

І.В. Герасименко, В.І. Латенко, І.В. Логвиненко,  
Н.І. Швень

## **РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯННЯ ДАНИХ АВТОМАТИЧНИХ І ТРАДИЦІЙНИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ**

На сучасному етапі впровадження автоматичних систем для вимірювання температури повітря найважливішим є проведення оцінки достовірності даних електронних приладів, що поступово замінюють традиційні прилади. Виконано аналіз порівняння результатів вимірювання температури повітря рідинними скляними термометрами і автоматичними вимірювачами.

**Ключові слова:** автоматичні системи вимірювання, термометр, температура повітря, розбіжність

### **Вступ**

Сучасний рівень метеорологічних досліджень вимагає просторової та часової деталізації даних, особливо в умовах неоднорідної орографії, а також їхню якнайшвидшу передачу в світові центри даних та користувачам. У багатьох європейських країнах виконання стандартних метеорологічних вимірювань переведено на автоматичну основу, сформовано мережу автоматичних станцій. Перш за все це стосується вимірювань температури повітря, дані яких використовуються повсякденно для аналізу й прогнозу погоди, для забезпечення багатьох галузей промисловості, транспорту й сільського господарства, а також після обробки, як показник мінливості клімату. Локальна температура повітря також важлива для вивчення мікроклімату в районах із неоднорідною орографією, а також для деталізації погодних умов під час реєстрації особливих явищ (НЯ або СГЯ), верифікації мезомасштабних моделей прогнозу.

Використання автоматичних вимірювачів температури повітря дозволить здійснювати безперервний запис вимірювань температури повітря та зменшить економічні витрати [1]. Враховуючи міжнародні вимоги, першими в Україні впровадили автоматичні системи запису метеорологічних параметрів авіаційні метеорологічні станції

цивільні (АМСЦ). На метеорологічних станціях опорної мережі на сьогоднішній день спостереження за температурою повітря ведуться традиційно за допомогою рідинних метеорологічних термометрів. Для вимірювання температури повітря застосовують такі термометри: метеорологічний психрометричний ТМ4, метеорологічний низькоградусний ТМ9, метеорологічний мінімальний ТМ2, метеорологічний максимальний ТМ1 [2]. У зв'язку з тим, що догляд за термометрами не завжди відповідає вимогам, а також зі значним впливом людського чинника на якість вимірювання, впровадження автоматизованих вимірювачів є актуальним питанням сьогоднішнього дня. Використання автоматизованих вимірювачів температури та вологості повітря може значно полегшити роботу техніків-спостерігачів, підвищує якість і достовірність спостережень.

З іншого боку, впровадження таких вимірювачів без проведення паралельних спостережень може призвести до спотворення рядів багаторічних спостережень. Аналіз результатів паралельних спостережень і є **головною метою** роботи.

### **Результати досліджень**

У цій роботі використовувались дані спостережень авіаметеорологічних станцій цивільних (АМСЦ) Харкова, Рівного, Донецька і об'єднаної гідрометеорологічної станції (ОГМС) Києва.

На АМСЦ встановлено вимірювальні комплекси АМАС Авіа-1, а ОГМС Київ обладнана вимірювальним метеорологічним комплексом АМС Метео. У цих комплексах як первинний вимірювальний перетворювач застосовується електронний датчик температури і вологості повітря НМР-45D виробництва фірми Vaisala. Програмна обробка результатів вимірювання в комплексах проводиться за однаковим алгоритмом.

Під час проведення порівнянь використовувалися дані результатів вимірювання з баз даних автоматизованих вимірювальних комплексів. Дані традиційних спостережень отримувалися з режимної метеорологічної інформації станцій. З кожної пори року було обрано по одному місяцю.

У ході аналізу паралельних спостережень було проведено порівняння:

1) строкових значень температури повітря. Строкові значення температури повітря електронних датчиків обиралися за 10 хвилин до метеорологічного строку;

2) значень мінімальної температури повітря, що була між строками спостережень;

3) значень максимальної температури повітря, що була між строками спостережень;

4) середньої мінімальної температури за місяць;

5) середньої максимальної температури за місяць;

6) абсолютного максимуму температури за місяць;

7) абсолютного мінімуму температури за місяць.

Було розраховано кількість випадків за місяць, коли різниця результатів вимірювань в метеорологічний строк перевищувала задані допустимі значення. Ці значення було вибрано з урахуванням похибок засобів вимірювання, які використовувались. Для строкової температури повітря допуск склав  $\pm 0,3$  °С, для середньомісячного значення температури повітря –  $\pm 0,5$  °С. Це досить жорсткі допуски, адже відповідно до [3] допуск відхилень для строкового вимірювання мав становити  $\pm 1$  °С. На нашу думку, даний нормативний документ застарів, і можливості сучасних перетворювачів дозволяють точніше вимірювати температуру повітря і застосовувати суворіші допуски для різниці значень температури, одержаних різними приладами (вимірювальними системами). У результаті аналізу паралельних спостережень, отриманих традиційним способом, та автоматичних вимірювачів, було виявлено, що розбіжності в більшості випадків не перевищують встановлених допусків у осередненні за місяць, для середньої, максимальної та мінімальної температури. Результати паралельних спостережень приведено у вигляді таблиць (табл. 1-5).

У ході аналізу результатів спостережень було виявлено, що найменша кількість розбіжностей по строках, більших за допуск  $\pm 0,3$  °С, для середніх місячних значень температури повітря (табл. 1) відзначена на ОГМС Київ, на якій якість спостережень і справність обладнання відповідають належному рівню. Найбільша кількість розбіжностей для середніх місячних значень температури повітря відзначено на АМСЦ Харків, але це не вплинуло на різницю середньомісячних значень між штатними приладами і автоматичним датчиком. Водночас, на ОГМС Київ відзначено 38 перевищень порогу розбіжності за строками мінімальної

температури повітря в жовтні 2008 року (табл. 2), а також від 10 до 29 перевищень порогу розбіжності за строками максимальної температури повітря (табл. 3). Це може бути пов'язано з якістю метеорологічних термометрів, призначених для вимірювання екстремальних температур, а також з нестійкими погодними умовами переважно в осінні та зимові місяці. Аналіз абсолютних значень мінімальної та максимальної температури повітря за місяць (табл. 4-5) показав, що розбіжності між штатними приладами і автоматичним вимірювачем температури повітря знаходяться в допустимих межах.

Окремі випадки, що викликали сумніви достовірності вимірювань або виникла велика різниця в результатах, було проаналізовано і складено графіки порівняння. До кожного графіка відповідно проведено детальний аналіз ситуації.

### ***Випадок 1***

На рис. 1 показано графік мінімальної температури повітря 9 лютого 2007 року за строк 21 МСЧ на АМСЦ Харків. Температура повітря, за показами сухого термометра, у цей строк становила  $+5^{\circ}\text{C}$  (точка С3), а в строк 18 МСЧ –  $+3,4^{\circ}\text{C}$  (точка С1). Різниця мінімальних температур за строк 21 МСЧ склала  $0,9^{\circ}\text{C}$ , причому різна інерційність ртутних та спиртових термометрів і автоматичних датчиків не може бути причиною такої різниці. Допуск на відхилення показів максимального і сухого термометрів становить  $0,5^{\circ}\text{C}$ , а оскільки період реєстрації температури менше як  $2,9^{\circ}\text{C}$  тривав понад годину, то, можливо, це був суб'єктивний чинник.

За показами вимірювального комплексу АМАС мінімальна температура склала  $2,5^{\circ}\text{C}$  (точка В2). Як видно з рис. 1, за даними автоматичного датчика (1), найменша температура була  $2,5^{\circ}\text{C}$  о 19:01(точка С2).

Таблиця 1

## Середні місячні значення температури повітря та розбіжності

Станція	Місяць	Температура повітря середня за місяць (АМАС/МЕТЕО)	Температура повітря середня за місяць (штатні прилади)	Розбіжність	Кількість розбіжностей строкових значень, більших за $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$
АМСЦ Донецьк	Січень 2007 рік	1,50	1,53	-0,03	1
АМСЦ Донецьк	Березень 2007 рік	3,86	3,85	0,01	23
АМСЦ Донецьк	Жовтень 2007 рік	10,94	10,95	-0,01	19
АМСЦ Рівне	Січень 2007 рік	1,53	1,52	0,01	4
АМСЦ Рівне	Березень 2007 рік	5,62	5,75	-0,13	49
АМСЦ Рівне	Жовтень 2007 рік	7,86	7,85	0,01	13
АМСЦ Харків	Лютий 2007 рік	-4,45	-4,66	0,21	23
АМСЦ Харків	Березень 2007 рік	4,74	4,69	0,05	28
АМСЦ Харків	Липень 2007 рік	22,03	22,06	-0,03	22
АМСЦ Харків	Листопад 2007 рік	0,14	0,05	0,09	30
ОГМС Київ	Жовтень 2008 рік	10,61	10,67	-0,06	16
ОГМС Київ	Січень 2009 рік	-3,40	-3,33	-0,07	4
ОГМС Київ	Березень 2009 рік	2,20	2,25	-0,05	8
ОГМС Київ	Липень 2009 рік	21,70	21,70	0,00	30
ОГМС Київ	Вересень 2009 рік	17,30	17,30	0,00	20

Середні мінімальні значення температури повітря за місяць

Станція	Місяць	Температура повітря середня мінімальна за місяць (АМАС/МЕТЕО)	Температура повітря середня мінімальна за місяць (штатні прилади)	Розбіжність	Кількість розбіжностей строкових значень, більших за $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
АМСЦ Донецьк	Січень 2007 р.	-1,35	-1,30	-0,05	1
АМСЦ Донецьк	Березень 2007 р.	-0,53	-0,50	-0,03	5
АМСЦ Донецьк	Жовтень 2007 р.	7,16	7,17	-0,01	3
АМСЦ Рівне	Січень 2007 р.	-1,49	-1,48	-0,01	0
АМСЦ Рівне	Березень 2007 р.	1,18	1,33	-0,15	8
АМСЦ Рівне	Жовтень 2007 р.	4,01	4,03	-0,02	0
АМСЦ Харків	Лютий 2007 р.	-8,58	-8,74	0,15	11
АМСЦ Харків	Березень 2007 р.	0,26	0,27	-0,01	7
АМСЦ Харків	Липень 2007 р.	16,18	16,17	0,01	19
АМСЦ Харків	Листопад 2007 р.	-2,34	-2,46	0,12	2
ОГМС Київ	Жовтень 2008 р.	7,09	6,75	0,34	38
ОГМС Київ	Січень 2009 р.	-5,73	-5,72	-0,01	4
ОГМС Київ	Березень 2009 р.	-0,36	-0,40	0,04	3
ОГМС Київ	Липень 2009 р.	17,26	17,20	0,60	8
ОГМС Київ	Вересень 2009 р.	13,0	12,70	0,30	14

Таблиця 3

## Середні максимальні значення температури повітря за місяць

Станція	Місяць	Температура повітря середня максимальна за місяць (АМАС/МЕТЕО)	Температура повітря середня максимальна за місяць (штатні прилади)	Розбіжність	Кількість розбіжностей строкових значень, більших за $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
АМСЦ Донецьк	Січень 2007 рік	4,13	4,10	0,03	2
АМСЦ Донецьк	Березень 2007 рік	8,26	8,30	-0,04	4
АМСЦ Донецьк	Жовтень 2007 рік	15,46	15,45	0,01	5
АМСЦ Рівне	Січень 2007 рік	4,34	4,34	0,00	0
АМСЦ Рівне	Березень 2007 рік	10,53	10,59	-0,06	5
АМСЦ Рівне	Жовтень 2007 рік	12,42	12,42	0,00	3
АМСЦ Харків	Лютий 2007 рік	-0,36	-0,60	0,24	29
АМСЦ Харків	Березень 2007 рік	9,46	9,46	0,00	9
АМСЦ Харків	Липень 2007 рік	28,15	28,15	0,00	12
АМСЦ Харків	Листопад 2007 рік	2,90	2,85	0,05	6
ОГМС Київ	Жовтень 2008 рік	14,89	15,06	-0,17	24
ОГМС Київ	Січень 2009 рік	-0,77	-0,64	-0,14	15
ОГМС Київ	Березень 2009 рік	5,50	5,70	-0,20	15
ОГМС Київ	Липень 2009 рік	26,87	26,88	-0,02	10
ОГМС Київ	Вересень 2009 рік	22,60	22,70	-0,10	29

Значення абсолютного мінімуму температури повітря за місяць

Станція	Місяць	Значення температури повітря, абсолютний мінімум (АМАС/МЕТЕО)	Значення температури повітря, абсолютний мінімум (штатні прилади)	Розбіжність
АМСЦ Донецьк	Січень 2007 рік	-16,0	-16,0	0
АМСЦ Донецьк	Березень 2007 рік	-4,6	-4,6	0
АМСЦ Донецьк	Жовтень 2007 рік	-0,2	-0,2	0
АМСЦ Рівне	Січень 2007 рік	-16,9	-16,9	0
АМСЦ Рівне	Березень 2007 рік	-2,7	-2,4	-0,3
АМСЦ Рівне	Жовтень 2007 рік	-3,0	-3,0	0
АМСЦ Харків	Лютий 2007 рік	-18,8	-19,0	0
АМСЦ Харків	Березень 2007 рік	-4,4	-3,8	-0,6
АМСЦ Харків	Липень 2007 рік	12,0	12,0	0
АМСЦ Харків	Листопад 2007 рік	-8,7	-9,1	0,4
ОГМС Київ	Жовтень 2008 рік	0,70	0,50	0,20
ОГМС Київ	Січень 2009 рік	-22,6	-22,7	0,1
ОГМС Київ	Березень 2009 рік	-5	-5	0
ОГМС Київ	Липень 2009 рік	12,8	12,4	0,4
ОГМС Київ	Вересень 2009 рік	8,1	8,1	0



Таблиця 5

## Значення абсолютного максимуму температури повітря за місяць

Станція	Місяць	Значення температури повітря, абсолютний максимум (АМАС/МЕТЕО)	Значення температури повітря, абсолютний максимум (штатні прилади)	Розбіжність
АМСЦ Донецьк	Січень 2007 рік	11,1	11,1	0,0
АМСЦ Донецьк	Березень 2007 рік	15,2	15,2	0,0
АМСЦ Донецьк	Жовтень 2007 рік	22,7	22,7	0,0
АМСЦ Рівне	Січень 2007 рік	10,3	10,3	0,0
АМСЦ Рівне	Березень 2007 рік	17,1	17,1	0,0
АМСЦ Рівне	Жовтень 2007 рік	23,2	23,2	0,0
АМСЦ Харків	Лютий 2007 рік	8,9	9,0	-0,1
АМСЦ Харків	Березень 2007 рік	17,1	17,1	0,0
АМСЦ Харків	Липень 2007 рік	35,3	35,3	0,0
АМСЦ Харків	Листопад 2007 рік	12,5	12,3	0,2
ОГМС Київ	Жовтень 2008 рік	22,1	21,9	0,2
ОГМС Київ	Січень 2009 рік	3,6	4,0	-0,4
ОГМС Київ	Березень 2009 рік	14,9	15,2	-0,3
ОГМС Київ	Липень 2009 рік	34,9	34,9	0,0
ОГМС Київ	Вересень 2009 рік	29,8	29,5	0,3

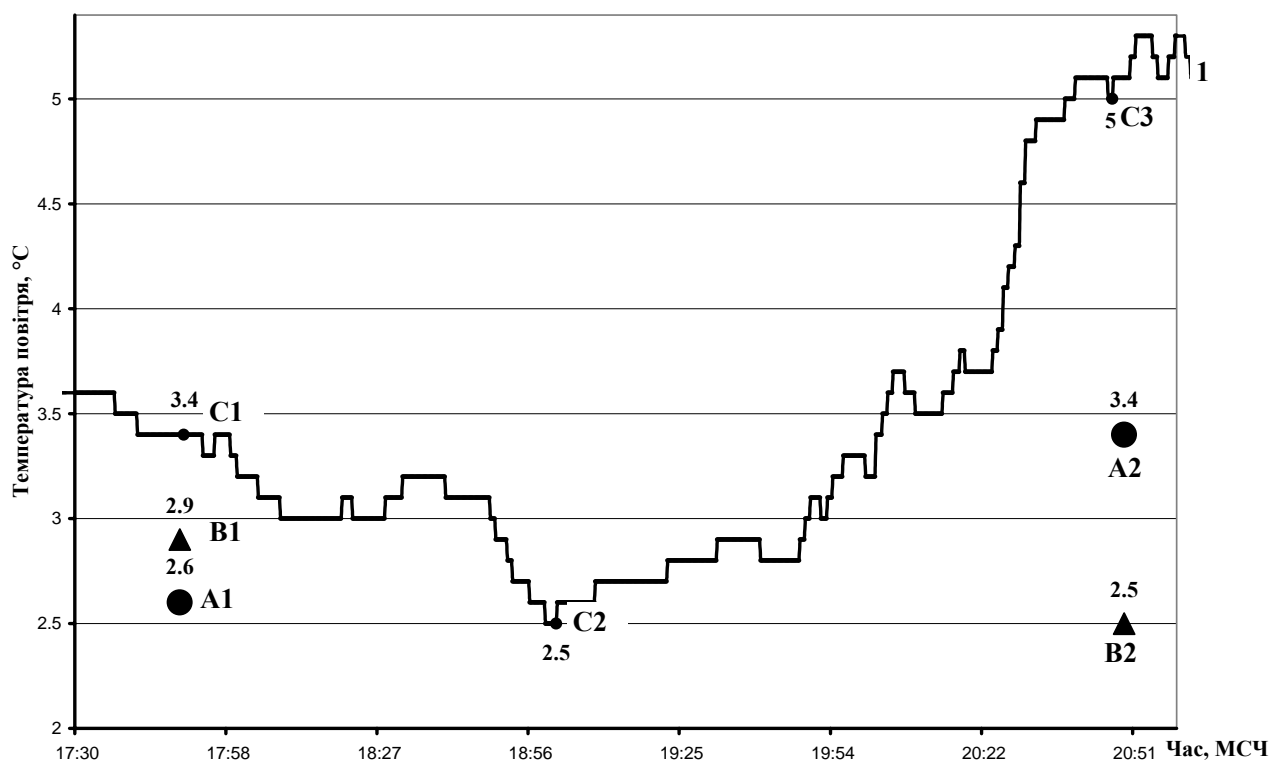


Рис. 1. Мінімальна температура повітря 9 лютого 2007 року за строк 21 МСЧ, АМСЦ Харків, де А1, А2 – мінімальна температура повітря за показами мінімального термометра в строки 18 та 21; В1, В2 – мінімальна температура, зафіксована вимірювальним комплексом АМАС в строки 18 та 21; С1, С2, С3 – значення температури повітря, виміряні датчиком; 1 – хід температури повітря за даними датчика (однохвилинне осереднення)

### ***Випадок 2***

Температура повітря за показами сухого термометра 27 березня 2007 року в строк 09 МСЧ становила –  $-9,6^{\circ}\text{C}$  (точка А, рис. 2), а температура повітря, зафіксована комплексом АМАС, –  $-10,4^{\circ}\text{C}$  (точка В), причому стрибок температури повітря спостерігався протягом незначного проміжку часу. Різниця температури повітря в строк 09 МСЧ склала  $0,8^{\circ}\text{C}$ , можливою причиною такої розбіжності може бути різна інерційність ртутних та спиртових термометрів і автоматичних датчиків. Уникнути цієї розбіжності можливо шляхом 10-ти хвилинного осереднення даних з датчиків (рис. 2). Десятихвилинне осереднення даних датчиків дозволяє зменшити розбіжність між даними ртутного термометра і даними з датчика. Після осереднення різниця становить  $0,5^{\circ}\text{C}$ , що на  $0,3^{\circ}\text{C}$  менше ніж без застосування 10-ти хвилинного осереднення.

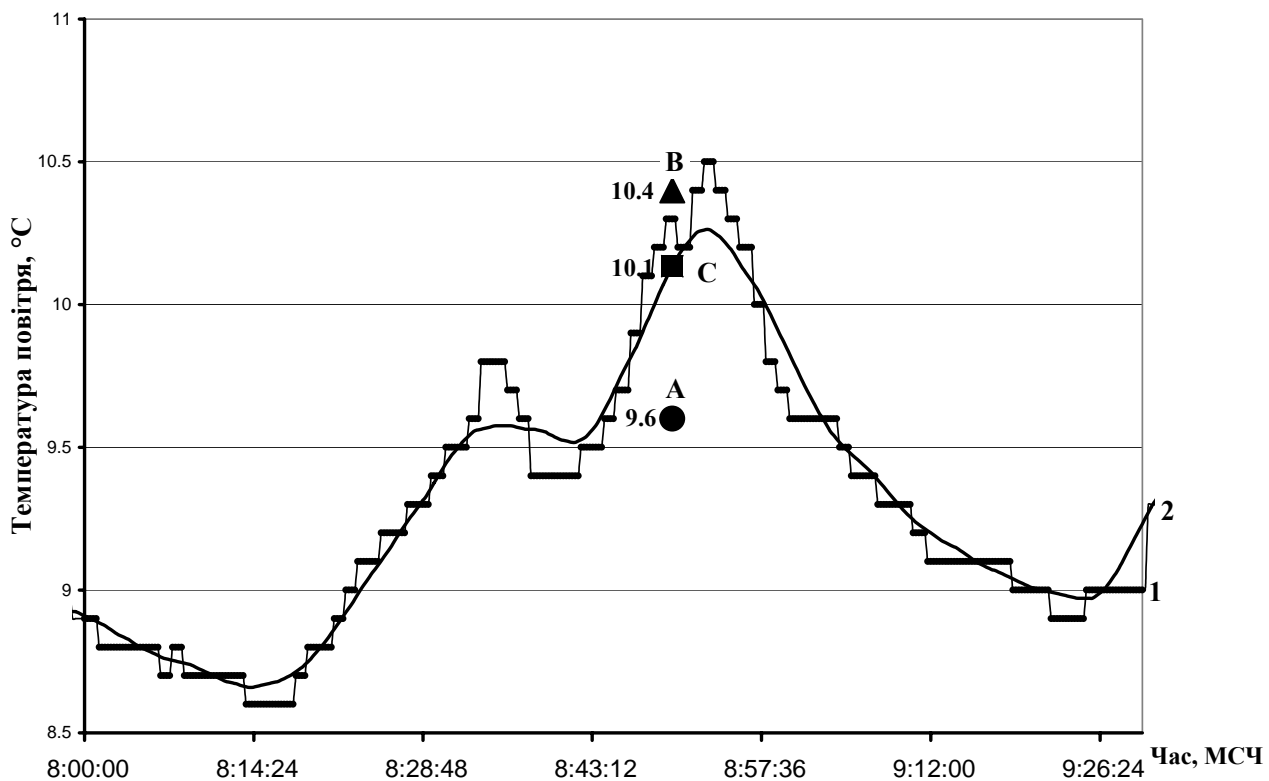


Рис. 2. Температура повітря 27 березня 2007 року в строк 09 МСЧ АМСЦ Харків, де А – температура повітря за показами сухого термометра; В – температура повітря, зафіксована комплексом АМАС; С – температура повітря за даними датчика після 10-ти хвилинного осереднення; 1 – хід температури повітря за даними датчика (однохвилинне осереднення), 2 – хід температури повітря за даними датчика з 10-ти хвилинним осередненням

### ***Випадок 3***

Температура повітря по сухому термометру 7 січня 2009 р. на ОГМС Київ у строк 03 МСЧ склала –  $-18,7^{\circ}\text{C}$  (точка А), а температура повітря, зафіксована комплексом АМС Метео, –  $-20,0^{\circ}\text{C}$  (точка В, рис. 3). Різниця температури повітря –  $1,3^{\circ}\text{C}$ .

Як видно з рис. 3, температура за даними автоматичного датчика (1) різко падала впродовж 30-ти хвилин і за 10 хвилин до початку строку почала різко зростати. Можливо, через високу інерційність сухий термометр не зміг зреагувати на таку зміну температури повітря. Дані термографа, який також є досить інерційним приладом, підтверджують хід температури повітря за показами сухого термометра (точки D1, D2).

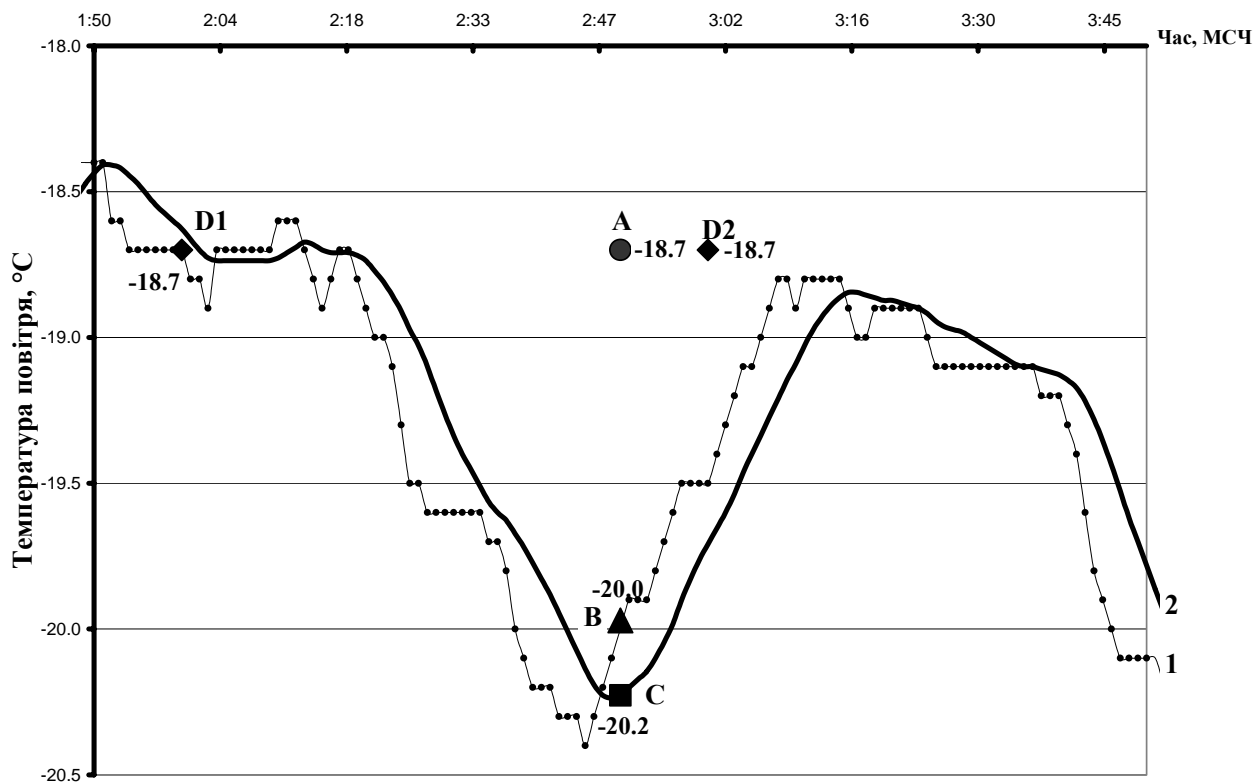


Рис. 3. Температура повітря 7 січня 2009 року, строк 03 МСЧ, ОГМС Київ, де А – температура повітря за показами сухого термометра; В – температура повітря, зафіксована комплексом АМС Метео; С – температура повітря за даними датчика після 10-ти хвилинного осереднення; D1, D2 – температура повітря за даними термографа; 1 – хід температури повітря за даними датчика (однохвилинне осереднення), 2 – хід температури повітря за даними датчика з 10-ти хвилинним осередненням

**Випадок 4.** На рис. 4 показано графік максимальної температури повітря 23 липня 2009 р., строк 18 МСЧ, ОГМС Київ. Максимальна температура між строками 15 та 18 МСЧ по максимальному термометру склала  $+26,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (точка А), а максимальна температура повітря, зафіксована комплексом АМС Метео, –  $+28,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (точка В). Різниця максимальних температур в строк 18 МСЧ склала  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для встановлення причини такого значного розходження було проаналізовано первинні матеріали спостережень, зокрема книжки КМ-1 та дані термографа з таблиць ТМС. Дані термографа також нанесено на графіку (точки D1-D4). Як видно з рис. 4, за даними датчика (1) температура повітря зростала на початку строку, а пік її зростання становив  $+28,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (точка С) о 15:57 МСЧ. У цьому випадку очевидно, що дані датчика

підтверджуються даними термографа, тому велике розходження максимальної температури повітря в строк 18 МСЧ, мабуть, спричинене суб'єктивним чинником – помилкою спостережника.

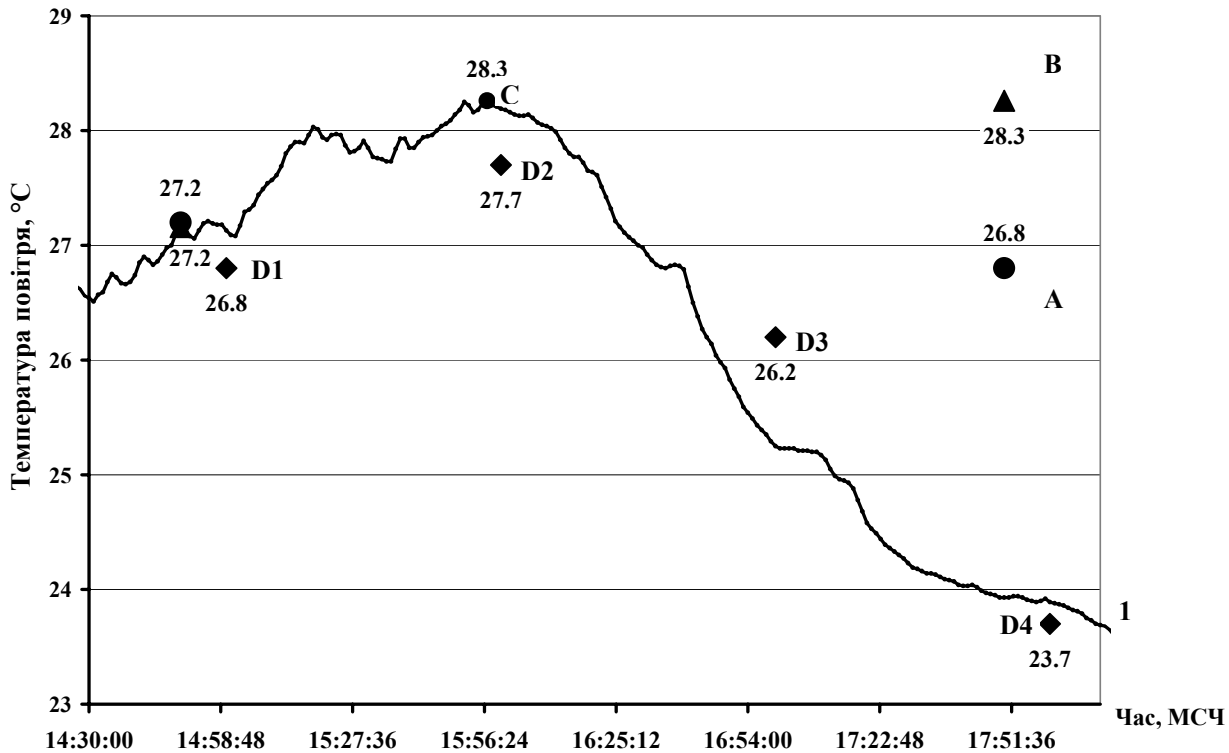


Рис. 4. Максимальна температура повітря 23 липня 2009 року, строк 18 ОГМС Київ, де А – максимальна температура повітря за показами максимального термометра в строк 18 МСЧ; В – максимальна температура, зафіксована вимірювальним комплексом АМАС в строк 18 МСЧ; С – значення температури повітря, виміряні датчиком; D1-D4 – температура повітря за даними термографа; 1 – хід температури повітря за даними датчика (однохвилинне осереднення)

### Висновки

У результаті аналізу паралельних спостережень, отриманих традиційним способом та автоматичними вимірювачами, було виявлено, що розбіжності в більшості випадків не перевищують встановлених допусків у осередненні за місяць. Розбіжності строкових значень можна пояснити різною інерційністю ртутних та спиртових термометрів і автоматичних датчиків. Рідинні термометри мають інерційність близько 10-ти хвилин, і не фіксують дрібні флуктуації температури повітря. Через те у випадках різких змін температури повітря датчики реагують швидше

і виникає значне розходження. Відповідно до [1] допускається осереднення температури повітря як за 1 хвилину, так і за 10 хвилин. Використання автоматичних датчиків дозволить отримати більш дискретний ряд даних спостережень за температурою повітря і дозволить отримувати точніші (достовірніші) дані про екстремальні температури повітря.

\* \*

1. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. – ВМО-№8 – 6-е изд. – Женева, 2000. – С. 705.
2. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Вип. 3. Ч. 1. Метеорологічні спостереження на станціях. – К.: Ніка-Центр, 2011. – С. 280
3. Методические указания. Производство наблюдений на метеорологической станции, оснащенной АГМС-НО. – ГГО, 1991. – С. 31.
4. Рекомендации. Наземные сетевые средства измерений гидрометеорологического назначения. Общие технические требования. – Душанбе: Гидрометеиздат, 2001. – С. 52.

*Український науково-дослідний  
гідрометеорологічний інститут, Київ  
Центральна геофізична обсерваторія, Київ*

**И.В. Герасименко, В.И. Латенко, И.В. Логвиненко, Н.И. Швень**

### **Результаты сравнения данных автоматических и традиционных систем измерения температуры воздуха**

*На современном этапе внедрения автоматических систем измерений температуры воздуха наиболее важным является проведение оценки достоверности данных электронных приборов, которые постепенно заменяют традиционные термометры. Проведено сравнение результатов измерений температуры воздуха ртутными термометрами и автоматическими измерителями.*

**Ключевые слова:** автоматические системы измерений, термометр, температура воздуха, расхождение.

**I.V. Gerasymenko, V.I. Latenko, I.V. Logvinenko, N.I. Shven**

**Results of the comparison of data automatic and traditional systems measurements of air temperature**

*At the present stage of introduction of automatic systems of air temperature measurements it is important to assess data reliability of electronic devices that are gradually replacing traditional instruments. The analysis of comparison of measurements of air temperature by liquid-glass thermometers and automatic meters is carried out.*

**Keywords:** automatic measurement, thermometer, air temperature, difference.