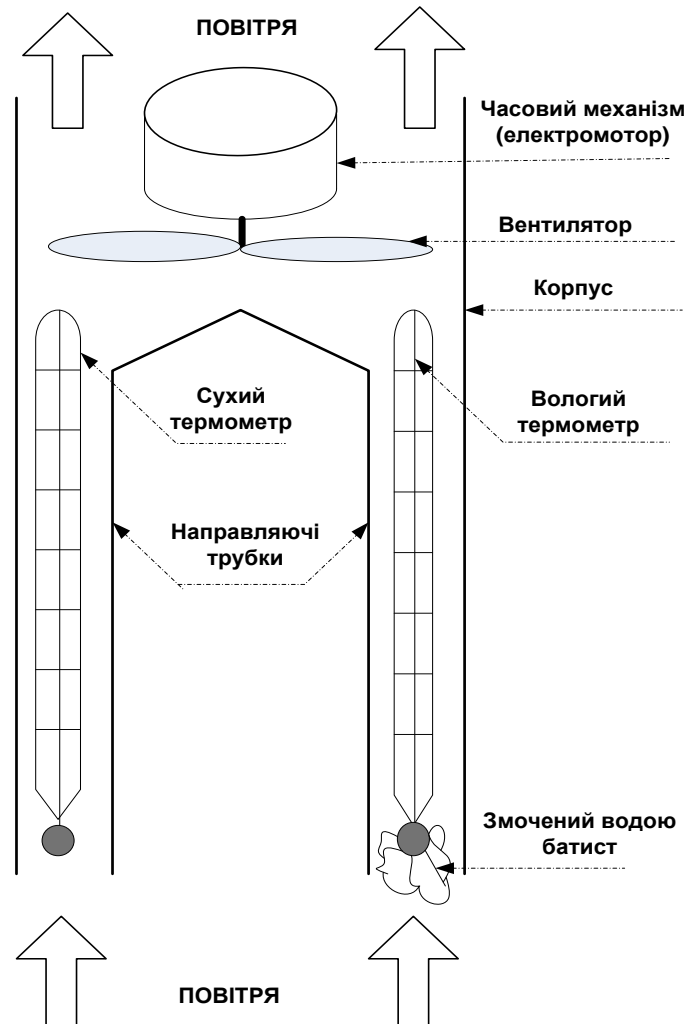


Рисунок 5.1 - Аспіраційний психрометр Ассмана

5.2.2 Гігрометри

Існує велика кількість типів гігromетрів. У цій роботі будуть використовуватися гігromетри : волосяного та конденсаційного типу.

У волосяному гігromетрі використовують властивість знежиреного людського волосся подовжуватися при збільшенні відносної вологості і коротшатися при її зменшенні. Відносне подовження складає + 2,5% при зміні відносної вологості від 0% до 100%. Цей гігromетр вимагає час від

часу повторної градування, тому що властивості волосся згодом змінюються.

У *конденсаційному гігрометрі* використовують для визначення абсолютної вологості точки роси t_d . Знижуючи температуру в якому обсязі, спостерігають появу роси на його стінках і по температурі, при якій вона з'являється, визначають абсолютну, а дізнавшись її, і відносну вологість. Ці гігрометри найбільш точні і тому одержали широке поширення. Вони є абсолютними і можуть служити для градування електrolітичного і волоссяного гігрометрів.

Використовуваний у даній роботі конденсаційний гігрометр із термоелектричним охолодженням (рис. 5.2) складається з напівпровідникової пластини, що є охолоджуючою поверхнею термоелектричного холодильника. Для реєстрації температури пластини застосовується електронний цифровий термометр.

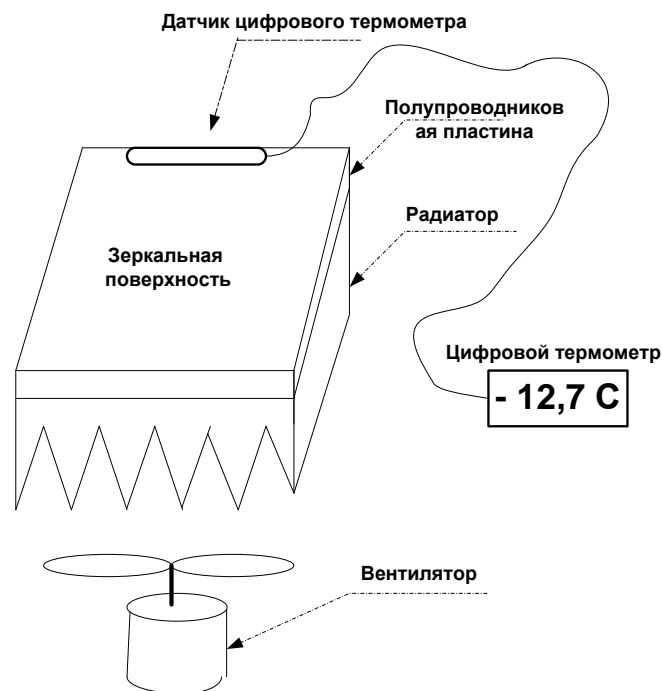


Рисунок 5.2 - Конденсаційний гігрометр

Верхня поверхня напівпровідникової пластини дзеркальна. При включенні термоелектричного холодильника температура пластини починає знижуватися й у деякий момент вона тьмяніє. Це запотівання свідчить про росу, що випала. Поглинання роси означає, що температура поверхні пластини відповідає тій, при якій відносна вологість дорівнює 100% і водяна пара починає конденсуватися.

Точно зареєструвати цей момент важко, тому що на поверхні повинне накопитися кількість роси, достатня для візуальної фіксації запотівання поверхні. Тому для збільшення точності вимірів рекомендується досвід проводити кілька разів, оцінюючи щораз температуру початкового (t_1) і явного (t_2) запотівань поверхні. Як точку роси беруть τ - середнє значення температур t_1 і t_2 .

$$\tau = (t_1 + t_2) / 2$$

Знаючи точку роси, визначають (додаток Д. 5.3) відповіднє значення тиску водяних пар, що *насичують*, e і далі відносну вологість r .

5.2.3 Принцип роботи термоелектричного холодильника.

Основним елементом холодильника є термоелектрична батарея, робота якої заснована на ефекті Пельтьє. Цей ефект полягає в тому, що при пропущенні постійного струму через спаї різнорідних напівпровідників (термопар) одні спаї (“холодні”) прохолоджуються, а інші (“гарячі”) нагріваються. Термоелектрична батарея утворена безліччю таких термопар. “Холодні” спаї термопар, зібрані разом, прохолоджують вимірювальний блок установки. Тепло від “гарячих” спаїв термопар приділяється за допомогою системи охолодження, що вмикає радіатор і вентилятор, що обдуває його.

5.3 Порядок виконання лабораторної роботи

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

а) Підготовку приборів для вимірювання температури і вологості повітря необхідно проводити без вмикання джерел живлення.

б) Вмикати живлення приборів тільки з дозволу викладача.

в) Закінчивши виконання лабораторної роботи, вимкнуть живильну напругу установки і здати робоче місце викладачу або завлабораторією.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

г) Вмикати комплект вимірювальних приладів в мережу до тих пір, доки не буде повністю зібрана схема лабораторної установки.

д) Ремонтувати, розбирати і перевіряти схеми під час увімкненої напруги живлення.

5.3.2. Визначення відносної вологості за допомогою станційного психрометра.

Зафіксувати температуру сухого $t_1, ^\circ\text{C}$ і вологого $t_2, ^\circ\text{C}$ термометрів станційного психрометра з точністю до десятих часток градуса.

Використовуючи таблицю А.А з додатку Д. 5.1 визначити відносну вологість повітря $r_{\text{психр.}}$ отримані експериментальні результати занести до табл. 5.1.

5.3.3 Визначення вологості за допомогою аспіраційного психрометра Ассмана

1. Витягти психрометр із футляра, завести пружину годинного механізму.

2. За допомогою піпетки змочити дистильованою водою батист правого термометра.

3. Ввімкнути вентилятор і після 2 хвилин продування зафіксувати температуру сухого (лівого) t_1 і вологого (правого) t_2 термометрів. За номограмою додатку Д. 5.2 визначити відносну вологість $r_{\text{аспір}}$, отримані експериментальні результати занести до табл. 5.1

5.3.4 Визначення відносної вологості за допомогою волосяного гігрометра.

1. Вивчити конструкцію волосяного гігрометра.

Увага! При вивченні дотримуватися обережності і не доторкатися руками до деталей гігрометра.

4. 2. Зафіксувати результат вимірювання відносної вологості за допомогою волосяного гігрометра $r_{\text{вол.}}$. Отримані експериментальні результати занести до табл. 5.1.

5.3.5 Визначення абсолютної та відносної вологості за допомогою конденсаційного гігрометра

Увага! 1. При виконанні досвіду не слід наближатися до 0,5м і не рекомендується дихати на поліровану поверхню вимірювального блоку.

2. Термоелектричний холодильник необхідно відключати негайно після визначення температури t_2 .

3. Увімкнення холодильника без включення вентилятора категорично забороняється!

4. У вимірювальній установці та термостаті використовується напруга 220В. Строго дотримуйтесь при роботі правил техніки електробезпеки.

Порядок проведення вимірювань:

1. Ввімкнути вентилятор радіатора холодильника, для чого ввімкнути в мережну розетку адаптер $\sim 220\text{В}/=12\text{В}$.

2. Ввімкнути живлення термоелектричного холодильника, для чого:
- установити ручку регулювання вихідної напруги блоку живлення холодильника в крайнє ліве положення;
 - перемикач “Охлаждение/Выкл/Подогрев” на вимірювальній установці встановити в положення “Охлаждение”;
 - Ввімкнути блок живлення холодильника, тумблер “Сеть” - у верхнє положення;

- почати процес охолодження дзеркала, для чого обертанням ручки регулювання збільшується вихідна напруга блоку живлення холодильника, установивши на амперметрі величину струму 4,5А та не допускаючи перевищення порога, зазначеного на холодильнику (5А);

3. Спостерігаючи за пластиною гігрометра визначити момент випадання роси (помутніння пластини) і зафіксувати початкову t_1 і кінцеву t_2 температури запотівання пластини гігрометра по цифровому термометрі, знайти середнє значення τ

4. Поставити перемикач “Охлаждение/Выкл/Подогрев” у положення “Подогрев”, дочекатися зникнення роси і перевести перемикач у положення “Выкл” (середнє положення перемикача).

5. Витримати паузу 5 хвилин у плинні якої вентилятор продовжує прохолоджувати радіатор холодильника.

6. Повторити попередні пункти 2-5 три рази.

7. Визначаємо по термометру температуру повітря в приміщенні $t_{\text{прим}}$.

8. Використовуючи додаток Д.5.3 (табл. ВВ) визначити значення відносної вологості при температурі в приміщенні $t_{\text{прим}}$.

9. Визначити середні значення відносної вологості повітря, результати вимірів і обчислень занести до табл. 5.1.

5.3.6 Визначення відносної вологості за допомогою електронного психрометра.

Зважати на монітор електронного психрометра значення відносної вологості $r_{\text{ел.психр}}$ при даній температурі в приміщенні, результат занести до табл. 5.1.

5.3.7 Визначення відносної вологості за допомогою плівкового гігрометра станції М-49.

1. На пульті М-49 перемикач «=6В / V / ~220В» поставити в положення ~220В.

2. На пульті М-49 перемикач « ф / % / К / Тв / Тн) поставити в положення %. Зважати на шкалу станції М-49 значення відносної вологості $r_{\text{плів}}$, результат занести до табл. 5.1.

5.3.8 Визначення похибки вимірювання вологості різними приладами

У силу використовуваних принципів побудови найбільшу точність і відтворюваність результату дають конденсаційні гігрометри.

Волосяний гігрометр підлягає періодичній перевірці і коректуванню оскільки чуттєвий елемент (волосся) старіє, забруднюється і витягується. Точність вимірювання вологості аспіраційним психрометром також підлягає перевірці через можливі зміни величини аспіраційної постійної, наприклад – ослаблення пружини годинного механізму, що приводить до

зменшення швидкості повітряного потоку, що обдуває резервуари термометрів.

Різні експлуатаційні негативні чинники старіння позначаються і показаннях плівкового гігromетра і електронного психрометра.

Приймаючи за еталон величину відносної вологості отриману за допомогою конденсаційного гігromетра $r_{\text{конд}}$ знайдемо абсолютну і відносні погрішності волосяного гігromетра і аспіраційного психрометра по формулах:

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{психр}} &= r_{\text{конд}} - r_{\text{психр}}; \\ \Delta_{\text{аспір}} &= r_{\text{конд}} - r_{\text{аспір}}; \\ \Delta_{\text{вол}} &= r_{\text{конд}} - r_{\text{вол}}; \\ \Delta_{\text{ел. психр}} &= r_{\text{конд}} - r_{\text{ел. психр}}; \\ \Delta_{\text{плів}} &= r_{\text{конд}} - r_{\text{плів}}.\end{aligned}$$

відповідно. А знайшовши відношення абсолютної погрішності до еталонного значення – визначимо відносну погрішність для кожного виду приладів:

для станційного психрометра	$\delta_{\text{психр}} = (\Delta_{\text{психр}} / r_{\text{конд}}) 100\% ;$
для аспіраційного психрометра	$\delta_{\text{аспір}} = (\Delta_{\text{аспір}} / r_{\text{конд}}) 100\% ;$
для волосяного гігromетра	$\delta_{\text{вол}} = (\Delta_{\text{вол}} / r_{\text{конд}}) 100\% ;$
для електронного психрометра	$\delta_{\text{ел. психр}} = (\Delta_{\text{ел. психр}} / r_{\text{конд}}) 100\% ;$
для плівкового гігromетра	$\delta_{\text{плів}} = (\Delta_{\text{плів}} / r_{\text{конд}}) 100\% ;$

Таблиця 5.1 – Визначення абсолютної та відносної похибки вимірювання вологості.

Вид вимірювання	Відносна вологість, %	Абсолютна похибка, $\Delta r = r - r_{\text{конд}}$	Відносна похибка, % $\delta = (\Delta r / r_{\text{конд}}) \cdot 100\%$
Станційний психрометр $r_{\text{психр}}$			
Психрометр Ассмана $r_{\text{аспір}}$			
Волосяний гігromетр $r_{\text{вол}}$			
Конденсаційний гігromетр $r_{\text{конд}}$			
Електронний психрометр $r_{\text{ел. психр}}$			
Плівковий гігromетр (М-49) $r_{\text{плів}}$			

Порівняйте отримані результати та зробіть висновки.

5.4 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;
- 5) таблицю результатів досліджень (табл.5.1);
- 6) висновки.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні параметри, що визначають стан вологого повітря.
2. Дайте визначення абсолютної вологості повітря.
3. Дайте визначення відносної вологості повітря.
4. Якими методами визначається вологість повітря?
5. Опишіть будову волосяного гігрометра.
6. Опишіть будову плівкового гігрометра.
7. Опишіть будову конденсаційного гігрометра.
8. Опишіть будову станційного психрометра.
9. Опишіть будову аспіраційного психрометра.
10. Які фактори і як впливають на точність вимірювання вологості повітря?

Лабораторна робота №6

«Актинометричні вимірювання» (2 години)

Мета роботи: вивчити будову и принцип роботи пристроїв для вимірювання складових сонячного випромінювання.

Завдання на підготовку до лабораторної роботи.

При підготовці до проведення лабораторної роботи студент повинен **знати:**

- одиниці вимірювання сонячної енергії ;
- будову і роботу актинометра;
- будову і роботу піранометра;
- будову і роботу балансоміру;
- будову і роботу геліографа.

вміти:

- вимірювати параметри сонячного випромінювання за допомогою актинометра, піранометра та балансоміра.

6.1 Загальні відомості.

Пряма сонячна радіація - S . Джерелом всіх теплових процесів на Землі є променева енергія Сонця. Опромінюваність, або енергетична освітленість, тобто густина потоку радіації на нормальну до променя поверхню за межами земної атмосфери на відстані, що дорівнює середній відстані між Землею і Сонцем, називається **сонячною сталою** і складає $S_0 = 135 \text{ мВт/см}^2$ (1971 р.), або $1,94 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$. Спектр заатмосферної сонячної радіації простягається від рентгенівських променів до радіохвиль (рис. 6.1).

Проходячи крізь товщу земної атмосфери, сонячна радіація ослаблюється: частково розсіюється молекулами газів, краплями води, кристаликами льоду і пилом, а частково поглинається, головним чином, водяною парою H_2O , вуглекислим газом CO_2 і озоном O_3 . В результаті ослаблення до земної поверхні доходить (при відсутності на шляху хмар) пряма сонячна радіація S , енергія якої на 98 % зосереджена в діапазоні довжин хвиль від 0,29 до 4 мкм (рис. 6.1). На рівні моря при високому положенні Сонця і доброї прозорості спостерігається $S = 1,5 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$. Перед заходом Сонця шлях променю в атмосфері подовжується в 30 раз в порівнянні з шляхом при Сонці в zenіті і пряма сонячна радіація складає

$S \cong 0,2$ кал/(см²·хв). Пряма сонячна радіація вимірюється актинометром, контрольним приладом служить піргеліометр.

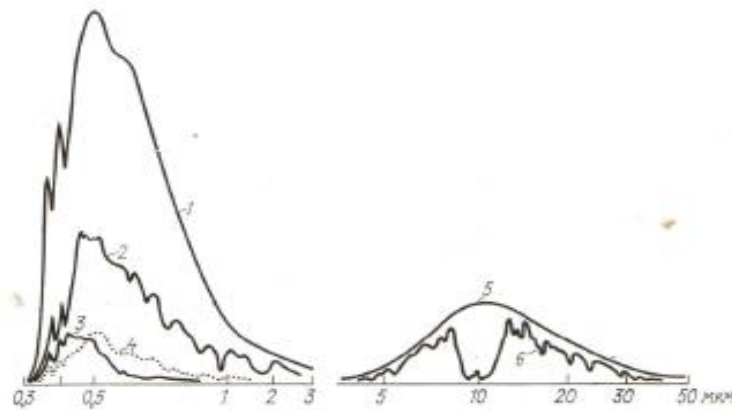


Рисунок 6.1 - Спектральний розподіл сонячного і земного випромінювання: 1 – заатмосферна сонячна радіація; 2 - пряма сонячна радіація; 3 і 4 - розсіяна радіація безхмарного і похмурого неба; 5 - випромінювання чорного тіла при температурі +20°C; 6 - випромінювання атмосфери при безхмарному небі.

Розсіяна радіація D . Частина сонячної радіації в результаті розсіювання атмосферою повертається в космос, а значна її частина надходить до земної поверхні у вигляді розсіяної радіації D . При безхмарному небі розсіюються переважно короткохвильові промені і спектр розсіяної радіації зміщений вліво (рис. 6.1). При цьому опромінюваність може досягати 0,4 кал/(см²·хв) тільки при високій мутності атмосфери. При високих хмарах, які не затінюють видимий диск Сонця, спостерігався максимум розсіяної радіації $D = 1$ кал/(см²·хв) (70 мВт/см²). При похмурому небі спектр розсіяної радіації схожий з сонячним. Розсіяна радіація вимірюється піранометром, затіненим від прямої радіації.

Сумарна радіація Q . Складається з розсіяної радіації D і прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню $S' = S \sin h_{\odot}$, тобто $Q = D + S'$. Сумарна радіація в похмуро погоду складається з однієї тільки розсіяної радіації, тобто $Q = D$. Максимальне значення Q може досягати 2,1 кал/(см²·хв). При середній мутності атмосфери і при Сонці в zenіті $Q_{90^{\circ}} = 112$ мВт/см² або 1,6 кал/(см²·хв), а при висоті Сонця 10° $Q_{10^{\circ}} = 13$ мВт/см² або 0,19 кал/(см²·хв).

Сумарна радіація при Сонці в zenіті складається з ультрафіолетової

(6%), видимої (52%) і інфрачервоної (42%) радіації, якщо за межі видимого спектру прийняти 0,4 – 0,8 мкм, а за межу короткохвильового інфрачервоного 3 мкм. Сумарна радіація вимірюється піранометром без його затінення. Вона може бути також обчислена за показаннями затіненого піранометра і актинометра: $Q = D + S \sin h_{\odot}$.

Відбита радіація R_k . Надходячи до земної поверхні, сумарна радіація частково поглинається діяльним шаром землі, а частково відбивається. Відношення відбитої радіації R_k до сумарної Q , що дорівнює $A_k = R_k / Q$, називається альбедо для сонячної радіації або короткохвильовим альбедо. З природних поверхонь землі максимальне альбедо має сніг, який тільки випав, ($A_k = 0,9$ або 90 %), а мінімальне - глибока чиста водойма при високому Сонці ($A_k \cong 0,06$). Відбиту радіацію вимірюють піранометром, установленим на висоті не менше 0,5 м від поверхні землі і повернутим приймачем донизу. Піранометр, спеціально пристосований для перекидання, або подвійний піранометр називається альбедометром.

Залишкова сонячна радіація B_k . Ту частину сумарної радіації, яка поглинулася діяльним шаром, називають залишковою сонячною радіацією і вимірюють піранометром в двох положеннях, як і при визначенні A_k , але обчислюють різницю показань $B_k = Q - R_k$. Горизонтальне положення піранометра (альбедометра) допустиме при нахилі діяльного шару до 3°.

Земне випромінювання E_z . В результаті поглинання сонячної радіації діяльний шар землі та її атмосфера нагріваються і самі випромінюють, причому це випромінювання складається з довгих інфрачервоних хвиль ($\lambda > 4$ мкм). Більшість видів діяльного шару по випромінювальній здатності близькі до чорного тіла, випромінювання якого

$$E_T = \sigma T^4,$$

де σ - стала Стефана-Больцмана, дорівнює $5,65 \cdot 10^{-10}$ мВт/(см²·К⁴), або $8,14 \cdot 10^{-11}$ кал/(см²·хв·К⁴),

T - абсолютна температура в Кельвінах (°К), дорівнює $273,16^\circ + t^\circ \text{C}$.

Земне випромінювання природних поверхонь дорівнює

$$E_z = \delta \sigma T^4,$$

де δ - відносна випромінювальна спосібність; для чорного тіла $\delta = 1$, для снігу - $\delta = 0,98$, для сухого піску - $\delta = 0,9$.

В ясний день сухий пухкий темний ґрунт з поверхневою температурою $+70^\circ\text{C}$ випромінює $E_s = 1$ кал/(см²·хв).

Довгохвильова інфрачервона радіація атмосфери E_a . Земне випромінювання частково, а іноді і повністю, відшкодовується довгохвильовою радіацією атмосфери E_a , спектр якої для безхмарного неба складається з окремих ліній, зібраних у смуги. Між смугами є ряд проміжків – «атмосферних вікон», з них важливіший – в діапазоні 8 – 12 мкм. Різниця між випромінюванням атмосфери і випромінюванням чорного тіла називається ефективною радіацією (довгохвильовою) $E_\delta = E_a - E_T$, яка вимірюється піргеометром. Випромінювання піргеометром приймається за випромінювання чорного тіла E_T при відомій температурі (піргеометра), яка близька до температури повітря. Звичайно E_T за абсолютним значенням більше E_a і тому довгохвильова ефективна радіація від'ємна. Хмари за випромінювальною здатністю близькі до чорного тіла. Взимку при низьких хмарах E_a може виявитися більше E_T і E_δ буде додатною. З показань піргеометра обчислюється $E_a = E_\delta + E_T$. В сучасних піргеометрах це підсумовування робиться автоматично.

Ефективне випромінювання, що уходить, E_y . Оскільки відносна випромінювальна здатність δ для всіх видів діяльного шару близька до одиниці, то відповідно і відбивальна здатність для атмосферної радіації E_δ мала. Отже, відбита довгохвильова радіація $R_\delta = E_a A_\delta = E_a (1 - \delta)$ мала, причому невідокремлена від земного випромінювання A_ζ . Піргеометр, звернений приймачем вниз, безпосередньо вимірює ефективне випромінювання. Вночі $E_y = E_s + R_\delta - E_T$.

Довгохвильова залишкова радіація B_δ . Вона являє собою різницю між низхідною довгохвильовою радіацією атмосфери і всіма східними довгохвильовими випромінюваннями діяльного шару, $B_\delta = E_a - (E_s + R_\delta)$. Вона обчислюється з двох показань піргеометру: приймачем вверх і приймачем вниз $B_\delta = E_\delta - E_y = E_a - E_T - (E_s + R_\delta - E_T)$. Якщо температура піргеометру, а отже, його випромінювання E_T не встигають помітно

змінюватися при перевертанні, то E_T скорочується і різниця дорівнює B_δ .

Залишкова радіація B . Вдень для діяльного шару прихід-розхід променевої енергії як в коротких, так і довгих хвилях дорівнює сумі $B = B_k + B_\delta$ або $B = Q + E_a - (R_k + R_\delta + E_a)$. Вночі $Q = R_k = 0$, отже, $B = B_\delta$. Залишкову радіацію, яку не зовсім правильно занивають радіаційним балансом, вимірюють балансоміром.

6.2 Принцип роботи актинометричних пристроїв.

Майже всі актинометричні прилади (радіометри) основані на визначенні зміни температури теплочутливих елементів під впливом радіації. Визначається стаціонарний стан елементу, коли його температура установилася. Нагрівання (або охолодження) визначається або відносно теплоінерційного тіла, або такого ж елементу, але захищеного від опромінення, або елементу з поверхнею, що добре відбиває вимірюване випромінювання. Звичайно як інерційне тіло використовується теплопровідний корпус, захищений від опромінення. Відбивальні поверхні для сонячної радіації покриваються білою матовою емаллю, яка «чорна» для довгохвильової інфрачервоної радіації. Для земного випромінювання відбивальні поверхні - полірований метал.

Приймач, який містить чутливий елемент, покривається матово-чорною емаллю, що поглинає радіацію всіх довжин хвиль.

В деяких приладах, особливо абсолютних, використовується принцип компенсації. Для цього приймач то опромінюється вимірюваною радіацією, то (затінений) нагрівається до такої ж температури електричним струмом. Мірою опромінення служить потужність струму, яка перетворюється в приймачі в тепло. Частіше за все застосовується пара однакових приймачів, з яких один опромінений, а інший затінений і нагрітий струмом до тієї ж температури.

Підвищення температури, яке пропорційне опроміненню, звичайно вимірюється термопарами або термобатарейми. Термопари складаються з сплавів (константан-манганін, константан-срібло, константан-мідь, хроміль-копіль). В даний час в деяких пристроях замість термопар можуть використовуватися напівпровідникові кременеві терморезистори, які мають більшу чутливість.

В програму спостережень на метеорологічних актинометричних станціях входить реєстрація або інтегрування денних і годинних сум сумарної радіації, реєстрація тривалості сонячного сьйва, вимірювання або

реєстрація розсіяної, прямої сонячної радіації і ефективної радіації. На репрезентативних площадках вимірюється або реєструється відбита і залишкова радіація. Реєстратор складається з радіометру, з'єданого з самописним гальванометром або потенціометром. Такі установки називаються відповідно датчику: актинограф, піранограф, піргеліограф і балансограф.

6.2.1 Вимірювання прямої сонячної радіації.

Для вимірювання прямої сонячної радіації служать піргеліометри та актинометри. У них чутливий елемент знаходиться в глибині трубки з діафрагмами. Найбільша з них - вхідна радіусом R (рис. 6.2) - обмежує кут отвору (апертури), від якого залежить частка біля сонячної радіації від ореолу навколо сонячного диска.

Ця радіація залежить від мутності атмосфери і висоти Сонця. Найменша діафрагма радіусом r обмежує потік випромінення. Довжина трубки L визначає три кути: α - центральний, при відхиленні на який показання актинометра падає вдвічі, β - кут скосу, який визначає необхідну точність націлювання, тому що при ньому приймач за найменшою діафрагмою входить в напівтінь, і γ - кут граничної чутливості.

Ці кути прийняті $\alpha = 5^\circ$, $\beta = 2^\circ$ і $\gamma = 8,5^\circ$.

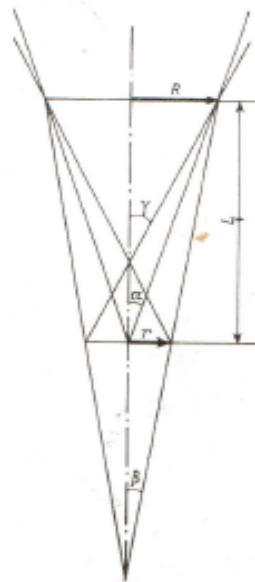


Рисунок 6.2 - Апертурні кути піргеліометра (актинометра): R - радіус вхідного вікна; r - радіус найменшої діафрагми (приймача)

В лабораторній роботі буде використовуватися лише актинометр

6.2.2. Актинометр термоелектричний М-3 (АТ-50).

Прилад (рис. 6.4) призначений для вимірювань прямої сонячної радіації, крім того, використовується як зразковий прилад для визначення чутливості піранометрів і балансомірів.

Для спостережень трубку 7 встановлюють за допомогою штативу 10 – 11, який орієнтують стрілкою на північ, потім ослаблюють гвинт 2 і ставлять сектор широт 9 по широті. Ослабляючи гвинт 3 та обертаючи трубку 7 і рукоятку 6, націлюють трубку на Сонце. Вісь 8 штативу і рукоятки 6 розташовані по осі світу, і тому, обертаючи рукоятку 6 можна вести трубку за Сонцем, тільки зрідка поправляючи нахил трубки по нахилу обертанням на осі 4. Націлювання проводиться за допомогою екрану 5 на нижньому кінці трубки, де повинна концентрично розташовуватися тінь від оправи вхідного вікна. Кришка 1 одягається на трубку для контролю місця нуля.

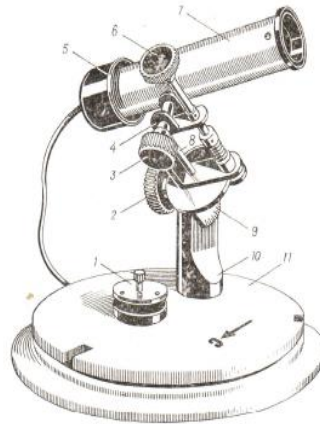


Рисунок 6.4 - Актинометр термоелектричний М-3: 1 – кришка; 2 і 3 – гвинти; 4 – вісь нахилень; 5 – екран; 6 – рукоятка; 7 – трубка; 8 – вісь світу; 9 – сектор широт; 10 – стояк; 11 – основа.

Приймачем актинометра служить зачорнений диск 1 (рис. 6.5, а), з сусального срібла товщиною 0,003 мм і діаметром 11 мм.

Звернена до Сонця сторона покрита матово-чорною емаллю, а до зворотної сторони приклеєний спаїв термобатареї 2 з константани і манганіну у формі стрічок з перерізом $0,025 \times 0,3 \text{ мм}^2$, розташованих зіркоподібно. Зовнішні спаї приклеєні через паперову ізоляцію до мідного кільця 4. В трубці є сім діафрагм 11 – 13, з яких найбільша 13 діаметром 20 мм і найменша 11 – 10 мм визначають при довжині трубки 114 мм апертуру актинометра $\alpha = 5^\circ$, $\beta = 2,5^\circ$ і $\gamma = 8,5^\circ$. Чутливість актинометра $K = 7 \text{ мВ на } 1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$, опір термобатареї $R_a = 14 \text{ Ом}$, інерція 25 с.

Для роботи з актинометром призначений стрілочний гальванометр типу ГСА-1М, з ціною 1 поділки $C_1 = 0,8$ мкА, в якому знаходиться термометр для вибору перевідного множника в залежності від температури гальванометра.

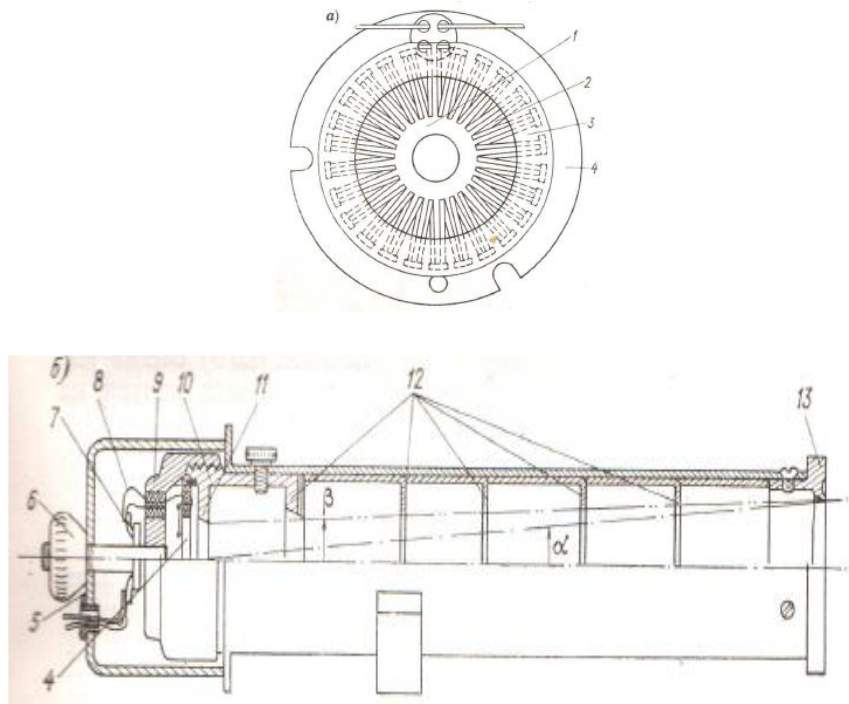


Рисунок 6.5 - Термобатарея актинометра (а) і поздовжній розріз трубки (б): 1 – прийомна пластинка; 2 – термобатарея; 3 - цигарковий папір; 4 – мідне кільце; 5 – кожух; 6 – гайка кріплення кожуха; 7 і 8 - вивідні клєми і провідники; 9 – чашка; 10 - стулка; 11 – найменша діафрагма; 12 - проміжні діафрагми; 13 - вхідна діафрагма.

6.2.3 Вимірювання сумарної, розсіяної і відбитої радіації.

Для вимірювання сонячної радіації, що надходить зі всіх точок небесної півсфери, служить піранометр. Приймач піранометра захищається від вітру і гідрометеорів напівсферичним скляним ковпаком, що пропускає радіацію в діапазоні від 0,33 до 3 мкм. *Термоелектричний піранометр М-80М* (рис. 6.6).

Випускається з приймачем М-115м, у якого квадратна термобатарея пофарбована в чорно-білий колір у вигляді шахової дошки.



Рисунок 6.6 - Піранометр термоелектричний універсальний М-80М:
 1 – головка М-115м; 2 - стопорна пружина; 3 – шарнір затінювача; 4 -
 установочний гвинт; 5 - основа; 6 – шарнір відкидного штативу; 7 - рівень;
 8 – гвинт; 9 стоек з осушувачем всередині

Поля по-різному поглинають сонячну радіацію, що надходить, і нагріваються пропорційно поглиненій радіації. Отже, різниця температур, яка досягає 4°C на $1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$, також пропорційна радіації, що надходить. Термобатарея розвиває ЕРС, що дорівнює 8 мВ на $1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ при опорі приблизно 30 Ом . Стала часу $7 - 9 \text{ с}$, що потребує витримки до $35 - 50 \text{ с}$ для досягнення стійкого показання.

Для установлення приймач (головка) горизонтально використовується рівень 7 і гвинт 4.

Розсіяну радіацію вимірюють при затіненому приймачі. Затінювач – диск діаметром 85 мм прикріплюється до стержня довжиною 485 мм .

Для вимірювання відбитої радіації піранометр установлюють приймачем вниз. До піранометра додаються кришка, одягається на приймач для визначення місця нуля. Стабільність місця нуля забезпечується тим, що обидві краски – чорна і біла однаково «чорні» для земного випромінення (ковпака).

Термобатарея складена з плоских стрічок манганіну і константану, з 87 термоелементів, укладених зигзагоподібно.

6.2.4 Вимірювання балансу радіації.

Балансом часто називають залишкову радіацію. Вона являє собою мікрокліматичний елемент, тому що зв'язана з характером і станом діяльного шару (грунт, вода) в даній точці. Реєстрація залишкової радіації доцільна тільки над горизонтальною, рівною і цілком відкритою

поверхнею. В похідних спостереженнях балансомір і альбедометр повинні розміщуватися по можливості в одній точці. При дослідженні радіаційного режиму схилів балансомір і альбедометр повинні установлюватися паралельно схилу.

Балансомір типу М-10М (рис. 6.7) являє собою круглу плоску пластинку діаметром 100 мм з двома квадратними чорними приймачами на протилежних сторонах, помічених № 1 і № 2.

При вимірюваннях один приймач звернутий до досліджуваної поверхні (вниз) і на нього поступають короткохвильовий потік відбитої сонячної радіації і земне випромінення E_z разом з відбитою частиною R_0 випромінення атмосфери E_a і навколишніх предметів. Другий приймач, повернутий вгору, отримує сумарну сонячну радіацію Q разом з випроміненням атмосфери E_a .

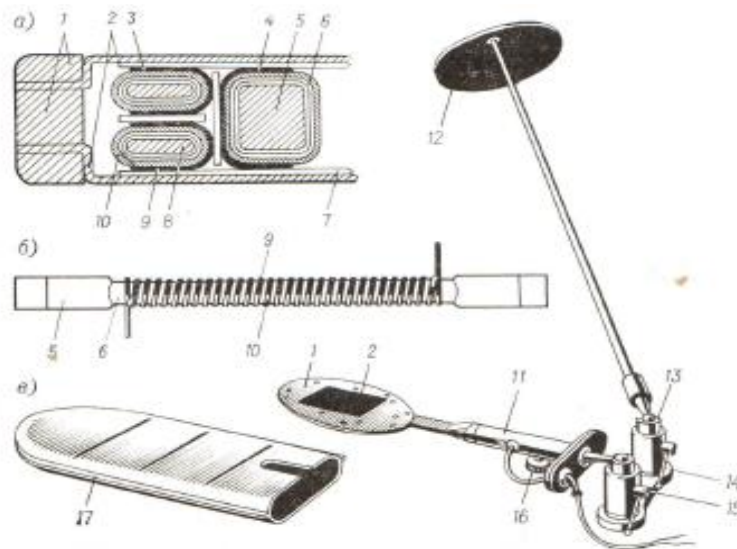


Рисунок 6.7 - Балансомір М-10М термоелектричний:

а - схематичний поперечний переріз; б - окрема термобатарея; в - зовнішній вигляд; 1 – корпус; 2 – приймальна пластинка; 2 і 4 – спаї; 5 - мідний брусок; 6 і 7 – ізоляція; 8 – термобатареї; 9 - срібний шар; 10 - константанова стрічка; 11 – рукоятка; 12 - тінювий екран; 13 і 15 - шарніри; 14 – планка; 16 – гвинт; 17 – чохол.

Обидва приймачі випромінюють як практично чорні тіла, у відповідності з їх температурою. Оскільки приймач складається, головним чином, з міді і має велику теплопровідність, підвищення температури за рахунок опромінення незначне: всього 1° на 1 кал/(см²·хв). Тому власне

випромінення обох приймачів практично однакове, і до нього балансомір не чутливий. Отже, балансомір вимірює різницю $B = S' + D + E_a - (R_k + R_o + E_s)$.

При затіненому балансомірі виключається S' . Ця величина набагато точніше обчислюється за різницею показань відкритого і затіненого піранометру, а тим паче за показаннями актинометру. Температура кожної пластинки приймача відрізняється від температури повітря і залежить від швидкості вітру, тому що із збільшенням швидкості вітру підсилюється конвективних теплообмін. Проте завдяки високій теплопровідності в тепловому балансі приймальних пластинок переважає віддача теплопровідності і зменшення чутливості із збільшенням швидкості вітру невелике, всього 2 – 3 % на 1 м/с. Це враховується поправочним множником Φ_g , який для кожного балансоміра визначається в аеродинамічній трубці. При швидкості 16 м/с $\Phi_g = 1,3$, а при 60 м/с - $\Phi_g = 2$. В природних умовах балансомір М-10 над нагрітим ґрунтом при вітрі до 1,5 м/с дає нестійкі показання, тому що дуже чутливий до висхідних повітряних потоків.

Пристрій балансоміра М – 10М наведено на схематичному розрізі (рис. 6.7, а). Приймальні пластинки з окисованої міді 2 зачорнені зовні матово-чорною емаллю з добавкою білої. Внутрішні поверхні ізольовані тонким папером 7, до них приклеєні спаї 3 і 4 термобатарей, улаштованих таким чином (рис. 6.7, б). На мідних брусках 5 намотані три шари тонкого паперу з шелаком 6 і на папір намотана константанова стрічка 10. Половина кожного витка ізольована лаком, а на іншу половину нанесений шар срібла 9 товщиною 0,03 мм. Оскільки неминучі зазори роблять неоднаковою чутливість обох приймачів, то добавляються дві двохшарові термобатарей 8 (рис. 6.7, а), причому одну з них, що прилягає до приймача з надлишковою чутливістю, можна замкнути шунтом або увімкнути зустрічними полюсами і тим вирівняти чутливість сторін з точністю до 2%. Корпус балансоміра 1 з міді служить для розсіювання тепла, поглиненого чорними приймачами.

Чутливість балансоміру при штилі 7 мВ на 1 кал/(см²·хв), опір термобатарей 40 Ом, стала часу 4 с.

6.2.5 Геліограф.

Геліографом реєструється тривалість сонячного сьйва, тобто кількість годин, коли сонячний диск не закритий хмарами, але знаходиться настільки вище горизонту, що опроміненість прямою радіацією перевищує 0,3 кал/(см²·хв). Для використання прийняті виключно геліографи Кемпбелля-Стокса полярної (універсальної) моделі (рис. 6.8).

Скляна куля 9 (рис. 6.8, а) фокусує зображення сонячного диску на синій картонній стрічці, всунутій в паз сферичної чашки 5. Зображення Сонця пропалює на стрічці слід (рис. 6.8, б). Стрічка придатна на протязі 10 годи, на які вона розграфлена білими лініями.

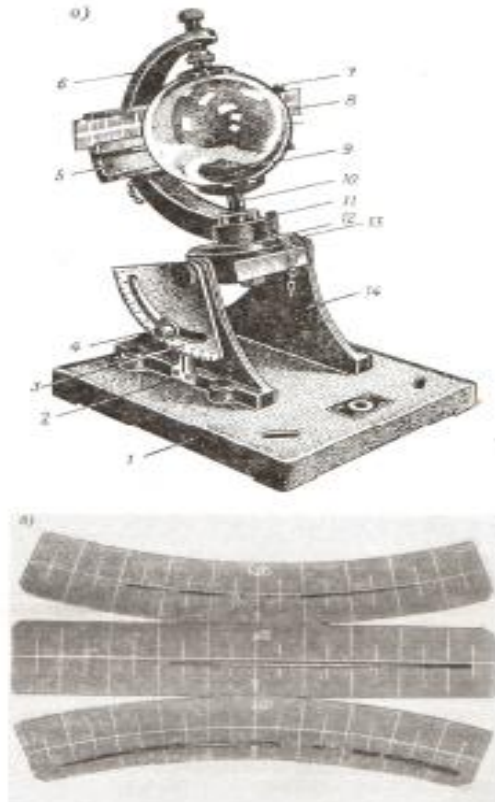


Рисунок 6.8 - Геліограф Кемпбелля-Стокса полярної (універсальної) моделі: а – зовнішній вигляд; б – стрічки з прогоріlostями: зимова, рівноденна, літня; 1 – основа; 2 – вказівник широти; 3 – сектор широт; 4 – гвинт; 5 – чашка з пазами для стрічок; 6 – дуга (тримач); 7 – голка фіксування стрічки; 8 – стрічка; 9 – куля; 10 – вісь; 11 – фіксуючий штифт; 12 – диск установочний; 13 – вказівник; 14 – стойка.

Геліограф повертають так, щоб дуга 6 була звернена на північ та щоб на південь до штриха була звернена буква Б. У цьому випадку стрічка змінюється один раз після заходу Сонця. При більш довгому дні стрічка змінюється після заходу Сонця, і геліограф повертається буквою А до штриха. У високих широтах приходиться тричі змінювати стрічки: в 4, 12 і 20 годин. В низьких широтах до 50° застосовні геліографи «звичайної» моделі з нерухомою чашкою, з рівноденними довгими прямими і літніми кривими довгими стрічками.

Обробка стрічок полягає у визначенні сумарної довжини прогоріlostей в кожному годинному проміжку з точністю до 0,1 год.

Тривалість сонячного саява вимірюється геліографами з невисокою точністю. Прогоріlostь, в залежності від кольору кулі і стрічки, та її вологості, починається з опромінення від 0,25 до 0,4 кал/(см²·хв), а припиняється при ще меншій радіації. Миттєві прогоріlostі оцінюються не менше, ніж в 0,1 год, а короткі перериви виходять, як невеликі звуження прогоріlostі. В результаті при купчастій хмарності вимірювання довжини прогоріlostей дає значне завищення тривалості саява.

6.3 Контрольні запитання

1. Які бувають види променевої енергії?
2. Якими приладами вимірюється променева енергія?
3. Для чого призначений компенсаційний піргеліометр Онгстрема?
4. Що використовується як зразковий прилад для визначення чутливості піранометрів і балансомірів?
5. Яким приладом вимірюється сонячна радіація, що надходить зі всіх точок небесної півсфери?
6. Що являє собою балансомір типу М-10М?
7. Як проводиться установка балансоміра?
8. Що являє собою інтегратор Х-603?
9. Для чого призначений геліограф?
10. Коли і за яких причин міняються стрічки в геліографі?
11. Як проводять вимірювання за балансоміром?
12. Для чого призначені тіньові кільця?

6.4 Опис приладів, які використовуються у роботі

В роботі використовуються наступні пристрої:

- актинометр АТ-50;
- піранометр М-80;
- балансомір М-10м;
- дзеркальний мікроамперметр М135А;
- дзеркальний мікроамперметр М 195/1;
- стрілочний мікроамперметр ГСА-1М-а
- люксметр Ю116;
- семісторний регулятор напруги (яскравості);
- джерело світла;
- з'єднувальні дроти.

6.5 Правила безпеки при виконання лабораторної роботи.

1. Підготовку приборів для вимірювання радіаційного балансу сонячного випромінювання та його складових необхідно проводити без вмикання джерел живлення.
2. Вмикати живлення приборів тільки з дозволу викладача.
3. Закінчивши виконання лабораторної роботи, вимкнуть живильну напругу і здати робоче місце викладачу або завлабораторією.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

4. Вмикати комплект вимірювальних приладів в мережу до тих пір, доки не буде повністю зібрана схема лабораторної установки.
5. Ремонтувати, розбирати і перевіряти схеми під час увімкненої напруги живлення.

6.6 Методика виконання лабораторної роботи

6.6.1. Визначення залежності вихідного струму актинометра АТ-50 від величини освітлення.

а) Зібрати установку відповідно до рис. 6.9, для виконання роботи актинометр встановлюється так, щоб труба була орієнтована строго вертикально вгору на джерело світла. Лампа (джерело світла) живиться від регулятора яскравості, ввімкненого в мережу 220В.

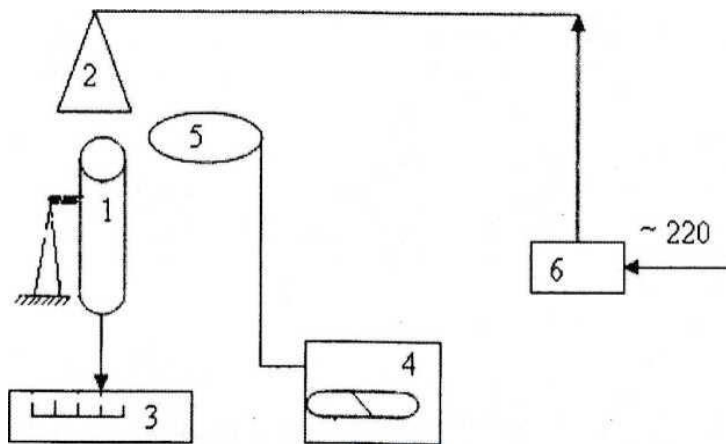


Рисунок 6. 9 - схема експерименту з дослідження актинометра:
1- актинометр; 2- джерело світла; 3 – дзеркальний мікроамперметр М-135Ф; 4 – люксметр Ю116; 5 – датчик люксметра; 6 – регулятор яскравості джерела світла.

б) Для контролю яскравості використовується люксметр Ю116, пристрій, що виміряє силу світла джерела. Підготувати до роботи

люксметр, для чого приєднати кабель виносного датчика до корпусу пристрою, встановити на датчикові зелений світлофільтр; встановити межу вимірювання освітленості.

в) Збільшуючи яскравість лампи за допомогою «Регулятора яскравості» встановити максимальний показник мікроамперметра М135Ф - 1 мкА, зафіксувати показники люксметра і занести до табл. 6.1.

г) Зменшити яскравість лампи за допомогою «Регулятора яскравості» до значення на виході 0,8 мкА і зафіксувати показники люксметра, занести до табл. 6.1.

д) Повторити операцію (за п. г) для значень вихідного струму актинометру 0,6; 0,4; 0,2 мкА.

Таблиця 6.1 - Залежність вихідного струму актинометру від освітлення

Вихідний струм актинометру $I_{акт}$, мкА	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Освітлення Φ , Люкс					

Примітка: враховуючи велику інерційність термобатарей час вимірювання повинен бути не менше 60 с.

е) За даними табл. 6.1 побудувати графік залежності вихідного струму актинометра від величини освітлення $I_{акт} = f(\Phi)$.

ж) Зробити висновки.

6.6.2. Визначення кута зору актинометру АТ-50.

а) Виконати пп. а,б,в попереднього підрозділу.

б) Послабити гвинт осі нахилу і обережно, повільно відхиляти вісь актинометру від вертикалі, в момент різкого зменшення вихідного струму; актинометру за його шкалою зафіксувати кут відхилення від вертикалі - φ (для довідки 1 поділлка шкали відповідає 5°).

в) Зробити висновки.

6.6.3. Визначення залежності вихідного струму піранометра М-80 від величини освітлення.

а) Зібрати установку в відповідальності з рис. 6.10.

б) Підготувати до роботи люксметр Ю116, для чого приєднати кабель виносного датчика до корпусу пристрою, установити на датчик білий світлофільтр, встановити межу вимірювання освітленості.

в) Збільшуючи яскравість лампи за допомогою «Регулятора яскравості» встановити максимальний струм піранометра за прибором М195/1, зафіксувати показники люксметра і занести до табл. 6.2.

г) Зменшити яскравість лампи за допомогою «Регулятора яскравості», зафіксувати показники прибору М195/1 і люксметра Ю116, занести до

табл. 6.2.

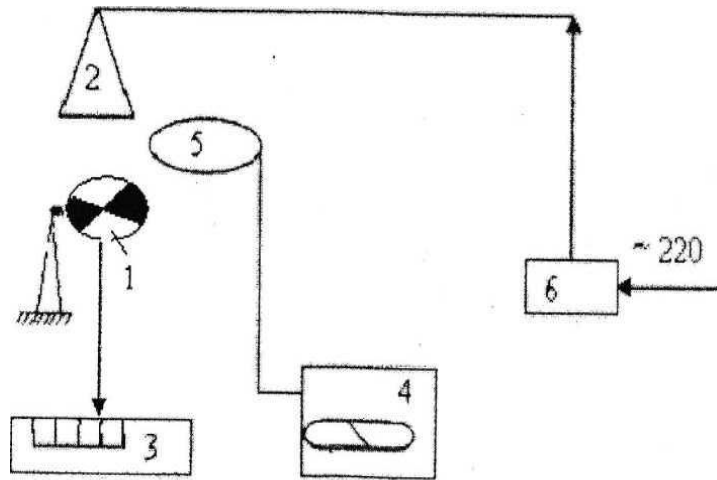


Рисунок 6.10 - схема експерименту з дослідження піранометра М-80:
 1- піранометр; 2- джерело світла; 3 – дзеркальний мікроамперметр М-195/1;
 4 – люксметр Ю116; 5 – датчик люксметра; 6 – регулятор яскравості
 джерела світла

Таблиця 6.2. Залежність вихідного струму піранометру від освітлення

Вихідний струм піранометру I_{nir} , мкА					
Освітлення - Φ , Люкс					

Примітка: враховуючи велику інерційність термобатарей час кожного вимірювання повинен бути не менше 60 с.

д) За даними табл. 6.2 побудувати графік залежності вихідного струму піранометра від величини освітлення $I_{nir}=f(\phi)$.

г) Зробити висновки.

6.6.4. Перевірка ідентичності каналів балансоміра М-10м.

а) Зібрати установку в відповідальності з рис. 6.11, розмістив в світловий потік піранометру балансомір однією із сторін паралельно до поверхні столу.

б) Підготувати до роботи люксметр, для чого приєднати кабель виносного датчика до корпусу пристрою, установити на датчик білий світлофільтр, встановити межу вимірювання освітленості.

в) Збільшуючи яскравість лампи за допомогою «Регулятора яскравості» встановити максимальний показник мікроампера ГСА-1М-а, зафіксувати його показники та люксметра і занести до табл. 6.3.

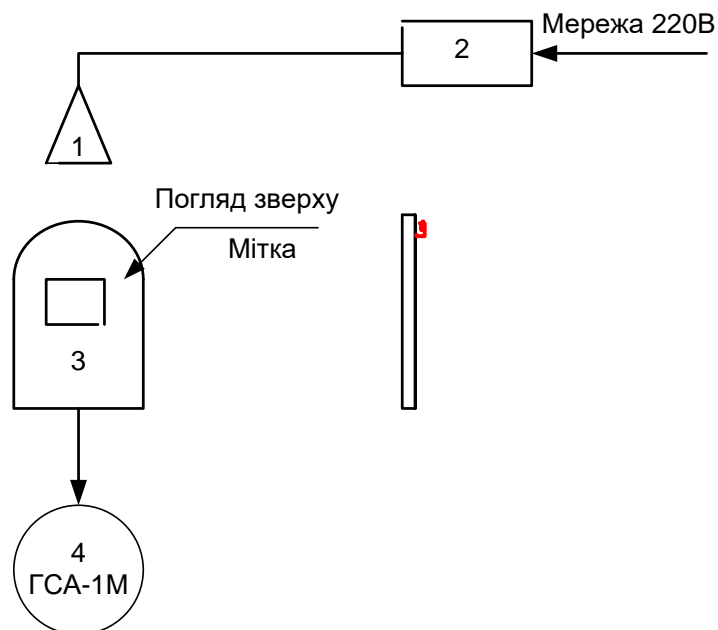


Рисунок 6.11 - Схема експерименту з дослідження балансоміра.
 1- джерело світла; 2– регулятор яскравості джерела світла;
 3 – балансомір; 4- мікроамперметр ГСА-1М-а.

- г) Послідовно змінюючи положення площини балансоміру фіксувати за допомогою ГСА-1М-а вихідний струм термобатареї, занести до табл.6.3.
 д) Визначити похибку балансоміру за формулою:

$$\Delta I_{бал} = I_{вг} - I_{вн}$$

- і порівняти її зі значеннями $I_{вн}$ і $I_{вп}$.
 е) Зробити висновки.

Таблиця 6.3 Залежність вихідного струму балансоміра від його положення

Положення площини балансоміра	Умовна позначка вгору, $I_{вг}$	Умовна позначка вліво, $I_{вл}$	Умовна позначка вниз, $I_{вн}$	Умовна позначка вправо, $I_{вп}$
Освітлення, Люкс				
Вихідний струм балансоміра $I_{бал}$, мкА				

Примітка: враховуючи велику інерційність термобатареї час вимірювання повинен бути не менше 60 с.

6.7 Вивчення геліографа Кемпбелла-Стокса .

- 1) Вивчити конструкцію геліографу.
- 2) Ввімкнути лампу, що імітує сонце, і плавно переміщуючи її по дузі, що обмежена штангою, спостерігати світлову пляму на робочій поверхні геліографа.
- 3) Зробити висновки.

6.8 Порядок оформлення звіту та його представлення і захист

Результати проведеної лабораторної роботи оформлюються протоколом. Протокол підлягає індивідуальному захисту. Він повинен містити такі дані:

- 1) тема лабораторної роботи;
- 2) мета лабораторної роботи;
- 3) короткі теоретичні відомості;
- 4) схеми і описання лабораторних установок (рис. 6.10, рис.6.11 та рис. 6.12);
- 5) порядок проведення лабораторної роботи;
- 6) таблицю результатів вимірювань (табл. 6.1 - табл. 6.3) і графіки залежностей $I_{акт} = f(\Phi)$, $I_{нир} = f(\Phi)$, побудовані за ними;
- 7) величину кута зору актинометра визначену експериментально;
- 8) величину похибки балансоміру $\Delta I_{бал}$
- 9) висновки.

Лабораторна робота №7

«Вимірювання радіоактивності»

Мета роботи: ознайомитися з приладами радіаційної розвідки, дію яких засновано на іонізаційному методі, і з методами контролю забруднення поверхонь, а також набути навички в роботі з ними.

знати:

- одиниці рівня радіації і доза радіоактивного зараження;
 - будову лічильника Гейгера і принцип дії приладів радіаційної розвідки;
- обчислення результатів вимірювання рівня радіації;

вміти:

- виміряти рівень фонові радіації і радіаційного випромінювання об'єктів;
- виявляти грубі прорахунки у вимірюванні.

7.1 Теоретичні положення.

Природною радіоактивністю називається здатність деяких ядер мимовільно перетворюватися в інші ядра з випускненням деяких видів випромінювань. Ці види в процесі вивчення явища були названі: α , β , γ - випромінюванням.

Згодом було показано, що:

α - випромінювання являє собою потік ядер гелію (${}^4_2\text{He}$), тобто потік часток, що мають заряд $+2e$ і масу $8me \cdot 10^3$; β - випромінювання — потік електронів чи позитронів;

γ - випромінювання це короткохвильове ($\lambda < 10^{-12}\text{м}$) електромагнітне випромінювання, що володіє високою проникаючою здатністю. У силу короткохвильової природи γ - випромінювання слабке виявляє хвильові властивості. Тут на перший план виступають корпускулярні властивості і тому γ - випромінювання розглядають як потік часток — γ -квантів. При розпаді різних ядер γ - кванти можуть мати енергію від 10 кэВ до 5 МэВ ($1\text{ев} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж). Проходячи через речовину, γ -кванти можуть взаємодіяти як з електронними оболонками атомів, так і з ядрами. Володіючи нульовою масою спокою, γ -кванти не можуть сповільнюватися, а можуть тільки розсіюватися. Основними процесами взаємодії γ - випромінювання з речовиною є комптонівське розсіювання й утворення електрон-позитронних пар.

При комптонівському розсіюванні γ - кванти передають частину своєї енергії електронам. Випущені (звільнені) при цих процесах електрони, володіючи досить високою енергією, теж можуть служити іонізуючим фактором, причому їхні енергії може виявитися досить для іонізації не одного, а декількох атомів.

Вплив γ - випромінювання на речовину характеризується дозою іонізуючого випромінювання. Розрізняються:

а) поглинена доза випромінювання – фізична величина, рівна відношенню поглиненої енергії випромінювання до маси речовини, що опромінюється. **Одиниця виміру грій (Гр), $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.**

б) експозиційна (польова еквівалентна) доза випромінювання – фізична величина, рівна відношенню суми електричних зарядів всіх іонів одного знака, створених електронами, звільненими в опромінену повітря (за умови повного використання іонізуючої здатності електронів) до маси цього повітря. **Одиницею виміру експозиційної дози випромінювання є Кл/кг. Несистемною одиницею є рентген ($1 \text{ Р} = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$).**

в) біологічна доза – величина, що визначає вплив випромінювання на живий організм. **Одиниця виміру біологічної дози – біологічний еквівалент рентгена (бер) . 1 бер – доза будь-якого виду іонізуючого випромінювання, що робить таку ж біологічну дію як і доза рентгенівського γ - випромінювання в 1 Р ($1 \text{ бер} = 10^2 \text{ Дж/кг}$).**

У даній роботі проводиться вимір потужності експозиційної (польовий еквівалентний) дози γ -випромінювання. **Потужність дози випромінювання – фізична величина рівна відношенню дози випромінювання до часу опромінення. Потужність експозиційної дози випромінювання вимірюється в Р/год частіше в дільних одиницях мкР/год ($1 \text{ мкР/год} = 10^{-6} \text{ Р/ч}$).**

Крім природної радіоактивності в даний час існує можливість підвищення радіаційного фону в наслідку діяльності людини (техногенні катастрофи, бойові дії з застосуванням радіаційних матеріалів і т.п.). Тому на метеостанціях організуємося і проводиться постійне спостереження за рівнем радіаційного фону з метою одержання даних для оцінки ступеня радіаційного зараження місцевості, ураження людей, визначення необхідності надання медичної допомоги.

Не можна виключати можливість забруднення робочих поверхонь, шкірних покривів, одягу, місцевості і будівель, що може привести до зовнішнього опромінення персоналу. Але це може виявитися потенційним джерелом внутрішнього опромінення. Проникнення радіоактивних речовин (РР) усередину організму може відбутися разом з пилом чи аерозоллю. РР можуть проникнути в усередину організму також внаслідок

усмоктування через забруднену шкіру чи попадати через рот із забруднених рук; з їжею, рідиною, при палінні.

Величину внутрішнього опромінення визначити дуже важко, тому що вона залежить від багатьох факторів, наприклад, усмоктування РВ через шкіру залежать від стану шкіри даного індивідуума, фізико-хімічних властивостей речовин, що знаходяться на шкірі, вологості і температури повітря в приміщенні, характеру виконуваної роботи й ін.

Припустимі рівні забруднення поверхонь об'єктів установлюються для найбільш сприятливих умов проникнення РР, при цьому враховується коефіцієнт безпеки, дотримання санітарних правил, виходячи з досвіду роботи з радіоактивними матеріалами, ефективності дезактиваційних і миючих засобів.

7.2 Прилади, що використовуються у роботі

У даній роботі використовуються прилади: радіометр - рентгенометр ДП-5В, дозиметр ДП-24 та дозиметр-радіометр *SOEKS-01M*. Прилад ДП-5В, призначений для контролю радіаційної обстановки на місцевості й у побуті. Прилад виконує функції радіометра і забезпечує можливість виміру:

- потужності польової еквівалентної дози гамма-випромінювання;
- щільності потоку бета-випромінювання з поверхні.

В основі принципу дії приладу лежить явище іонізації газу під дією радіоактивного випромінювання. Основною частиною приладу є лічильник Гейгера (рис. 7.1).

Він представляє із себе металеву тонкостінну трубку яка служить катодом. Усередині натягнутий тонкий металевий дріт, що служить анодом. Трубка заповнена інертним газом (аргон, неон) під невеликим тиском. Для роботи лічильника потрібно досить висока напруга (порядку 350-400В). Квант γ – випромінювання потрапляючи на датчик вибиває з атомів матеріалу стінки вторинні електрони. Ці електрони потрапляють під дією що прискорює поле і збільшують свою енергію, що стає достатньою для лавинної іонізації молекул газу. Аніони, що утворилися, спрямовуються до катода, а електрони - до анода, чим і обумовлюється імпульс струму, що протікає в зовнішньому колі. Тривалість імпульсу струму порядку 10^{-4} с.

Спадання напруги, що знімається з резистора навантаження використовується для індикації – візуальної і звукової. Візуальна індикація здійснюється стрілочним індикатором на який подається інтегрований (накопичений) сигнал з резистора навантаження. Звуковий сигнал прослуховується в вигляді коротких щигликів у головних телефонах,

частота проходження яких пропорційна інтенсивності радіаційного випромінювання.

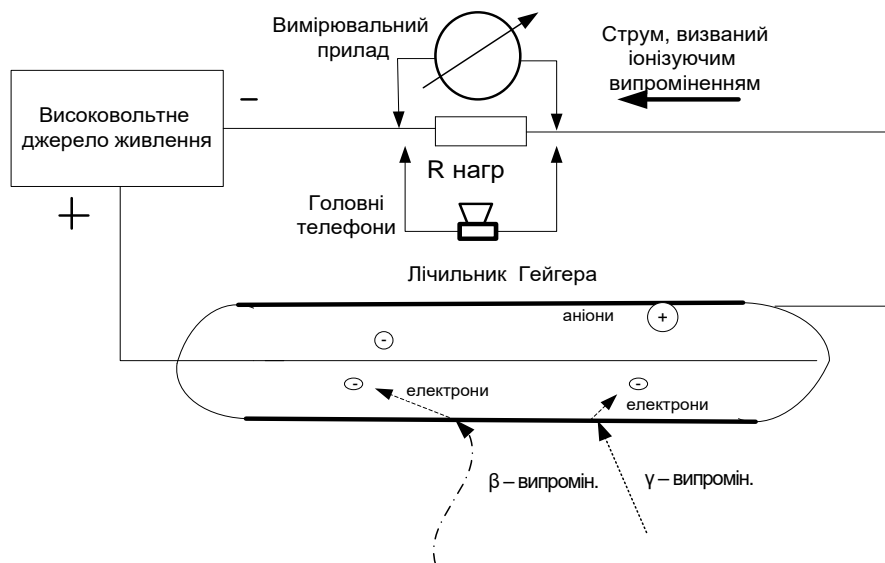


Рисунок 7.1 - Структурна схема дозиметра-радіометра з лічильником Гейгера як чутливий елемент

Взаємодія іонізуючого випромінювання з вимірювальним приладомносять стохастичним (випадковий) характер, тому при малих значеннях потужності дози (на рівні природного фону від 5 до 60 мкР/ч) може спостерігатися значний розкид у показаннях приладу.

Систематична погрішність приладу складає $\epsilon_{\text{сист}} = 1 \text{ мкР/ч}$.

Опис приладів, використовуваних у роботі

Радіометр-рентгенометр ДП-5В призначений для виявлення і виміру рівнів радіації на зараженій місцевості - рівнів гамма-випромінювання і виявлення бета-випромінювання. Діапазон вимірів від 0,05 мр/год до 200 Р/год розбитий на шість піддіапазонів (табл.7.1) у залежності від положення перемикача режиму роботи (ПРР)

Виміри приладом можна робити в межах температур $- 40^{\circ}\text{C}$ до $+ 50^{\circ}\text{C}$ по гамма-випромінюванню і від $- 50^{\circ}\text{C}$ до $+ 50^{\circ}\text{C}$ по бета-випромінюванню.

Прилад не має “зворотного” ходу стрілки мікроамперметра при перевантажувальних опроміненнях до 300 р/ч на 1 - 3 піддіапазонах і до 1 р/ч на 4-6 піддіапазонах, тому обнуління показань здійснюється за допомогою кнопки “Сброс”.

Таблиця 7.1- Піддіапазони приладу ДП-5В

Положення	Діапазон	Шкала	Межі
-----------	----------	-------	------

ПРР			вимірювання
1	200	0 - 200	5 -200 Р/ч
2	x 1000	0 - 5	0,5 – 5 Р/ч
3	x 100	0 - 5	50 – 500 мР/ч
4	x 10	0 - 5	5 – 50 мР/ч
5	x 1	0 - 5	0,5 – 5 мР/ч
6	x 0,1	0 - 5	0,05 – 0,5 мР/ч

Електроживлення приладу здійснюється від двох елементів А336, що забезпечують безупинну роботу протягом 40 годин. Третій елемент А336 використовується для забезпечення підсвічування шкали. Прилад укомплектований колодкою живлення, що забезпечує підключення відповідної модифікації приладу до джерела постійного струму напругою 3, 6, 12 або 24 вольти.

Дозиметр ДП-24 призначений для реєстрації експозиційної (накопиченої) дози, отриманої індивідумом під час перебування на РЗ місцевості в приміщенні. Діапазон вимірів 0 – 50 Р. У комплект приладу входять:

- індивідуальні датчики ДП-50 – п'ять штук;
- зарядна станція;
- укладальна шухляда.

Індивідуальний датчик ДП-50 представляє із себе металеву трубку усередині якої установлений конденсатор, що заряджається від зарядної станції до напруги порядку 300В. Під дією радіаційного випромінювання конденсатор заряджається. Розряд відбувається тим швидше, чим вище рівень радіації. Ємність конденсатора підібрана так, що для повного його розряду накопичена доза повинна складати 50Р. Ступінь розряду індикуюється за допомогою стрілочки, що вказує отриману експозиційну дозу. Для спостереження за стрілочкою у торці трубки є діоптричний окуляр. Трубка має затиск (типу авторучки) для постійного носіння дозиметра в кишені.

Зарядна станція представляє із себе перетворювач постійного струму. Джерелом енергії служать два сухих елементи які забезпечують живлення постійним струмом напругою 3,6 В. Транзисторний перетворювач типу постійний – перемінний – трансформація – випрямлення дозволяє одержати постійний струм напругою 300 В, що і використовується для заряджання конденсаторів датчиків ДП-50.

Дозиметр-радіометр SOEKS-01M. Сучасний пристрій призначений для вимірювання накопиченої дози радіації, оцінки рівня радіаційного фону та виявлення джерел іонізуючого випромінювання. Прилад здійснює оцінку радіаційного фону за величиною потужності іонізуючого

випромінювання (гама-випромінювання, потоку бета-часток з урахуванням рентгенівського випромінювання). Як датчик іонізуючого випромінювання використовується лічильник Гейгера-Мюллера. Обробка отриманої інформації, розрахунок дози виробляє мікропроцесор, що входить до складу приладу. Основні технічні характеристики наведено у табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Основні технічні характеристики SOEKS-01M

№	Найменування характеристики, одиниці виміру	Величина
1	Діапазон вимірювань рівня радіоактивного фону, мкЗвТ/год.	до 999
2	Реєстрована енергія гамма-випромінювання, МеВ	від 0,1
3	Діапазон вимірювання накопиченої дози, Зв	до 999
4	Поріг попередження, мкЗвТ/год	від 0,3 до 100
5	Час виміру, с	від 10
6	Індикація показань	безперервна

7.4 Методика виконання лабораторної роботи

7.4.1 Вимоги заходів безпеки при виконанні роботи:

- при виконанні роботи керуватися правилами техніки безпеки в лабораторії;
- до початку виконання роботи вивчити пристрій, експлуатацію і підготовку до роботи приладів, використовуваних у лабораторній роботі;
- при роботі з джерелами іонізуючих випромінювань дозволяється звільняти їх від запобіжних екранів тільки на час виконання виміру, пам'ятаючи про шкідливість впливу їхнього випромінювання;
- не залишати прилади включеними під час перерв у роботі, тому що це приводить до витрати ресурсів джерел живлення;
- обережати прилад від поштовхів, ударів, падінь, при перенесенні використовувати його укладальна шухляда;
- при виявленні несправностей або сумніві в працездатності зібраних схем звертатися до викладача чи лаборанта.

7.4.2. Підготовка приладу ДП-5В до роботи містить у собі:

- 1 Відкрити кришку футляра, зробити зовнішній огляд приладу;
- 2 Перемикач режиму роботи повинний стояти в положенні “Виключено”, для чого ручка повинна бути повернена проти ходу годинникової стрілки до упора (не застосовувати надмірних зусиль);
- 3 Перевірити установку стрілки мікроамперметра на нуль (механічний нуль приладу встановлюється за допомогою коректора, розміщеного під гвинтом, що забезпечує герметичність приладу);

4 Підключити, дотримуючи полярності, кабель живлення приладу до джерела постійного струму напругою 3,5 В.

7.4.3 Включення та контроль приладу ДП-5В:

1 Забезпечити стійке положення приладу при відкритій кришці футляра;

2 Підключити головні телефони (навушники);

3 Кришка-екран на щупі поставити в положення “К”;

4 Включити прилад, для чого перемикач режиму роботи перевести в положення “Δ”;

5 Переконатися, що стрілка приладу встановлюється на позначений сектор, якщо цього зробити не вдається, тоді перевірити справність джерела живлення.

6 Встановити кришка-екран зонда в положення “Б” (вікно зонда відкрите) і правильно розмістити зонд над контрольним джерелом;

7 Перемикач режиму роботи провести по всім піддіапазонами, при цьому на 1 - 3 піддіапазонах стрілка приладу практично не відхиляється; на 4 піддіапазоні (“x10”) показання приладу повинне бути в межах 12-40 мілірентген/година, а на 5 і 6 піддіапазонах стрілка повинна “зашкалити”, що вказує на відсутність зворотного ходу її при “переопроміненні”, зареєструвати результат виміру;

8 Закрити контрольне джерело кришкою;

9 Встановити кришка-екран зонда в положення “Г”, укласти зонд зі сполучним кабелем у спеціальний відсік футляра і закріпити його там.

Прилад готовий до роботи в будь-якому штатному режимі.

7.4.4 Замір фонового рівня радіації:

1 Встановити піддіапазон вимірів у залежності від очікуваної потужності дози, кришка футляра закрита, зонд у відсіку футляра, кришка-екран зонда в положенні “Г”, головні телефони підключені;

2 Прилад розмістити на висоті 0,7 - 1,0 м від поверхні землі, використовуючи переносні ремені приладу;

3 При русі по вказаному викладачем маршруту зробити вимір рівнів радіації шляхом регулярного зняття відліків;

7.4.5 Замір радіоактивної зараженості об'єктів (шкірних покривів, одягу, техніки, продуктів, рідин, фуражу):

- визначити величину гамма-фону навколишнього простору (до приміщення на це місце чи об'єкт), як зазначено в попередньому пункті;

- повторити вимір, піднести зонд до поверхні об'єкта на відстань 2 -3 см, тобто величину РЗ об'єкта в сумі з гамма-фоном місцевості;

- зараженість об'єкта визначається різницею зроблених вимірів.

7.4.6 Замір величини бета-випромінювання:

- установити кришка-екран зонда в положення “Г”, а перемикач режиму роботи на відповідний піддіапазон;
- розмістити зонд у 1 - 2 див від поверхні об'єкта і зняти відлік;
- установити кришка-екран зонда в положення “Б” і повторити вимір;
- різниця відліків укаже величину бета-випромінювання об'єкта виміру.

7.4.7 Підготовка приладу ДП-24 до роботи.

- відкрити кришку укладальної шухляди і витягти зарядну станцію і дозиметри ДП-50;
- зняти показання дозиметрів (накопичену дозу) і занести в табл. 7.3;
- по черзі вставити дозиметри в гніздо зарядної станції, натиснути на трубку й утримувати приблизно 10с у цьому положенні, очікуючи повної зарядки конденсатора;
- переконатися, що дозиметр приведений у робочий стан – стрілочка знаходиться на нульовій оцінці шкали.

Таблиця 7.3 - Реєстрація накопичених доз

Дата	Накопичена доза (наростаючим числом), Р	Номер дозиметра				
		1	2	3	4	5

7.4.8 Вимірювання фоновий рівня радіації за допомогою дозиметра-радіометра *SOEKS-01M*

1. Витягти прилад із упаковки, провести зовнішній огляд та перевірити стан елементів живлення.
2. Увімкнути прилад, вибрати в меню послідовно: вимірювання рівня радіації в мікрозивертах за годину, зафіксувати результат.
3. Виміряти дозу радіації, для чого вибрати в меню послідовно: вимірювання дози радіації в мікрозивертах, зафіксувати результат. При вимірі дози результат фіксувати через 5-7 хвилин приладу.

7.5 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;
- 5) таблиці результатів досліджень;

б) висновки.

7.6 Запитання для самоперевірки

1. Причини радіаційних випромінювань.
2. Види радіаційних випромінювань.
3. Класифікація дозиметричних приладів.
4. Міри безпеки при роботі з джерелами випромінювань.
5. Одиниці виміру радіоактивних випромінювань.
6. Гранично допустимі рівні і ступені радіоактивного зараження об'єктів.

Список літератури

1. Корбан В.Х. Методи гідрометеорологічних вимірювань. Конспект лекцій – Одеса: «ТЕС», 2009, 400с.
2. Комплект ДП-5В. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
3. Комплект ДП-24. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации дозиметра-радіометра *SOEKS-01M*.

Додаток до лабораторної роботи №5
Додаток 5.1 (Табл. АА)

Психометрична таблиця для води (над водою).																				
Показання сухого термометра, °C																				
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Р і з н и ц я	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	0,1	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	
	0,2	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	
	0,3	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98	95	98	97	98	98	98	98	
	0,4	96	96	96	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	97	
	0,5	94	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
	0,6	93	93	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	
	0,7	92	93	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94	95	94	95	95	95	
	0,8	91	91	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	
	0,9	90	90	91	91	91	91	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93	93	94	
П о к а з н и к і в	1	89	89	90	90	90	91	91	91	91	92	92	92	92	92	93	93	93	93	
	1,1	88	88	89	89	89	90	90	90	90	91	91	91	91	91	92	92	92	92	
	1,2	87	87	88	88	88	89	89	89	90	90	90	90	91	91	91	91	91	92	
	1,3	86	86	87	87	87	88	88	88	89	89	89	90	87	90	90	91	91	91	
	1,4	85	85	86	86	87	87	87	88	88	88	88	89	89	89	90	90	90	90	
	1,5	84	84	85	85	86	86	86	87	87	87	88	88	88	88	89	89	89	90	
	1,6	83	83	83	84	85	85	85	86	86	87	87	87	87	88	88	88	88	89	
	1,7	82	82	83	83	84	84	85	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88	88	
	1,8	81	81	82	82	83	83	84	84	85	85	85	86	86	86	86	87	87	87	
	1,9	80	80	81	81	82	82	83	83	84	84	84	85	85	85	86	86	86	87	
с у х о г о	2	78	79	80	80	81	81	82	82	83	83	84	84	84	85	85	85	86	86	
	2,1	77	78	79	79	80	81	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85	85	85	
	2,2	76	77	78	78	79	80	80	81	81	82	82	82	83	83	83	84	84	85	
	2,3	75	76	77	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82	83	80	83	84	84	
	2,4	74	75	76	77	77	78	78	79	80	80	81	81	81	82	82	83	83	84	
	2,5	73	74	75	76	76	77	78	78	79	79	80	80	81	81	81	82	82	83	
	2,6	72	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82	
	2,7	71	72	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	79	80	80	80	81	82	
	2,8	70	71	72	73	74	74	75	76	76	77	77	78	78	79	79	80	80	81	
	2,9	69	70	71	72	73	74	74	75	76	76	76	77	78	78	78	79	79	80	
т е р м о м е т р і в	3	68	69	70	71	72	73	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	79	80	
	3,1	67	68	69	70	71	72	73	73	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	
	3,2	66	67	68	69	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	76	77	77	78	
	3,3	65	66	67	68	69	70	71	72	72	73	74	74	75	75	76	74	77	78	
	3,4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76	77	
	3,5	63	64	65	67	67	68	69	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	76	
	3,6	62	63	65	66	66	68	68	69	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	
	3,7	61	62	64	65	66	67	68	68	69	70	71	71	72	73	73	74	74	75	
	°C																			

3,8	60	62	63	64	65	66	67	68	68	69	70	71	71	72	72	73	74	74	75
3,9	59	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	70	71	71	72	72	73	73	74
4	58	60	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	70	71	71	72	72	73	74
4,1	57	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	70	70	71	72	72	73
4,2	56	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	69	70	70	71	72	72
4,3	55	57	58	59	61	62	63	64	65	65	66	67	68	68	69	70	68	71	71
4,4	54	56	57	59	60	61	62	63	64	65	66	66	67	68	68	69	70	70	71
4,5	53	55	56	58	59	60	61	62	63	64	65	66	66	67	68	68	69	70	70
4,6	53	54	55	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	66	67	68	68	69	70
4,7	52	53	55	56	57	58	59	61	62	62	63	64	65	66	66	67	68	68	69
4,8	51	52	54	55	56	58	59	60	61	62	63	64	64	65	66	67	67	68	68
4,9	50	51	53	54	55	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65	66	67	67	68
5	49	50	52	53	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	64	65	66	67	67
5,1	48	49	51	52	54	55	56	57	59	60	61	61	62	63	64	65	65	66	67
5,2	47	48	50	52	53	54	56	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65	65	66
5,3	46	48	49	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63	64	63	65
5,4	45	47	48	50	51	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65
5,5	44	46	47	49	51	52	53	54	56	57	58	59	60	61	61	62	63	64	64
5,6	43	45	47	48	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63	64
5,7	42	44	46	47	49	50	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63
5,8	41	43	45	47	48	50	51	52	53	55	56	57	58	59	59	60	61	62	63
5,9	40	42	44	46	47	49	50	51	53	54	55	56	57	58	59	60	60	61	62
6	39	41	43	45	46	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	61
6,1	38	40	42	44	46	47	49	50	51	52	54	55	56	57	57	58	59	60	61
6,2	38	40	41	43	45	46	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	59	60
6,3	37	39	41	42	44	46	47	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	58
6,4	36	38	40	42	43	45	46	48	49	50	52	53	54	55	56	57	58	58	59
6,5	35	37	39	41	42	44	46	47	48	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
6,6	34	36	38	40	42	43	45	46	48	49	50	51	52	54	54	55	56	57	58
6,7	33	35	37	39	41	43	44	46	47	48	50	51	52	53	54	55	56	57	57
6,8	32	34	36	38	40	42	43	45	46	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
6,9	31	33	35	37	39	41	43	44	46	47	48	49	51	52	52	54	55	55	56
7	30	33	35	37	38	40	42	43	45	46	48	49	50	51	52	53	54	55	56
7,1	29	32	34	36	38	39	41	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
7,2	28	31	33	35	37	39	40	42	44	45	46	48	49	50	51	52	53	54	55
7,3	28	30	32	34	36	38	40	41	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54
7,4	27	29	31	33	35	37	39	41	42	44	45	46	47	49	50	51	52	53	54
7,5	26	28	30	33	35	36	38	40	41	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53
7,6	25	27	30	32	34	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	50	51	52	52
7,7	24	27	29	31	33	35	37	38	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52
7,8	23	26	28	30	32	34	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	51
7,9	22	25	27	29	32	34	35	37	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50	51
8	21	24	26	29	31	33	35	36	38	40	41	42	44	45	46	47	48	49	50

8,1	21	23	26	28	30	32	34	36	37	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
8,2	20	22	25	27	29	31	33	35	37	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49
8,3	19	22	24	26	29	31	33	34	36	38	39	41	42	43	44	46	47	48	49
8,4	18	21	23	26	28	30	32	34	35	37	39	40	41	43	44	45	46	47	48
8,5	17	20	22	25	27	29	31	33	35	36	38	39	41	42	43	44	46	47	48
8,6	16	19	22	24	26	28	30	32	34	36	37	39	40	41	43	44	45	46	47
8,7	15	18	21	23	26	28	30	32	33	35	37	38	40	41	42	43	45	46	47
8,8	15	17	20	22	25	27	29	31	33	34	36	38	39	40	42	43	44	45	46
8,9	14	17	19	22	24	26	28	30	32	34	35	37	38	40	41	42	43	45	46
9	13	16	18	21	23	26	28	30	31	33	35	36	38	39	40	42	43	44	45
9,1	12	15	18	20	23	25	27	29	31	33	34	36	37	39	40	41	42	43	45
9,2	11	14	17	19	22	24	26	28	30	32	34	35	37	38	39	41	42	43	44
9,3	10	13	16	19	21	23	26	28	29	31	33	35	36	37	39	40	41	42	44
9,4	10	12	15	18	20	23	25	27	29	31	32	34	36	37	38	40	41	42	43
9,5	9	12	15	17	20	22	24	26	28	30	32	33	35	36	38	39	40	41	43
9,6	8	11	14	16	19	21	24	26	28	29	31	33	34	36	37	38	40	41	42
9,7	7	10	13	16	18	21	23	25	27	29	31	32	34	35	37	38	39	40	42
9,8	6	9	12	15	17	20	22	24	26	28	30	32	33	35	36	37	39	40	41
9,9	5	8	11	14	17	19	21	24	26	28	29	31	33	34	35	37	38	39	41
10	5	8	11	13	16	19	21	23	25	27	29	30	32	34	35	36	38	39	40

Додаток 5.2 (Номограмма ББ)
Визначення відносної вологості психрометром Ассмана

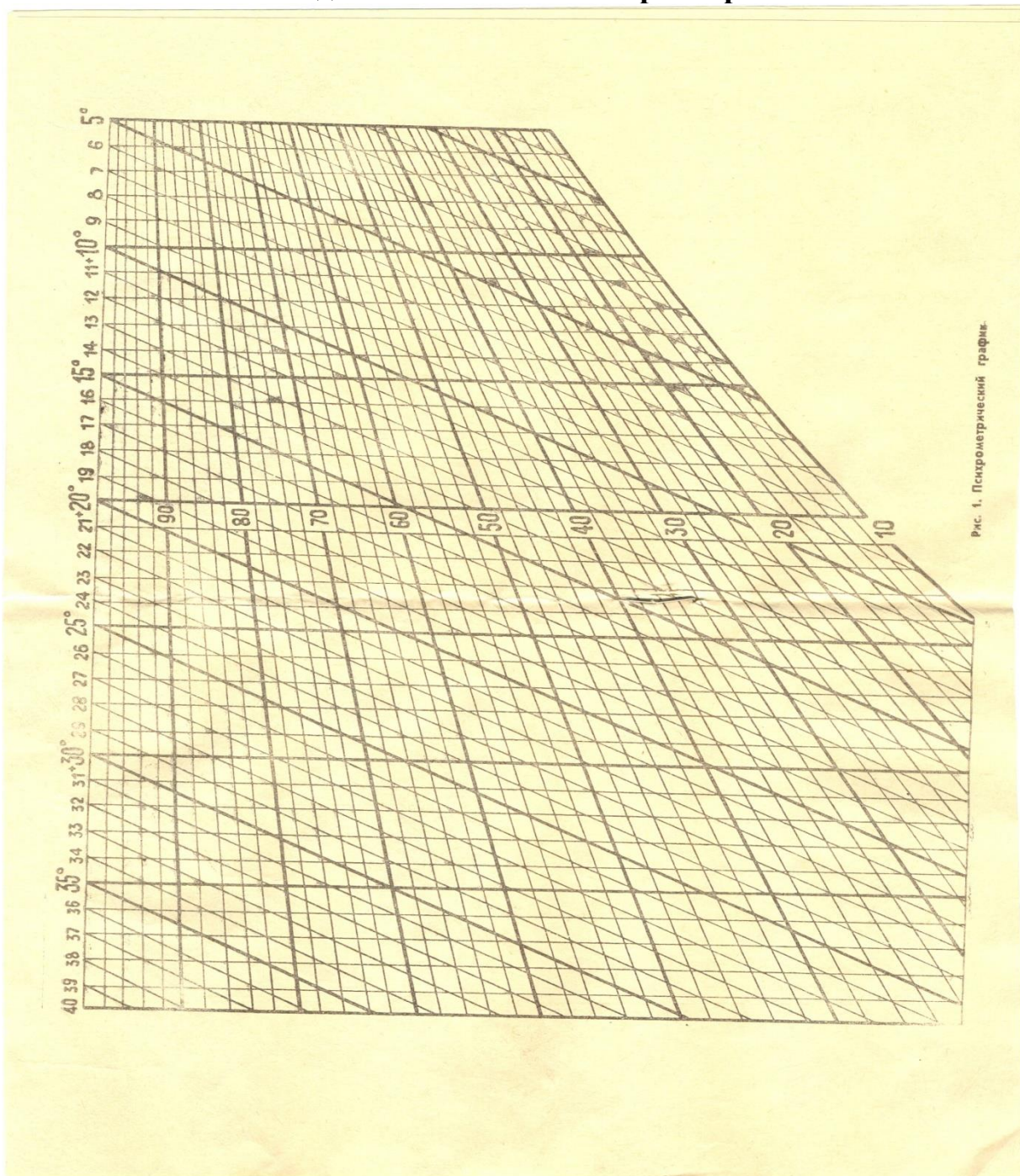


Рис. 1. Психрометричний графік.

Додаток 5.3 (Табл.ВВ)
Визначення відносної вологості конденсаційним гігрометром

Відносна вологість	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Температура повітря [°C]	абсолютна вологість г/м ³ (зверху) точка роси [°C](знизу)									
50	8,3	16,6	24,9	33,2	41,5	49,8	58,1	66,4	74,7	83
	8	19	26	32	36	40	43	45	48	50
45	6,5	13,1	19,6	26,2	32,7	39,3	45,8	52,4	58,9	65,4
	4	15	22	27	32	36	38	41	43	45
40	5,1	10,2	15,3	20,5	25,6	30,7	35,8	40,9	46	51,1
	1	11	18	23	27	30	33	36	38	40
35	4	7,9	11,9	15,8	19,8	23,8	27,7	31,7	35,6	39,6
	-2	8	14	18	21	25	28	31	33	35
30	3	6,1	9,1	12,1	15,2	18,2	21,3	24,3	27,3	30,4
	-6	3	10	14	18	21	24	26	28	30
25	2,3	4,6	6,9	9,2	11,5	13,8	16,1	18,4	20,7	23
	-8	0	5	10	13	16	19	21	23	25
20	1,7	3,5	5,2	6,9	8,7	10,4	12,1	13,8	15,6	17,3
	-12	-4	1	5	9	12	14	16	18	20
15	1,3	2,6	3,9	5,1	6,4	7,7	9	10,3	11,5	12,8
	-16	-7	-3	1	4	7	9	11	13	15
10	0,9	1,9	2,8	3,8	4,7	5,6	6,6	7,5	8,5	9,4
	-19	-11	-7	-3	0	1	4	6	8	10
5	0,7	1,4	2	2,7	3,4	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8
	-23	-15	-11	-7	-5	-2	0	2	3	5
0	0,5	1	1,5	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,8
	-26	-19	-14	-11	-8	-6	-4	-3	-2	0
-5	0,3	0,7	1	1,4	1,7	2,1	2,4	2,7	3,1	3,4
	-29	-22	-18	-15	-13	-11	-8	-7	-6	-5
-10	0,2	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3
	-34	-26	-22	-19	-17	-15	-13	-11	-11	-10
-15	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,1	1,3	1,5	1,6
	-37	-30	-26	-23	-21	-19	-17	-16	-15	-15
-20	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	-42	-35	-32	-29	-27	-25	-24	-22	-21	-20
-25	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
	-45	-40	-36	-34	-32	-30	-29	-27	-26	-25

Додаток 5.4 (Табл. ГГ)

Тиск насичених водяних пар над поверхнею води в залежності від температури (= пружність, що насичує = пружність насичення) в гектопаскалях

Десяті частки градуса С.											
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
Ц і л і ч а с т к и г р а д у с а С	-25	0,807	0,8	0,792	0,785	0,778	0,771	0,764	0,757	0,751	0,744
	-24	0,883	0,747	0,866	0,859	0,852	0,844	0,837	0,828	0,821	0,814
	-23	0,965	0,956	0,947	0,939	0,931	0,923	0,915	0,907	0,899	0,891
	-22	1,054	1,044	1,035	1,026	1,017	0,101	0,999	0,991	0,982	0,973
	-21	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,1	1,091	1,082	1,072	1,063
	-20	1,254	1,243	1,232	1,222	1,211	1,2	1,19	1,18	1,17	1,16
	-19	1,366	1,355	1,343	1,332	1,32	0,131	1,298	1,287	1,276	1,265
	-18	1,487	1,475	1,462	1,45	1,438	1,743	1,414	1,402	1,39	1,378
	-17	1,618	1,605	1,591	1,578	1,565	1,552	1,539	1,526	1,513	1,5
	-16	1,759	1,745	1,73	1,716	1,701	1,688	1,614	1,66	1,646	1,632
	-15	1,991	1,896	1,88	1,865	1,849	1,834	1,819	1,804	1,789	1,774
	-14	2,075	2,058	2,041	2,025	2,008	1,992	1,975	1,959	1,943	1,927
	-13	2,251	2,233	2,251	2,197	2,179	2,162	2,144	2,127	2,11	2,092
	-12	2,44	2,421	2,406	2,382	2,363	2,344	2,325	2,307	2,288	2,207
	-11	2,644	2,623	2,602	2,581	2,561	2,54	2,52	2,5	2,481	2,46
	-10	2,862	2,84	2,817	2,791	2,773	2,751	2,729	2,711	2,686	2,665
	-9	3,097	3,072	3,048	3,025	3,001	2,977	2,954	2,931	2,901	2,885
	-8	3,348	3,322	3,296	3,271	3,245	3,22	3,195	3,17	3,145	3,121
	-7	3,617	3,589	3,562	3,534	3,508	3,489	3,453	3,427	3,4	3,374
	-6	3,906	3,876	3,846	3,817	3,788	3,759	3,73	3,702	3,673	3,645
-5	4,214	4,182	4,151	4,12	4,088	4,057	4,027	3,996	3,966	3,936	
-4	4,544	4,51	4,477	4,443	4,41	4,377	4,344	4,311	4,279	4,246	
-3	4,897	4,861	4,825	4,189	4,753	4,718	4,683	4,648	4,613	4,579	
-2	5,275	5,236	5,197	5,159	5,121	5,083	5,045	5,008	4,971	4,934	
-1	5,677	5,636	5,595	5,554	5,513	5,473	5,433	5,393	5,353	5,314	
0	6,107	6,063	6,019	5,975	5,932	5,889	5,846	5,803	5,761	5,719	
0	6,107	6,152	6,196	6,241	6,287	6,332	6,378	6,425	6,471	6,518	
1	6,565	6,613	6,601	6,709	6,757	6,806	6,855	6,904	6,954	7,004	
2	7,054	7,104	7,155	7,208	2,258	7,31	7,362	7,415	7,468	7,521	
3	7,574	7,628	7,682	7,737	7,792	7,847	7,903	7,959	8,015	8,071	
4	8,128	8,186	8,244	8,302	8,36	8,419	8,478	8,537	8,597	8,658	

5	8,718	8,779	8,841	8,902	8,964	9,027	9,09	9,153	9,217	9,281
6	9,345	9,41	9,475	9,541	9,607	9,674	9,741	9,808	9,875	9,944
7	10,012	10,081	10,15	10,22	10,29	10,361	10,432	10,503	10,575	10,648
8	10,72	10,794	10,867	10,941	11,016	11,091	11,166	11,242	11,319	11,395
9	11,472	11,55	11,628	11,707	11,768	11,866	11,946	12,026	12,107	12,189
10	12,771	12,353	12,436	12,518	12,604	12,688	12,773	12,858	12,944	13,031
11	13,118	13,205	13,293	13,382	13,471	13,561	13,65	13,741	13,832	13,924
12	14,015	14,108	14,202	14,295	14,39	14,485	14,58	14,676	14,772	14,869
13	14,967	15,065	15,164	15,264	15,363	15,464	15,565	15,661	15,769	15,872
14	15,975	16,079	16,189	16,289	16,395	16,501	16,608	16,716	16,814	16,933
15	17,042	17,152	17,623	17,374	17,438	17,599	17,712	17,826	17,94	18,055
16	18,171	18,282	18,405	18,522	18,641	18,76	18,88	19	19,121	19,243
17	19,365	19,488	19,612	19,737	19,862	19,988	20,144	20,242	20,37	20,498
18	20,628	20,758	20,888	21,02	21,153	21,286	21,419	21,554	21,689	21,825
19	21,962	22,099	22,238	22,377	22,516	22,657	22,798	22,94	23,023	23,226
20	23,371	23,516	23,662	23,809	23,956	24,105	24,254	24,404	24,554	24,706
21	24,858	25,012	25,166	25,32	25,476	25,632	25,79	25,948	26,107	26,267
22	26,428	26,59	26,752	26,915	27,08	27,245	27,41	27,578	27,815	27,914
23	28,083	28,253	28,425	28,597	28,771	28,945	29,12	29,296	29,472	29,65
24	29,829	30,009	30,189	30,371	30,553	30,737	30,921	31,106	31,293	31,48
25	31,668	31,858	32,048	32,239	32,431	32,625	32,818	33,014	33,21	33,408
26	33,606	33,805	34,056	34,207	34,406	34,612	34,817	34,229	35,437	35,641
27	35,646	35,856	36,066	36,279	36,429	36,706	36,921	37,137	37,355	37,573
28	37,793	38,014	38,236	38,459	38,683	38,908	39,135	39,362	39,595	39,821
29	40,052	40,284	40,518	40,475	40,988	41,225	41,463	41,702	41,943	42,184
30	42,427	42,671	42,917	43,163	43,411	43,66	43,911	44,162	44,415	44,669
31	44,924	45,181	45,439	45,698	45,958	46,22	46,483	46,747	47,013	47,28
32	47,548	47,817	48,088	48,36	48,634	48,909	49,185	49,463	49,772	50,022
33	50,303	50,587	50,871	51,157	51,444	51,733	52,023	52,314	52,607	52,901
34	53,196	53,494	53,792	54,092	51,394	54,697	55	55,036	55,614	55,927
35	56,233	56,545	56,868	57,173	57,489	57,807	58,126	58,447	58,769	59,093

**Додаток 5.5 (Табл. ДД)
Парціальний тиск водяної пари**

t, °C	P		t, °C	P	
	кПа	мм рт.ст.		кПа	мм рт.ст.
0	0.61129	4.585	30	4.2455	31.84
1	0.65716	4.929	31	4.4953	33.72
2	0.70605	5.296	32	4.7578	35.69
3	0.75813	5.686	33	5.0335	37.75
4	0.81359	6.102	34	5.3229	39.93
5	0.87260	6.545	35	5.6267	42.20
6	0.93537	7.016	36	5.9453	44.59
7	1.0021	7.516	37	6.2795	47.10
8	1.0730	8.048	38	6.6298	49.73
9	1.1482	8.612	39	6.9969	52.48
10	1.2281	9.212	40	7.3814	55.37
11	1.3129	9.848	41	7.7840	58.38
13	1.4979	11.24	42	8.2054	61.55
14	1.5988	11.99	43	8.6463	64.85
15	1.7056	12.79	44	9.1075	68.31
16	1.8185	13.64	45	9.5898	71.93
17	1.9380	14.54	47	10.620	79.66
18	2.0644	15.48	48	11.171	83.79
19	2.1978	16.48	49	11.745	88.09
20	2.3388	17.54	50	12.344	92.59
21	2.4877	18.66	51	12.970	97.28
22	2.6447	19.84	52	13.623	102.2
23	2.8104	21.08	53	14.303	107.3
24	2.9850	22.39	54	15.012	112.6
25	3.1690	23.77	55	15.752	118.1
26	3.3629	25.22	56	16.522	123.9
27	3.5670	26.75	57	17.324	129.9
28	3.7818	28.37	58	18.159	136.2

Додаток 5.6 (Табл. ЕЕ)
Вміст води в 1м³ повітря

Абсолютна вологість повітря Е,Г/м ³	0,55	0,81	1,4	2,1	3,5	4,8	7,1	9,4	13,3	17,3	23,8	30,4	40,7	51,1	67,1
Температура, °С	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45