

УДК 551.506.5

## **ЩОДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СТАНЦІЇ ПОГОДИ «ТРОПОСФЕРА» В УМОВАХ УКРАЇНСЬКОЇ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ**

*С.В. Клок<sup>1</sup>, В.М. Коцюба<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Український гідрометеорологічний інститут, пр. Науки, 37, м. Київ, sklok\_8@ukr.net

<sup>2</sup>Державний університет телекомунікацій, вул. Солом'янська, 7, м. Київ

У статті наведено порівняльний аналіз даних спостережень автоматизованих станцій погоди MAWS і «Тропосфера», виконаних з дискретністю 5 хв., за період спостережень з січня 2012 року по червень 2013 року. Отримані результати свідчать про досить високу надійність нового обладнання «Тропосфери» та про можливість її подальшого використання на Українській антарктичній станції Академік Вернадський.

**О результатах использования автоматизированной станции погоды «Тропосфера» в условиях Украинской антарктической станции Академик Вернадский.**

С.В. Клок, В.М. Коцюба

**Реферат.** В статье приведен сравнительный анализ данных наблюдений автоматизированных станций погоды MAWS и «Тропосфера», выполненных с дискретностью 5 мин., за период наблюдений с января 2012 года по июнь 2013 года. Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой надёжности нового оборудования «Тропосферы» и возможности дальнейшего использования его на Украинской антарктической станции Академик Вернадский.

**The results of the use of the automated station of weather "Troposphere" in the conditions of the Ukrainian Antarctic Vernadsky Station**

S.V. Klok, V. M. Kotsiuba

**Abstract.** In the article the comparative analysis of the observational data of the automated weather stations MAWS and "Troposphere", performed with 5 min increments, for the observation period from January 2012 to June 2013. The results suggest a rather high reliability of the new equipment "Troposphere" and the possibility of future use in Ukrainian Antarctic station Akademician Vernadsky.

**Keywords:** meteorological information, quality, reliability, station of weather, meteorological supervisions, database

### **1. Вступ**

Відомо, що гідрометеорологічна інформація, як і будь-яка інша, має відповідати низці вимог, серед яких: репрезентативність, однорідність, достовірність, якісність та надійність. Вони досягаються шляхом виконання комплексу заходів, зокрема, вдосконаленням методів та засобів спостереження, що визначається рядом документів [6, 7]. Особливо це стосується віддалених та важкодоступних територій, до яких, безумовно, належить Антарктида. Цінність гідрометеорологічних даних, отриманих на Українській антарктичній станції Академік Вернадський, з огляду на затрати на їх отримання суттєво зростає. У подальшому ці дані передаються до Національного антарктичного наукового центру (НАНЦ) через Inmarsat – систему

геостационарних супутників. Супутники обертаються по круговій орбіті, яка співпадає з площиною екватора Землі, кутова швидкість обертання їх дорівнює швидкості обертання Землі. На кожному супутнику є принаймні два ретранслятори, один з яких ретранслює повідомлення в напрямку від земних станцій до терміналів, другий – у зворотному напрямку. Супутники системи Inmarsat розташовуються на геостационарній орбіті на висоті 35 786 км [8].

Процес оцінки похибки вимірювань вважається одним з найважливіших заходів у питанні забезпечення єдності вимірювань. Природно, що факторів, які впливають на точність вимірювання, багато, – від рівня підготовки персоналу (суб'єктивна похибка) до конструктивних особливостей засобів вимірювання (інструментальна похибка) [7].

## 2. Матеріали і методи дослідження

У даній роботі за допомогою вбудованих функцій таблиць Excel [1] проведено аналіз результатів спостережень за основними характеристиками погоди: температура та вологість повітря, атмосферний тиск і швидкість вітру біля поверхні Землі. На першому етапі з метою виявлення грубих помилок аналізувалися дані спостережень шляхом побудови відповідних графіків та заповнення незначних пропусків даних методами лінійної інтерполяції [2]. Швидкість вітру станцією MAWS вимірюється у вузлах, тому при проведенні аналізу отримані середні значення переводились у м/с шляхом ділення значення, отриманого у вузлах, на коефіцієнт 0,1946. Дані спостережень за атмосферним тиском по станції «Тропосфера» за січень–березень 2012 року відсутні. З липня 2013 року станція «Тропосфера» тимчасово не працювала [5].

Таблиця

Різниця даних спостережень на автоматизованих станціях погоди MAWS та «Тропосфера»

Місяці	Атмосферний тиск, ГПа	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість вітру, м/с
2012 рік				
Січень	-	0,16	0,70	1,20
Лютий	-	0	0,50	1,20
Березень	-	0,10	0,43	1,08
Квітень	1,24	0,15	0,87	1,16
Травень	1,26	0,17	2,01	0,32
Червень	1,39	0,23	3,24	1,01
Липень	1,27	0,25	3,0	1,10
Серпень	1,31	0,11	4,47	0,83
Вересень	1,27	0,24	2,65	1,22
Жовтень	1,38	0,07	2,60	1,58
Листопад	1,34	0,14	1,42	1,30
Грудень	1,28	0,10	1,13	1,69
<b>Середнє</b>	<b>1,30</b>	<b>0,16</b>	<b>2,38</b>	<b>1,13</b>
2013 рік				
Січень	1,39	0,06	0,34	1,62
Лютий	1,40	0,11	2,11	1,49
Березень	1,32	0,23	3,20	1,01
Квітень	1,31	0,46	4,78	0,49
Травень	1,31	0,27	5,04	1,50

Матеріали статті, згідно з договором з НАНЦ Держінформнауки України, увійшли до розділу звіту про результати науково-дослідної роботи за темою: «Дослідження закономірності великомасштабних атмосферних процесів тропосфери і низької стратосфери»

Південної півкулі, процесів формування глибинних вод на шельфі Антарктичного півострова та моделювання регіональної циркуляції моря Ведделла, сучасного стану кліматичної системи та розширення методу довгострокового прогнозу погоди для Антарктичного півострова», – яка виконувалась у відділі кліматичних досліджень та довгострокових прогнозів погоди Українського гідрометеорологічного інституту.

### 3. Результати та обговорення

#### 3.1. Порівняння 5-хвилинних даних станцій погоди MAWS і «Тропосфера»

Результати розрахунків середньомісячних значень характеристик погоди, отриманих за даними MAWS, віднімались від аналогічних значень, отриманих за даними спостережень по «Тропосфері», - таким чином отримано різниці вимірювання ( $\Delta$ ), значення яких наведено в таблиці.

Аналіз таблиць свідчить, що найбільші значення різниці спостерігалися при вимірюванні відносної вологості повітря (до 5,04%, травень 2013 р.), найменші – температури повітря (0 °С, лютий 2012 р.). Детальніший аналіз наведеної таблиці буде проведено в ході виконання аналізу окремих характеристик атмосфери.

#### 3.2. Аналіз похибок результатів вимірювання окремих характеристик погоди

**Атмосферний тиск.** Вимірювання характеристики погоди здійснюється за допомогою датчика MAWS Setra 270 та перетворювача атмосферного тиску «АЛЬБАТРОС» станції «Тропосфера» в діапазоні від 600 ГПа (450 мм. рт. ст.) до 1080 ГПа (812 мм. рт. ст.) з похибкою  $\pm 0,3$  ГПа ( $\pm 0,2$  мм. рт. ст.).

Упродовж сезону на фоні підвищеного атмосферного тиску [Наша робота] спостерігається збільшення різниці вимірювання ( $\Delta$ ): червень у табл. 1 – 1,39 ГПа. Упродовж теплого періоду року мають місце дещо нижчі значення  $\Delta$ : 1,2-1,3 ГПа.

Середньорічна різниця значень атмосферного тиску ( $\Delta$ ) на Українській антарктичній станції (УАС) за 2012 р. становить 1,3 ГПа (за попередній період спостережень – 1,4 ГПа); упродовж 2012 року вона змінювалась від 1,24 до 1,40 ГПа; 2013 – 1,3-1,4 ГПа. Дана похибка виникає внаслідок різниці значень наведеного тиску на рівні моря за даними «Тропосфери» і тиску на рівні станції за даними MAWS (рис.1).

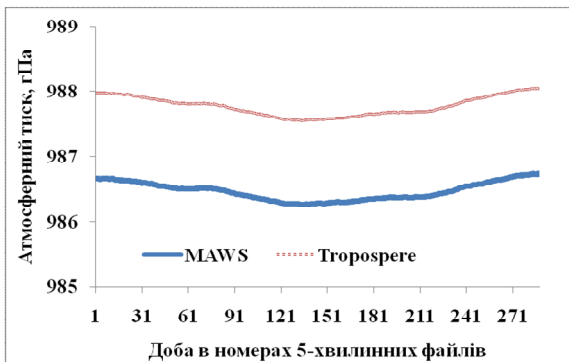


Рис. 1. Середньодобовий розподіл атмосферного тиску за даними автоматизованих станцій погоди MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

У добовому розподілі атмосферного тиску спостерігається аналогічна, як і в сезонному ході, ситуація: різниця показань зменшується вночі (при менших значеннях атмосферного тиску) та збільшується у світлий час доби (рис.2). У перехідні години спостерігається збільшення амплітуди  $\Delta$ . Слід зазначити, що амплітуда самої різниці становить соті долі гПа, що не перевищує похибки вимірювання приладів.



Рис. 2. Середньодобовий розподіл різниці вимірювання атмосферного тиску по станціях MAWS і «Тропосфера» на УАС за 2012 р.

Абсолютна похибка для кожного вимірювального приладу визначалась за наступною формулою:

$$\Lambda = |X_i - \bar{X}|, \quad (1)$$

де  $X_i$  – результат окремого вимірювання даної характеристики  $X$ , а  $\bar{X}$  – середнє арифметичне із результатів вимірювань, або істинне значення даної характеристики.

Для атмосферного тиску абсолютні похибки вимірювання не виходять за межі похибок станцій і становлять: MAWS – 0,12 ГПа, «Тропосфера» – 0,13 ГПа.

Відносна похибка розраховувалась за наступною формулою:

$$\sigma = \frac{(X_i - \bar{X})}{\bar{X}} \times 100\%. \quad (2)$$

Річний розподіл даної похибки за результатами вимірювання станціями зображено на рис. 3, його аналіз демонструє зміни даної похибки в інтервалі від 0% у перехідний час доби до  $\pm 2\%$  за добових екстремальних значеннях тиску. Різниця значень похибок по двох станціях незначна, і середнє її значення становить  $6.12E-04$ .

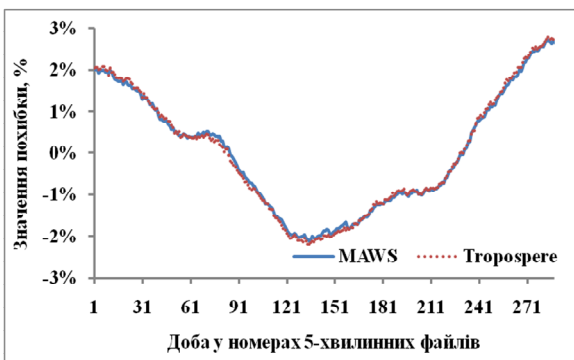


Рис.3. Середньодобові зміни відносної похибки вимірювання атмосферного тиску на УАС станціями погоди MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

**Температура повітря.** Вимірювання характеристик погоди здійснюється за допомогою датчика температури MAWS типу Nu-Cal EL-100 та перетворювача температури повітря «ТРОЯНДА» в діапазоні від  $-40$  до  $60$  °C з похибкою  $\pm 0,1$  °C. За даними 5-хвилинних файлів, найбільші відхилення між станціями спостерігались у період зимового сезону, при нижчих температурах: червні, липні, жовтні місяцях і склали відповідно  $0,23$ ,  $0,25$ ,  $0,24$  °C (табл. 1). У літні місяці відхилення в показаннях становлять  $0-0,15$  °C і не виходять за межі інструментальної похибки датчиків.

Перехідні сезони на станції [3, 4] характеризуються дещо згладженим добовим ходом температури повітря та меншими різницями у вимірюваннях обох станцій. Найбільша  $\Delta$  спостерігалась у червні, липні і вересні місяцях, значення яких склали 0,23, 0,25 і 0,24 відповідно, як показано у таблиці.

Добовий розподіл температури повітря по станціях наведено на рис. 4.

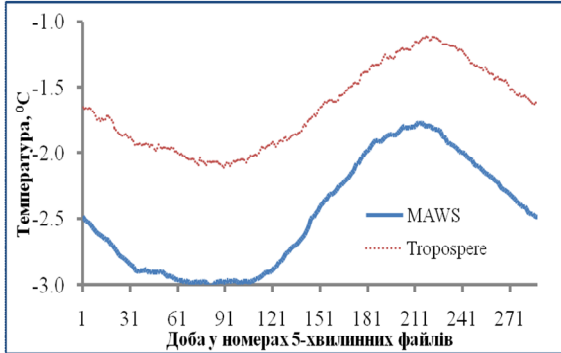


Рис. 4. Середньодобовий розподіл температури повітря за даними автоматизованих станцій погоди MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

Аналіз вищезгаданого рисунка демонструє: аналогічно до сезонного, в добовому розподілі найбільші відхилення в даних спостережень обох станцій погоди спостерігаються при нижчих температурах (вночі). Максимальне значення відповідає значенням 70–90 точок, що припадає на 06–08 год. ранку. Вдень, відповідно, максимальне значення  $\Delta$  спостерігається близько 18.30 год.

Середньодобовий розподіл різниці показань станцій зображено на рис. 5: збільшення різниці в показниках приладів (до 1°C) має місце вночі, вдень вона зменшується майже в два рази.

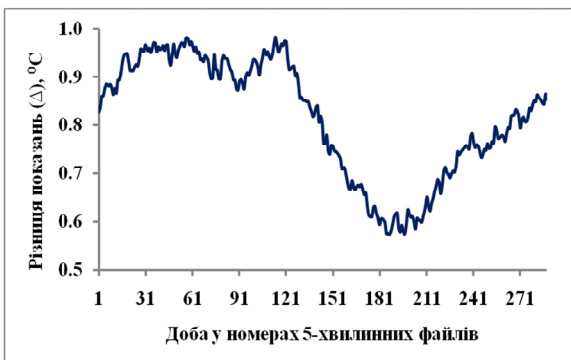


Рис. 5. Середньодобовий розподіл різниці ( $\Delta$ ) вимірювання температури повітря по станція MAWS і «Тропосфера» на УАС за 2012 р.

Абсолютні похибки вимірювання температури повітря, розраховані за формулою (1) для обох станцій за вказаний період спостереження, на Українській антарктичній станції становлять: MAWS – 0,38°C, «Тропосфера» – 0,28°C.

Середньодобовий розподіл відносної похибки вимірювання температури повітря станцій, розрахованої за формулою (1), демонструється на рис. 6.

Збільшення відносної похибки до 25–30% спостерігається при наближенні температури до добових екстремумів. Крім того, в ці періоди в показниках самих станцій спостерігається збільшення різниці (до 5%), що може бути певним чином пов'язане з конструктивними особливостями вимірювальних приладів (зокрема, їх чутливістю).

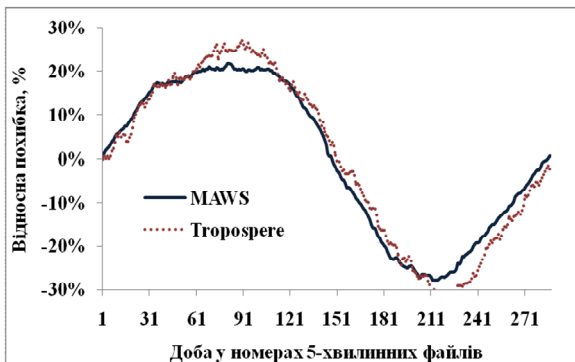


Рис. 6. Середньодобова динаміка відносної похибки вимірювання температури повітря на УАС станціями погоди MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

**Вологість повітря.** Вологість повітря на УАС вимірюється датчиком вологості станції MAWS Hy-Cal CT-827-D/HS-3602-D та перетворювачем вологості повітря станції «Тропосфера» «ЛОТОС» в діапазоні від 0 до 100% з похибкою  $\pm 2\%$ . Найбільших значень різниці показань датчиків досягла в серпні 2012 р. (4,47%) та квітні 2013 р. (4,78%). В літні місяці вона суттєво зменшується – до 0,5–1,2%. Практично добовий хід відносної вологості повітря впродовж усього року має чітко виражений характер [3, 4].

Розподіл відносної вологості повітря упродовж доби за даними спостережень станцій погоди демонструє рис. 7. Різниця показників суттєвіша вночі (при вищих значеннях вологості) і зменшується вдень майже до нульових значень у період, що відповідає близько 240 відліку (тобто в районі 20.00 год. місцевого часу).

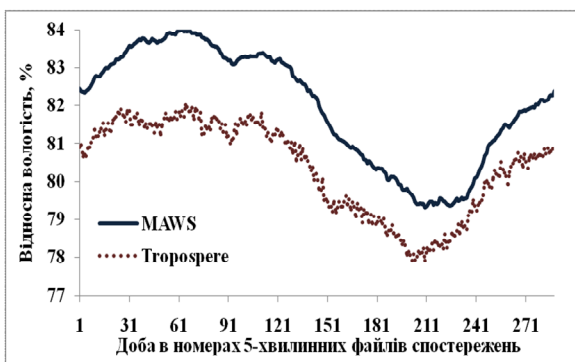


Рис. 7. Середньодобовий розподіл відносної вологості повітря за даними спостережень станцій MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

Рис. 8 демонструє розподіл різниці ( $\Delta$ ) в показаннях станцій, максимальні значення якої становлять 2,5%, тобто в межах похибок вимірювання приладів. У денний час доби значення  $\Delta$  зменшується до значень 0,5%.

Абсолютні похибки вимірювання відносної вологості повітря, розраховані за формулою (1), становлять: станція MAWS – 1,34%, «Тропосфера» – 1,08%. Тобто не виходять за межі похибок вимірювання приладів.

Відносну похибку демонструє рис. 9.

Найбільші значення відносних похибок вимірювання обох датчиків спостерігаються при добових екстремумах і складають до  $\pm 3\%$ , при цьому показання станцій відрізняються одне від одного в межах 0,5%. У районі полудня похибка зменшується до нульових значень, самі показання станцій між собою відрізняються несуттєво (рис. 9).

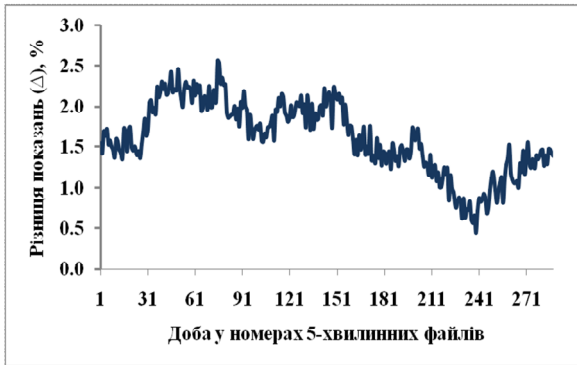


Рис. 8. Середньодобовий розподіл різниці вимірювання відносної вологості повітря по станціях MAWS і «Тропосфера» на УАС за 2012 р.

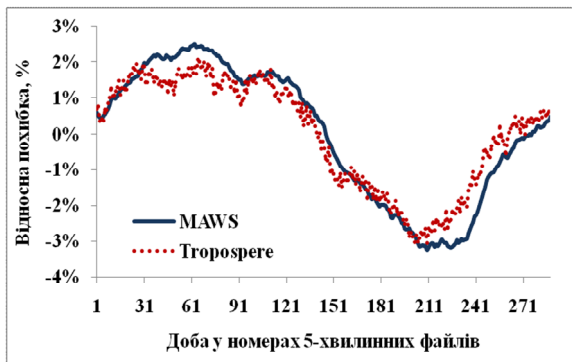


Рис. 9. Середньодобова динаміка відносної похибки вимірювання вологості повітря на УАС станціями погоди MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

**Швидкість вітру.** Швидкість вітру на станції вимірюється: MAWS – анемометром Porton Anemometer A100H у вузлах, «Тропосфера» – перетворювачем швидкості і напрямку повітряного потоку «НОРДВЕСТ» в діапазоні від 0,5 до 50 м/с з похибкою  $\pm(0,5+0,03V)$ . Середньодобовий розподіл швидкості вітру за даними станцій візуалізовано на рис. 10, який демонструє стабільну різницю їх показань упродовж всієї доби в межах 1,5–2 м/с. Слід зазначити: частково ця різниця може мати місце у зв'язку з перерахуванням даних, виміряних автоматизованою станцією погоди MAWS у вузлах, на метри в секунду, що здійснювалось для проведення порівняльного аналізу.

Середня різниця ( $\Delta$ ) показань обох станцій за 2012 р. становила 1,13 м/с (у межах похибки приладів) та впродовж усього 2012 року змінювалась мало, за винятком травня – 0,32 м/с. У першій половині 2013 року  $\Delta$  залишалась стабільною в межах 1,5 м/с, за винятком січня – 1,62 м/с, як це видно з таблиці.

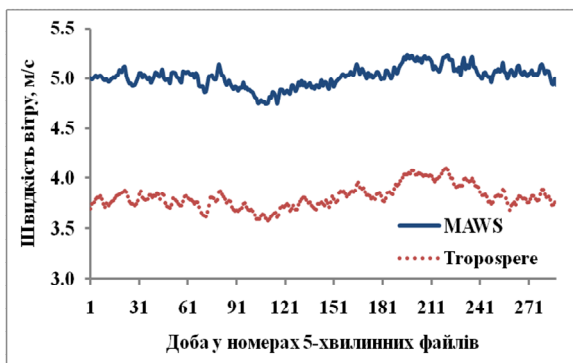


Рис. 10. Середньодобовий розподіл швидкості вітру за даними спостережень станцій MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

Середньодобовий розподіл різниці показань швидкості вітру за даними станцій наведено на рис. 11, з якого видно: її зменшення вдень – при дещо більших швидкостях вітру та підвищенні в першій половині ночі.

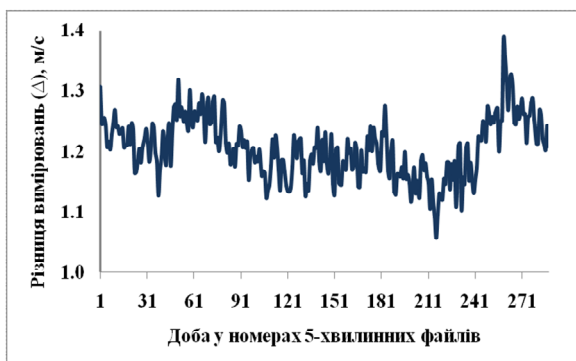


Рис. 11. Середньодобовий розподіл різниці вимірювання швидкості вітру по станціях MAWS і «Тропосфера» на УАС за 2012 р.

Абсолютні похибки вимірювання швидкості вітру, розраховані по формулі (1), досить незначні та близькі за своїми значеннями і становлять: станція MAWS – 0,08 м/с, «Тропосфера» – 0,09 м/с.

Відносні похибки вимірювання розраховані за формулою (2) та зображені на рис. 12, який демонструє більші значення в період максимальних екстремумів температури повітря – до 4% за даними вимірювання станцією MAWS і 5-6% – за даними «Тропосфери».

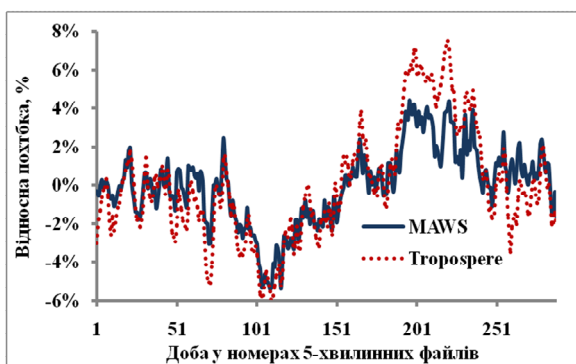


Рис. 12. Середньодобова динаміка відносної похибки вимірювання швидкості вітру на УАС станціями погоди MAWS і «Тропосфера» за 2012 р.

Слід звернути увагу на певні розбіжності в показаннях станцій у межах 1-2%, які мають місце при поривах вітру або ж при його затуханні і частково можуть бути пояснені чутливістю вимірювальних елементів.

#### 4. Висновки

Таким чином, проведений аналіз показав, що абсолютні похибки вимірювання обома приладами атмосферного тиску, вологості повітря і швидкості вітру не виходять за межі інструментальних похибок. У випадку з температурою повітря абсолютні похибки перевищують інструментальні, а також відрізняються між собою поблизу добових екстремумів температури (до  $\pm 5\%$  станція «Тропосфера» по відношенню до MAWS).

Найбільші відносні похибки вимірювання автоматизованих станцій погоди MAWS і «Тропосфера» за даними на період 2012 – перше півріччя 2013 рр. спостерігаються у випадку температури повітря – до 25 і 30% при екстремальних значеннях характеристики



С.В. Клок: ЩОДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СТАНЦІЇ ПОГОДИ ...

погоди, відповідно найменші – у випадках атмосферного тиску та відносної вологості повітря – до 3%. При вимірюванні швидкості вітру спостерігаються максимальні значення відносної похибки до 4% у станції MAWS і до 8% – у «Тропосфери». Загалом різниця показань станцій у всіх випадках не перевищує інструментальні похибки самих приладів.

### Список літератури

1. **Блатнер П.** Использование Microsoft Excel 2000. / П. Блатнер, Л.Ульрих // СПб. – К., 2000. – 1021 с.
2. **Груза Г.В.** Статистика и анализ гидрометеорологических данных / Г. В Груза, Р.Г. Рейтенбах // Гидрометеоздат. – Л., 1982. – 216 с.
3. **Клок С.В.** Периодическая и долговременная изменчивость термобарических параметров атмосферы в Антарктическом регионе / С.В. Клок, Г.М. Крученицкий // Оптика атмосферы и океана. – 2008. – №12. – С. 1024–1031.
4. **Клок С.В.** Изменчивость термодинамических параметров атмосферы по данным измерений на антарктической станции «Майкл Фарадей – Академик Вернадский» /С.В. Клок, Г.М. Крученицкий // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Российский фонд фундаментальных исследований. – 2012. – Т. 5.– С. 163–171.
5. **Метеорологічний звіт.** УАС Академік Вернадський / НАНЦ. – К., 1997 – 2011 рр.
6. **Настанова** гідрометеорологічним станціям і постам. Керівний документ. Вип.3, ч.1. – Метеорологічні спостереження на станціях. ДГС, К. – 2011. 280 с.
7. **Стернзат М.С.** Метеорологические приборы и наблюдения / М.С. Стернзат // Гидрометеоздат. – Л, 1968. – 464 с.
8. <http://www.inmarsat.com/>