

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Бакалаврська кваліфікаційна робота
на тему: «Порівняльний аналіз вимірювань метеорологічних величин
датчиками CS109 і CS215»

Виконав студент IV року навчання
групи МКА-41
спеціальності 103 Науки про Землю
Кіряк Павло Юрійович

Керівник к. геогр. н., доцент
Волошина Олена Вікторівна

Рецензент к. геогр. н., доцент
Коваленко Людмила Борисівна

ОДЕСА – 2020
 МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут
 Кафедра метеорології та кліматології
 Рівень вищої освіти бакалавр
 Спеціальність 103 Науки про Землю
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

“ 27 ” квітня 2020 року

**ЗАВДАННЯ
 НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кіріяку Павлу Юрійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Порівняльний аналіз вимірювань метеорологічних величин датчиками CS109 і CS215

керівник роботи Волошина Олена Вікторівна, к.геогр.н., доцент (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “17” квітня 2020 року № 40-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 02 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Дані новітніх датчиків CS109 і CS215 встановлених на агрометеорологічній станції Херсон №33902 в Інституті зрошуваного землеробства НААН»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Провести порівняльний аналіз показників датчиків CS109 і CS215 з показаннями приладів встановлених на метеорологічній станції за міжнародними стандартами. Зробити економічні розрахунки на підставі отриманих результатів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Побудувати графіки відхилень показань метеорологічних величин. Знайти статистичні характеристики метеорологічних величин і представити їх у вигляді таблиць і графіків.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Вивчення літературних джерел за темою магістерської роботи	27 квітня – 30 квітня 2020 р.	70	задовільно
2.	Підготовка даних метеорологічних спостережень до обробки	1 травня – 3 травня 2020 р.	70	задовільно
3.	Обробка даних метеорологічних спостережень за допомогою графічно-розрахункового пакету «EXCEL»	4 травня – 6 травня 2020 р.	70	задовільно
4.	Отримання статистичних характеристик метеорологічних даних датчиків <i>CS109</i> і <i>CS215</i> . Побудова графіків.	7 травня – 9 травня 2020 р.	70	задовільно
5.	Провести економічні розрахунки пріоритету використання сучасних датчиків <i>CS109</i> і <i>CS215</i> .	10 травня – 12 травня 2020 р.	70	задовільно
6.	Рубіжна атестація	13 травня -18 травня 2020 р.	70	задовільно
7.	Аналіз отриманих результатів	14 травня – 16 травня 2020 р.	70	задовільно
8.	Оформлення бакалаврської роботи	18 травня - 28 травня 2020 р.	70	задовільно
9.	Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту бакалаврської роботи	1 червня – 5 червня 2020 р.	70	задовільно
10	Попередній захист бакалаврської роботи	11 червня 2020р.	70	задовільно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		70	задовільно

Студент _____ Кіряк П.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Волошина О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
1. ВИСОКОТОЧНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ.....	7
1.1 Метеорологічні станції світового зразку.....	7
1.2 Автоматична грозопелігація	13
1.3 Метеорологічний моніторинг у світі	15
1.4 Характеристика датчиків CS109 і CS215.....	17
2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ ПОЛОЖЕННЯ ТА КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОМЕТЕОСТАНЦІЇ ХЕРСОН №33902.....	20
3. АНАЛІЗ ВИМІРЮВАНЬ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ ДАТЧИКОМ CS215 ТА ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ CS109...	27
3.1 Порівняння вимірювань датчика CS215 з штатними приладами для вимірювання вологості	27
3.2 Порівняння вимірювань датчика CS109 з штатними приладами для вимірювання температури повітря	36
4. ЕКОНОМІЧНА ВИГІДНІСТЬ АВТОМАТИЧНИХ СТАНЦІЙ.....	45
ВИСНОВКИ.....	49
ЛІТЕРАТУРА.....	50

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

CS215 – датчик для вимірювання відносної вологості та температури.

CS119 – датчик для вимірювання температури.

NWP – чисельний прогноз погоди.

IP – мережева адреса вузла в комп'ютерній мережі.

TCP – основний протокол передачі даних інтернету.

NOAA - національне управління океанічних і атмосферних досліджень.

WRCC / DRI – науково дослідний інститут пустель, західний регіональний кліматичний центр.

НААН - Національна академія аграрних наук України.

АХерсон – агрометеорологічна станція Херсон №33902.

А – агрометеорологічна станція.

М – метеорологічна станція.

ГТК – гідротермічний коефіцієнт.

ВСТУП

Погода – це стан нижнього атмосферного шару на поточний момент в поточному місці. Поняття погоди складається з декількох метеорологічних показників, а саме: температури ґрунту та повітря; хмарності; показника опадів; показника сонячної радіації; повітряної вологості; атмосферного тиску; показника вітру. Перераховані показники визначають в спеціалізованих метеорологічних центрах та постах з допомогою професійного обладнання.

За допомогою професійного обладнання здійснюються виміри погодних і кліматичних умов за певний період відповідно встановленим вимогам за використання єдиної методики в необхідній послідовності для подальшої передачі отриманих показників до Гідрометцентру.

Окрім спеціалізованих метеомайданчиків на території України постійно запускаються нові метеостанції автоматичного типу, які мають наступні переваги: компактні розміри; спеціально розроблена конструкція як для роботи в стаціонарних, так і автономних умовах у віддалених регіонах; високий показник надійності; економне споживанні енергії.

Метою дослідження є проведення аналітичного порівняння показників, знятих з датчиків CS215 та CS109 з показниками, наданими агрометеорологічною станцією Херсон №33902.

Дослідження проводиться в українському інституті зрошувального землеробства НААН (кафедра метеорології та кліматології). Дипломний проект включає 4 розділи, 18 рисунків та 21 таблицю. Виконаний на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ під керівництвом к.геогр.н., доц. Волошиної О. В. Автоматична станція за досліджуваний період з середини вересня по кінець квітня виконала 18 144 000 вимірів. Для побудови графіків було використано 30 240 записів у той час, коли на метеорологічному посту за той же час було виконано 1680 вимірів.

1 ВИСОКОТОЧНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ

1.1. Метеорологічні станції світового зразку

Метеорологія як наука виникла близько XVII століття. В час винайдення Галілео Галілеєм термометра та Е. Торрічеллі ртутного барометра. В XVII столітті з'явилися гігрометр, опадомір, анемометр та флюгер.

Перші мережі метеорологічних спостережень виникли в Європі в 1654 році. Збирання та накопичення інформації здійснювалось до 1667 року Академією дель Чіменто у Флоренції [1].

У Російській імперії, на відміну від Європи, тільки в кінці XVII століття почали проводитись регулярні спостереження за погодою. За наказом Петра I в кінці XVII століття почалися постійні спостереження за станом погоди. Василь Назарович Каразін відкрив першу метеостанцію в Україні в 1809 году в селі Кручик на території Харківської області [1].

Метеостанція – спеціальний заклад, на якому розташований спеціалізований метеомайданчик, що задовольняє певним вимогам, на ньому встановлені стандартні прилади для безперервних метеорологічних вимірювань (спостережень за погодою і кліматом) у встановлені терміни за єдиною методикою в певній послідовності, і передачі зібраних даних в Гідрометцентр [2].

В світі три провідні компанії займаються сучасним метеорологічним обладнанням. Цими компаніями є Vaisala, Lufft та Campbell Scientific.

Компанія Vaisala виробляє прилади для вимірювання в сфері екології та клімату [3].

Виготовленням компактних метеостанцій та приладів, авіаційних систем, морських датчиків займається н імецька компанія Lufft [4].

Американська компанія Campbell Scientific є провідним розробником і виробником реєстраторів даних, систем збору даних, а також продуктів вимірювання і контролю, що використовуються у всьому світі в різних областях, пов'язаних з погодою, водою, енергією, потоками газу і турбулентністю, інфраструктурою і ґрунтом. Спеціалізується на надійних системах з низьким енергоспоживанням для довгострокового автономного моніторингу та управління [5].

За допомогою автоматичного обладнання проводяться вимірювання наступних метеорологічних показників: температури повітря, води, ґрунту; сонячного випромінювання; відносної вологості; кількості опадів; рівня снігового покриву; напрямку та швидкості вітру; барометричного тиску; вологості ґрунту.

Для вимірювання використовуються спеціальні датчики, що безпосередньо взаємодіють з встановленими реєстраторами. Для проведення спеціалізованих вимірів використовуються реєстратори з входами аналогового, імпульсного та цифрового типів, які сумісні з більшістю моделей датчиків.

Для виміру швидкості вітру: анемометри чашкового, пропелерного та акустичного типів.

Для напрямку вітру: спеціальні флюгери з прецизійними потенціометрами або акустичними анемометрами. Одна зібрана конструкція здатна визначати як швидкість, так і напрямок вітру.

Для виміру сонячного випромінювання: піранометра з кремнієвим чи термоелементом, датчики квантового типу, чистопоточні радіометри.

Для температури повітря, води, ґрунту: термопари, опорні термометри, термістори.

Для відносної вологості: спеціальні датчики, що здатні обробляти сигнал, а також датчики температури та відносної повітряної вологості (одна конструкція).

Для кількості опадів: вагові опадоміри та дощомір з перекидною ємністю. Також використовуються адаптери з незамерзаючим складом або підігрівачем для визначення снігових опадів.

Для визначення рівня снігового покриву: датчики відстані з ультразвуком.

Для барометричного тиску: перетворюючі пристрої з датчиками вмісту або тензодачиком.

Для визначення ґрунтових вологості: вимірювальні блоки вологоємності, тензіометри з виходом аналогового типу та рефлектметри.

Базою метеостанцій є реєстратор з програмним забезпеченням, що збирає показники з датчиків та зберігає отримані дані у встановлених вимірювальних одиницях. Результати проходять обробку з метою розрахунку погодинних і поденних значень (напр., максимальні, мінімальні і середньостатистичні показники). Крім того, реєстратор здійснює додаткове опрацювання результатів, наприклад для визначення інтенсивності рідких опадів тощо.

Для роботи реєстратора, забору показників і формування звітності використовується спеціальне програмне забезпечення. Воно дозволяє скласти програму у відповідності з різними конфігураціями датчиків згідно вимог щодо обробки даних. У реєстраторі даних встановлені запрограмовані робочі проміжки, містяться інструкції для датчиків, що здаходяться в постійній експлуатації, а також наявні відповідні канали для роботи з усіма конфігураціями датчиків стандартних моделей. За допомогою вимірювального та управляючого периферійного обладнання можна розширити функціонал реєстраторів.

Метеорологічні станції живляться від набору батарейок лужного типу або від герметичного акумулятора з функцією перезарядки. Заряд акумулятора здійснюється від сонячної панелі або від змінного струму.

Щодо метеостанцій з периферійними установками, вони споживають струм в достатньо великій кількості (спутникові чи мобільні телефони) або потребують акумулятора з підвищеною ємністю.

Реєстратор даних, елемент живлення, периферійне обладнання та барометр знаходяться всередині захисного корпусу, який захищає прилади від потрапляння пилу, води, вологи, прямих сонячних променів та інших зовнішніх факторів. Матеріал корпусу датен протистояти впливу ультрафіолетових променів. Корпуси адаптуються для під'єднання кабелів чи мають монтажні кронштейни для штативів.

Зв'язок забезпечується одним із наступних методів: ближній зв'язок; телефонія (наземна, синтез голосу, мобільний); радіочастотні хвилі; багатоточковий; інтернет; супутник.

Прилад має вбудований модуль для зберігання інформації, монітор та ноутбук.

На метеостанціях загального призначення вимірюються наступні показники: швидкість та напрямок вітру; температура повітря; відносна вологість; барометричний тиск; опади; сонячне випромінювання.

Високорівнева мобільна метеостанція з низькою потужністю може виміряти загальні метеорологічні показники і відрізняється гнучкою системою для адаптації під широкий спектр кліматичних систем.

Розглянемо на прикладі потративних станції з щоглою, що може бути встановлена під кутом. За допомогою даної установки можна проводити виміри базових метеорологічних показників, а також розраховувати різноманітні метеорологічні показники, а саме: сумарне випаровування; кількісний показник градусо-днів зростання; температура в залежності від вітру; точка роси та ін.

Завдяки можливості розширення системи можна додавати датчики і засоби зв'язку для оптимізації даного проекту або згідно з потребами нового дослідження.

Особливості та переваги даного обладнання: наявність реєстратора даних CampbellScientific CR1000, функція вимірювання та управління; максимальна точність показників датчиків, які широко використовуються в ланій галузі; можливість створення модульної, програмованої систем, а також включає систему аварійних блоків живлення, що забезпечує роботу під час збоїв енергопостачання; відповідає нормам, встановленим в протоколах Modbus і PakBus; можливість роботи з практично усіма засобами комунікації, в тому числі RS-48, оптоволоконна комунікація, мобільний або спутниковий сигнал; наявність щоглів для встановлення під кутом [6].

Зупинимось більш детально на елементах мобільної метеостанції автоматичного типу.

Вона включає:

1. Реєстратор даних для вимірювання управління (CR1000).
2. Елемент живлення (PS100).
3. Сонячна панель на 10 вольт (SP10).
4. Хрестовина на 4 фути (CM204).
5. Монітор початку вітру (05103-L).
6. Перекина ємність з тумбовим типом кріплення (CM300).
7. Піранометр (LI200X) з основним пристосуванням для вирівнювання (LI2003S).
8. Штатив для встановлення датчика сонячного випромінювання (CM225).
9. Датчик для замірів температури та відносної вологості (HC2S3-L).
10. Захисний екран для захисту від ультрафіолету, що включає 10 пластин (41003-5).
11. Датчик для вимірювання барометричного тиску (CS106).
12. Штатив з нержавіючої сталі на 10 футів (CM110).

13. Корпус (ENC12) з параметрами 14, 12 * 14 дюймів [6].

Автоматизована метеорологічна станція використовується в сфері сільського господарства, в процесі планування зрошувальних робіт, а також в метеорологічних системах

Може використовуватись як система для контролю сумарного випаровування.

За допомогою автоматизованої метеостанції для сільського господарства можна вимірювати наступні показники: швидкість та напрямок вітру; температура в повітрі; відносна вологість повітря; кількість опадів; показник сонячного випромінювання.

Станція ET107 виробника CampbellScientific є автоматизованою системою, що застосовується в сільському господарстві та для планування зрошувальних робіт. З її допомогою можна розрахувати показник сумарного випаровування (ET_o) - сумарних втрат рідини з ґрунту в результаті випаровування та підгодовування рослин. Показник швидкості випаровування корисний для правильного планування посівних заходів, а також для складання графіку іригаційних робіт, що забезпечує наявність води в оптимальній кількості (без недостачі та перенасичення).

Характеристики та переваги метеостанцій виробника CampbellScientific:

- система на базі CR1000;
- велика кількість датчиків для здійснення різноманітних робіт та вимірів;

водонепроникний корпус, що забезпечує захист електронних елементів і підвищує безпеку використання;

- економне енергоспоживання;
- вузька вертикальна конструкція, що надає естетичний вигляд;

- проста та швидка установка.

1.2 Автоматична грозопелігація

Нестійкість атмосфери може спричинити грозову активність, що супроводжується підвищеною хмарністю та посиленою інтенсивністю рухів повітряних мас в вертикальному напрямку, а також різких перепадів позначки термометру.

Гроза вважається одним з найнебезпечніших природних явищ, оскільки вона спричиняє розлади електроенергії, сильні опади, град, шквали, що, в свою чергу, впливає на нормальне функціонування всіх галузей господарської діяльності.

Станція LW110 дозволяє безперервно моніторити локальне електричне поле і дає попереджувальні сигнали перед появою блискавки. Оскільки система працює шляхом розпізнавання електричного поля, а не попередніх ударів, то вона здатна розпізнавати можливу появу блискавки навіть за відсутності інших ударів.

Система дозволяє отримати максимально точні результати, що дозволяє вчасно застосовувати запобіжні заходи для попередження надзвичайних ситуацій:

- коли потрібно шукати укриття перед грозою;
- коли можна відновити роботи після закінчення негоди та ін.

Система вимірює наступні показники:

- електричне поле;
- блискавичні удари;
- температура та відносна вологість;
- швидкість та напрямок вітру;

- сонячне випромінювання;
- синхронізація з часом по GPS;
- барометричний тиск;
- опади.

Характеристики та переваги:

- функції попередження перед першим ударом та розрахунок вірогідності блискавки, повідомлення про нормалізацію погодних умов;
- радіус розпізнавання до 7 миль;
- візуальні та звукові попередження;
- передача сигналів дистанційно на ПК, через інтернет чи на електронну пошту шляхом засобу для обміну даними;
- додаткові метеорологічні датчики, що дають можливість проводити розширений моніторинг та збереження показників;
- для можливості комплексного аналізу та визначення загрози можна використовувати з опціональним модулем SG000 для виявлення ударів на відстані до 20 миль;
- надійна конструкція;
- низька енерговитрата;
- відсутність необхідності додаткового обслуговування;
- можливість своєчасного діагностування та попередження про необхідність технічного огляду [6].

1.3 Метеорологічний моніторинг у світі

Обширний метеорологічний моніторинг розглянуто на прикладі штату Каліфорнія.

Сфера застосування системи: WRCC мережі

Локація: Каліфорнія, США

Організації підрядники: національне управління океанічних та атмосферних досліджень NOAA, штат Каліфорнія

Прилад для проведення досліджень: CR1000

Показники для виміру:

- швидкість та напрям вітру;
- температура та відносна вологість повітря;
- опади;
- сонячне випромінювання;
- рівень сніжного покриву;
- температура ґрунту.

Згідно оцінкам, коливання клімату впливають на економічну ситуацію в штаті приблизно на 10-20%, фінансові масштаби якої сягають трильйони доларів. Дослідження дозволило виявити, що зміни відбуваються в західній частині, при чому раніше в даному регіоні були системи повідомлення про подібні зміни по мірі їх виникнення.

Західний кліматичний центр регіону Науково-дослідного інституту пустель, за участі штату Каліфорнія і Національного управління океанічних і атмосферних досліджень, запровадили проект для виявлення недоліків в роботі кліматичної системи штату з метою підвищення бази знань в галузі та поширення інформації.

Першим етапом діяльності стала оцінка реєстраторів CampbellScientific, що входять в мережу метеорологічних станцій,

дослідження інформаційних джерел, а також типу і якості даних. Також на цьому етапі була проведена консультація з організаціями державного та федерального рівнів, а також з суспільством, задіяним в кліматичних дослідженнях.

У великому штаті з таким різноманіттям клімату був обраний підхід, що передбачав концентрацію на певних кластерах та секторах дослідження, з особливим акцентом на регіони, де є великі просторові кліматичні зміни та неконтрольовані географічні показники.

В першу чергу метеостанції були встановлені в горній місцевості та на узбережжі. Було визначено сектор дослідження, який простягався від центральної берегової лінії до річки Норт-Форк (NorthForkRiver) і далі на схід Сьєрра-Хрест (SierraCrest), включаючи станцію Пойнт-Рейес (PointReyes). Особливо перевага віддавалася зонам, де не передбачалося змін місцевих показників (рослинність, використання земель тощо) на протязі останніх десятиліть.

Ще одним аспектом стала відповідна відкритість впливів. Усі ділянки мають засоби зв'язку, а всі дані присутні в мережі Інтернеті та знаходяться у вільному доступі. Метеостанції створені на основі CR1000 CampbellScientific. В число вимірюваних показників, як правило, входять:

- температура та відносна вологість;
- кількість опадів;
- швидкості напрям вітру;
- сонячне випромінювання;
- висота снігового покриву;
- температура ґрунту.

Датчик розташований на стійці з середньою висотою 10 м.

1.4. Характеристика датчику CS109 і датчику CS215

Температура повітря характеризує тепловий стан приземного шару атмосфери (тропосфери) і вимірюється в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$), Кельвіна (К) або Фаренгейта (F). Вона визначає умови формування та характер погоди. Вимірювання температури повітря ручними приладами має такий принцип дії термометрів розширення заснований на об'ємному розширенні рідини, що знаходиться всередині скляного розширювача, під дією навколишньої температури.

Для автоматичного вимірювання температури повітря використовуємо датчик температури CS109. Датчик CS109 використовується і для вимірювання температури ґрунту, і для вимірювання температури повітря.



Рис. 1.1. – Датчик CS109 для виміру температури повітря [5]

CS109 представляє собою аналоговий датчик, що працює за принципом термопари, з'єднання 2 металів з різними опором. При зміні

температури повітря змінюється опір, на базі цього будується робота датчика вимірювання температури.

Датчик встановили на метеорологічному майданчику в психрометричній будці на висоті 2 м від поверхні землі.

Прилад проводить розрахунок та передає вимірні дані температури повітря на сервер. Робоча температура приладу: від -50 до $+70$ °С.

Він дозволяє вимірювати температуру в діапазоні від -40 °С до $+70$ ° С з забезпеченою точністю $0,1$ м/с.

Датчик CS215 призначений для вимірювання вологості та температури повітря. Датчик встановлено на метеорологічному майданчику в психрометричній будці також на висоті 2 м від поверхні землі.



Рис. 1.2. – Датчик CS215 для виміру температури та відносної вологості повітря [5]

Він проводить розрахунок та передає вимірні дані температури повітря на сервер. Він дозволяє вимірювати температуру в діапазоні від -40 °С до $+70$ ° С. Похибка вимірювань $\pm 0,3$ °С при 25 °С; $\pm 0,4$ °С (від $+5$ ° до $+40$ °С); $\pm 0,9$ °С (від -40 ° до $+70$ °С) [6].

Датчик CS215 має діапазон вимірювань відносної вологості повітря від 0 до 100%. Похибка вимірювань вологості повітря при температурі +25°C становить від $\pm 2\%$ до $\pm 4\%$, в залежності від значення вологості.

Метод вимірювання температури повітря заснований на використанні термометрів, які постійно встановлені в психрометричні будці на висоті 2 м, чим забезпечується рівність температур повітря і термометра.

Вплив радіації на температурний режим термометра виключається радіаційної захистом (будкою). Температура термометра визначається зі зміни одного з термометричних властивостей чутливого, елемента [7].

При спостереженнях за температурою повітря на станціях застосовуються такі засоби вимірювань: метеорологічний психрометрический термометр із станційним психрометрами ТМ 4; діапазони вимірювання: від -35 до 40 ° С (ТМ4-1), від -25 до 50 ° С (ТМ4-2); метеорологічний низькоградусний термометр ТМ9; діапазони вимірювання: від -60 до 20 ° С (ТМ9-1), від -70 до 20 ° С (ТМ9-2); метеорологічний мінімальний термометр ТМ2; діапазони вимірювання: від -70 до 20 ° С (ТМ2-1), від -60 до 30 ° С (ТМ2-2), від -50 до 40 ° С (ТМ2-3); метеорологічний максимальний термометр ТМ1; діапазони вимірювання: від -35 до 50 ° С (ТМ1-1) і від -20 до 70 ° С (ТМ1-2) [8, 9].

Вимірювання відносної вологості повітря на метеорологічній станції раніше проводились за допомогою спеціального приладу – гігрометру що встановлений в психрометричній будці і працює за принципом самописця.

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ ПОЛОЖЕННЯ ТА КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНЦІЇ ХЕРСОН №33902

Агрометеорологічна станція Херсон №33902(АХерсон) знаходиться в Інституті зрошуваного землеробства НААН у м. Херсон. Який розташований на півдні України в межах степової зони помірного географічного поясу Євразії. Із заходу на схід територія області простягається на 258 км (крайні точки – $31^{\circ} 46'$ та $35^{\circ} 09'$ східної довготи), з півдня на північ на 180 км (крайні точки – $45^{\circ} 58'$ та $47^{\circ} 05'$ північної широти).

Площа області – 28,6 тис. км². Херсонська область межує на заході з Миколаївською областю, на півночі – з Дніпропетровською, на північному сході – із Запорізькою, на півдні області омивається Чорним і Азовським морями та межує з Автономною Республікою Крим.

Клімат на досліджуваній території помірно-континентальний із порівняно м'якою зимою та жарким і довгим літом. Середня температура повітря за рік по області становить $9,8-10,8^{\circ}\text{C}$. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус $0,8-2,2^{\circ}\text{C}$, середня температура липня (найтеплішого місяця) – $22,9-23,9^{\circ}\text{C}$.

Найнижча температура повітря по області відмічалася у січні 1997 року (М Асканія-Нова) і становила $26,0^{\circ}\text{C}$ морозу. За весь період спостережень абсолютний мінімум температури повітря зафіксований у січні 1950 року (М Нижні Сірогози) та в лютому 1954 року (М Асканія-Нова) і становив $30,9^{\circ}\text{C}$ морозу. Абсолютний максимум зафіксований у липні 2002 року і становив $40,5^{\circ}\text{C}$ тепла (М Херсон).

Зимовий період на Херсонщині триває 62-77 днів – з 6-14 грудня до 14-22 лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0°C у бік потепління та починається весна.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище), триває в області 132-142 дні – з 11-17 травня до 24-30 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від 2585 °С на півночі до 2735 °С в центрі області, в приморських районах – від 2801 °С до 2828 °С.

Херсонська область – найбільш засушлива область України. Переважна кількість опадів випадає в літній період у вигляді злив. Сніговий покрив нестійкий і існує кілька десятків днів, а в прибережній частині області ще менше – близько 15 днів.

Середня кількість опадів по області за рік становить 444 мм, змінюючись по території від 368 до 503 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 239 до 969 мм. Близько 64 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Клімату Херсонщини притаманні літні суховії – сильні вітри (з швидкістю більше 5 м/с) при низькій вологості повітря (менше 30%) та високих температурах повітря (вище 25 °С). Вони негативно впливають на розвиток сільськогосподарських культур, що призводить до істотного зниження їх урожайності. У вегетаційний період на території області (крім приморських районів) спостерігається від 15 до 33 днів із суховіями різної інтенсивності. Впродовж вегетаційного періоду 1986 року відмічалось 52 дні із суховієм.

Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, дуже сильний дощ, зливи, сильний вітер та пилові бурі.

Сувора атмосферна засуха, яка часто поєднується із ґрунтовою у період активної вегетації сільськогосподарських культур (ГТК менше 0,7), має ймовірність 90% на більшій частині території області.

Відносна вологість повітря у теплий період року (квітень–жовтень) по області коливається від 59 % влітку до 80 % весною та восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 27-51 день, у приморських районах – 4-5 днів.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарчих культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Херсонської області поділено на два агрокліматичних райони (високого рівня теплозабезпечення посушливого та високого рівня теплозабезпечення дуже посушливого).

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються в третій декаді вересня, у приморських районах – в другій декаді жовтня, останні весняні – у першій декаді травня, у приморських районах – у другій декаді квітня.

Найпізніший весняний заморозок у повітрі зафіксовано 25 травня 1990 року, а на ґрунті – 29 травня 1997 року.

Найбільш ранній осінній заморозок у повітрі спостерігався 22 вересня 1993 року, у приморських районах – 14 жовтня 1992 року, а на ґрунті – 14 вересня 1989 року, у приморських районах – 29 вересня 1986 року.

Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 170–191 днів, у приморських та прибережних районах – 204–216 днів, на поверхні ґрунту – 153–166 днів, у приморських та прибережних районах – 182–189 днів.

Сніговий покрив залягає протягом січня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму становить в окремих районах області від 3 до 13 днів, середня висота снігу за зиму – 3–4 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягає 21–44 см. В останні десятиріччя досить часто спостерігаються роки без сталого снігового покриву або взагалі безсніжні зими.

Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 19 см до 29 см. Максимальне промерзання – 100 см спостерігалось у 1987р.

Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 1,7-2,9 °С. Найнижча температура ґрунту на глибині 3 см спостерігалася в 1994 р. і становила мінус 16,0 °С.

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень – лютий по області коливається від 58 до 67. Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин.

Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує значна ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10 % років (один раз за 10 років) [7]. Результати отриманих даних по кількості опадів в період з 2014 по 2017 роки за даними А Херсон представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість опадів в роки проведення досліджень за даними А Херсон [7]

Рік	місяць											
	серпень	вересень	жовтень	листопад	Грудень	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень
2014-15	20,7	43,0	34,2	21,5	26,5	39,8	47,4	55,7	68,8	86,9	38,3	104,6
2015-16	12,1	4,6	18,6	44,2	2,1	67,3	30,9	19,5	56,8	71,7	43,0	46,3
2016-17	26,7	33,2	74,4	34,2	26,3	27,5	20,3	5,1	87,9	25,6	10,3	39,8
Середнє	19,8	26,9	42,4	33,3	18,3	44,9	32,9	26,8	71,2	61,4	30,5	63,9

Результати отриманих даних середньомісячної температури повітря в період з 2014 по 2017 роки за даними А Херсон представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Середньомісячна температура повітря в роки проведення досліджень за даними А Херсон [7]

Рік	Місяць											
	серпень	вересень	жовтень	листопад	Грудень	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень
2014-15	24,5	18,4	9,3	3,3	-0,2	-0,4	0,8	5,2	9,3	17,0	20,9	23,4
2015-16	24,2	20,9	9,4	7,3	2,3	-3,6	4,0	6,3	12,6	16,2	22,1	24,4
2016-17	24,7	18,0	8,4	4,0	-1,2	-4,7	-0,8	7,0	9,3	16,3	22,0	23,4
Середнє	24,5	19,1	9,0	4,9	0,3	-2,9	1,3	6,2	10,4	16,5	21,7	23,7

Результати отриманих даних середньої відносної вологості повітря в період з 2014 по 2017 роки за даними А Херсон представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Середня відносна вологість повітря в роки проведення досліджень за даними А Херсон [7]

Рік	Місяць											
	серпень	вересень	жовтень	листопад	Грудень	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень
2014-15	52	57	71	88	92	92	85	78	75	69	67	69
2015-16	49	60	70	86	86	89	85	78	71	76	69	58
2016-17	59	63	80	87	86	85	84	73	72	64	61	60
Середнє	53	60	74	87	88	89	85	76	73	70	66	62

Результати отриманих даних по кількості днів з суховіями в період з 2014 по 2017 роки за даними А Херсон представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Кількість днів з суховіями в роки проведення досліджень за даними А Херсон [7]

Рік	Місяць											
	серпень	вересень	жовтень	листопад	Грудень	січень	лютий	Березень	квітень	травень	червень	Липень
2014-15	18	6	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1
2015-16	18	6	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4
2016-17	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4
Середнє	14	6	1	0	0	0	0	0	0	1	3	3

Дослідження за метеорологічних даних продовжується і уточнюється новими автоматичними приладами та датчиками.

3 АНАЛІЗ ВИМІРЮВАНЬ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ ДАТЧИКОМ CS215 ТА ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ CS109

Вимірювання температури повітря виробляються в кожен термін. Виняток становить максимальна температура повітря між термінами, яка вимірюється тільки до значень -36°C . Датчики встановили на метеорологічному майданчику в психрометричній будці на висоті 2 м від поверхні землі.

Прилад проводить розрахунок та передає виміряні дані температури повітря на сервер.

Дані штатними приладами знімаються і заносяться до таблиць техніком-метеорологом.

3.1. Порівняння вимірювань датчика CS215 з штатними приладами для вимірювання вологості

Вимірювання досліджуваних приладів та датчиків були зведені до спеціалізованих таблиць, в яких представлені дані результатів паралельних спостережень. Для дослідження була проведена робота по обробленню даних і дослідженню розбіжностей та їх можливих причин. Результати представлені в наступних таблицях зведених з інтервалом в один місяць. Спостереження представлені з середини вересня 2019 року до травня 2020 року.

Результати спостережень у вересні за вологістю повітря представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Вересень

Дата	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ТМ-4	44	51	65	71	58	47	62	61	47	65	54	56	55	76	70	84	72
CS215	37	43	67	76	59	48	59	62	46	66	53	55	55	78	70	87	76

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

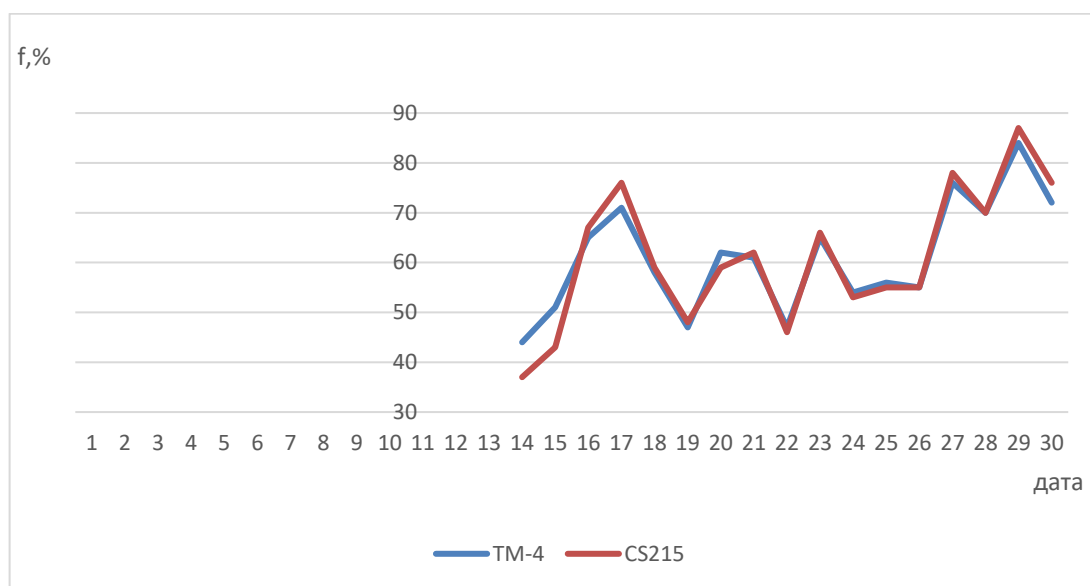


Рис. 3.1. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Вересень

За отриманими результатами вологості повітря видно, що різниця результатів вимірювання в перші два дні спостережені значна і становить 7 та 8 %, що було пов'язане з недосконалим, на той момент програмним забезпеченням, після проведення автоматичного калібрування станції та

приведення показань до рівня моря, різниця між показаннями коливається між 0-2%.

Результати спостережень у жовтні за вологістю повітря представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Жовтень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TM-4	65	70	79	87	95	81	91	75	75	87	70	73	80	82	89	77
CS215	65	71	80	90	98	87	95	83	80	90	87	78	86	86	91	81
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
TM-4	84	82	95	88	94	94	100	93	95	89	98	93	95	72	65	
CS215	83	86	97	91	97	95	100	97	98	92	99	94	98	77	68	

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

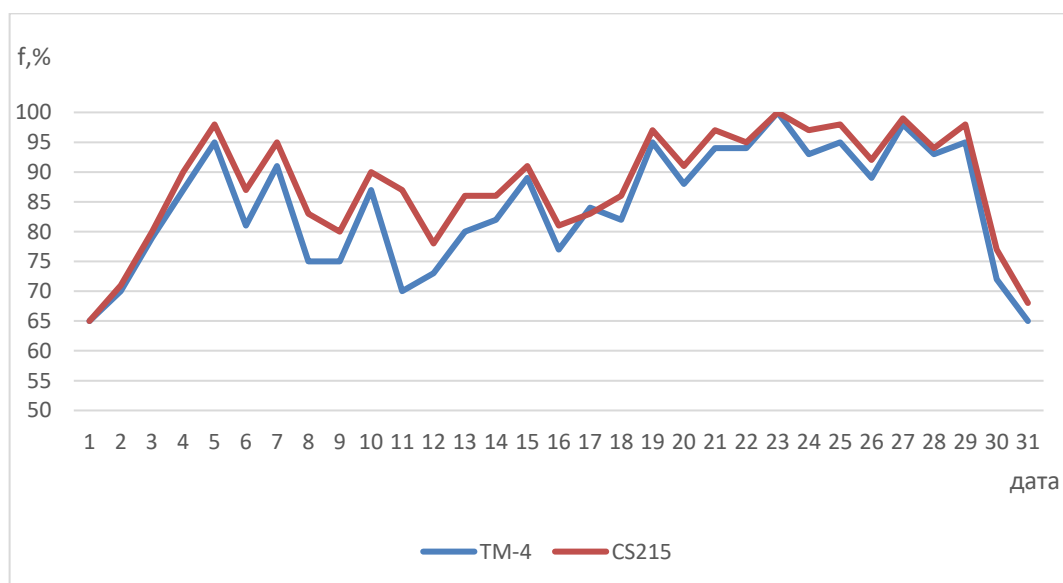


Рис. 3.2. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Жовтень

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить 3-5%. Більші відхилення спостерігались 8 та 11 числа.

Результати спостережень у листопаді за вологістю повітря представленні в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Листопад

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	64	71	72	83	81	91	91	95	95	93	93	100	91	84	85	90
CS215	69	74	76	85	84	94	94	97	97	95	95	100	94	90	91	94
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	95	92	91	92	73	68	69	73	82	92	97	94	98	98		
CS215	98	96	94	95	80	78	78	81	87	94	99	97	100	100		

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

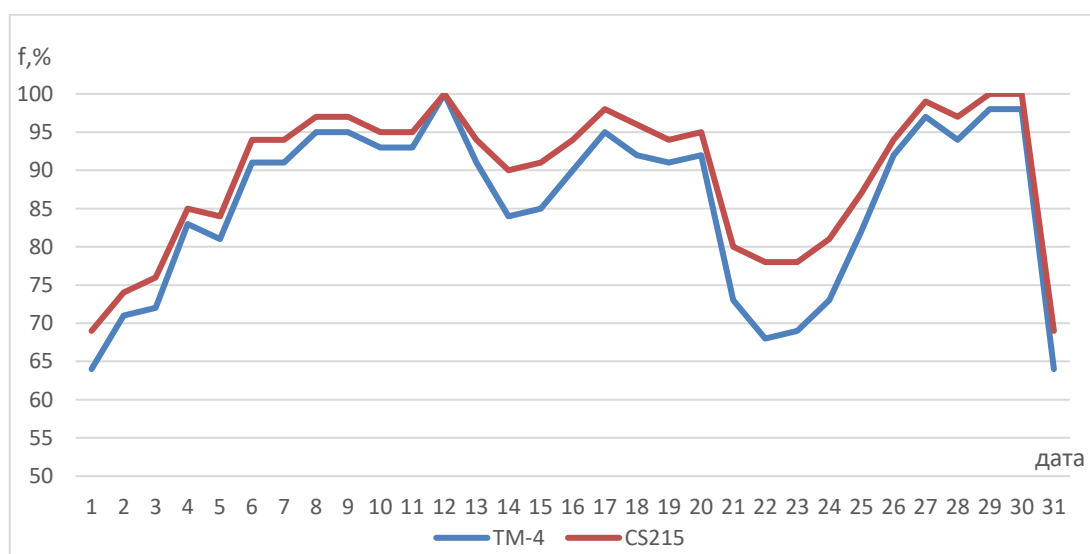


Рис. 3.3. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Листопад

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить 2-5%. Більші відхилення спостерігались 14 та 22 числа.

Результати спостережень у грудні за вологістю повітря представленні в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Грудень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	81	82	85	77	80	90	91	92	97	100	100	100	95	98	91	92
CS215	88	85	92	83	84	94	94	96	98	100	100	100	98	100	96	97
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	96	92	93	93	92	92	85	96	98	94	88	91	89	89	83	
CS215	98	96	96	97	96	96	91	99	100	99	94	96	96	94	91	

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

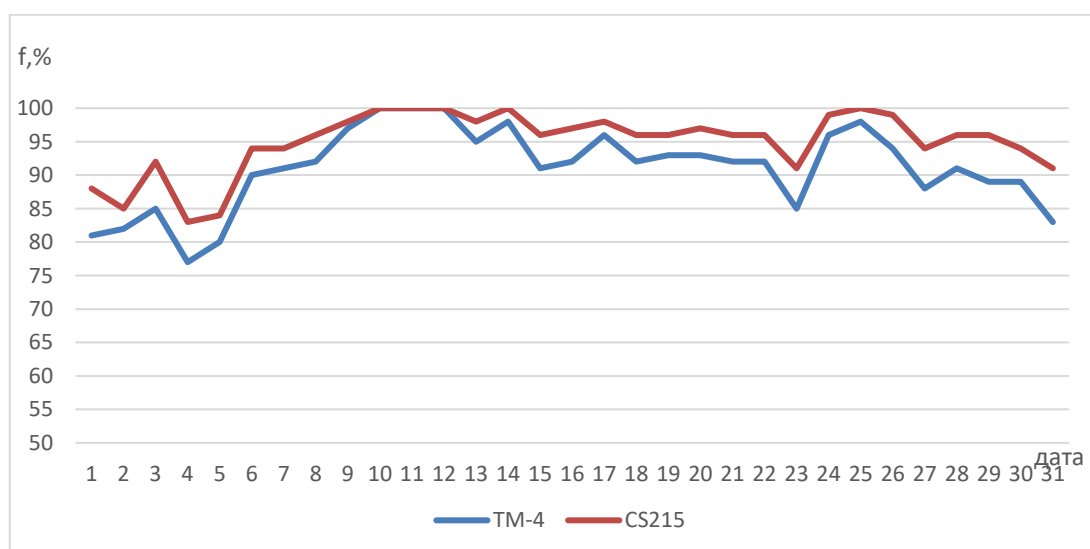


Рис. 3.4. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Грудень

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить 5%. Більші відхилення спостерігались 3,4, 15, 22, 26 та 29 числа.

Результати спостережень у січні за вологістю повітря представленні в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Січень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	81	80	90	92	95	85	77	79	85	89	86	75	89	86	88	93
CS215	87	87	94	96	98	92	85	85	90	93	91	84	92	92	92	97
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	94	96	93	94	76	60	66	73	75	73	90	97	96	80	77	
CS215	97	99	98	98	85	72	73	79	79	79	93	99	98	86	83	

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

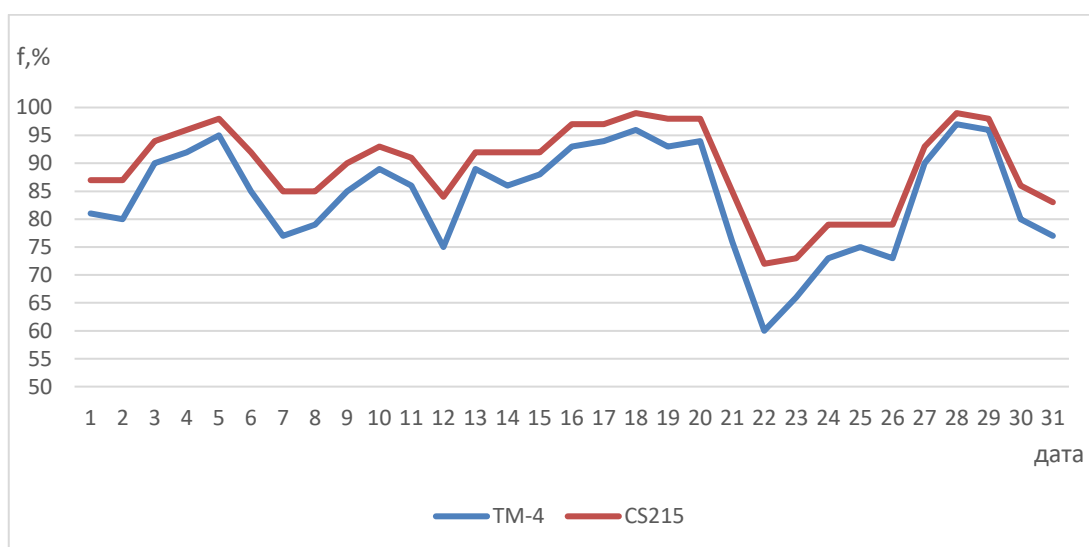


Рис. 3.5. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Січень

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить 3-4%. Більші відхилення спостерігались 12, 22 та 26 числа.

Результати спостережень у лютому за вологістю повітря представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Лютий

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	89	84	92	83	94	89	80	78	75	82	93	76	73	74	81	78
CS215	92	88	94	89	98	95	91	87	83	87	97	85	82	81	88	83
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	78	87	85	90	79	78	83	81	71	80	86	77	72			
CS215	83	93	92	94	86	85	89	87	76	85	88	84	78			

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

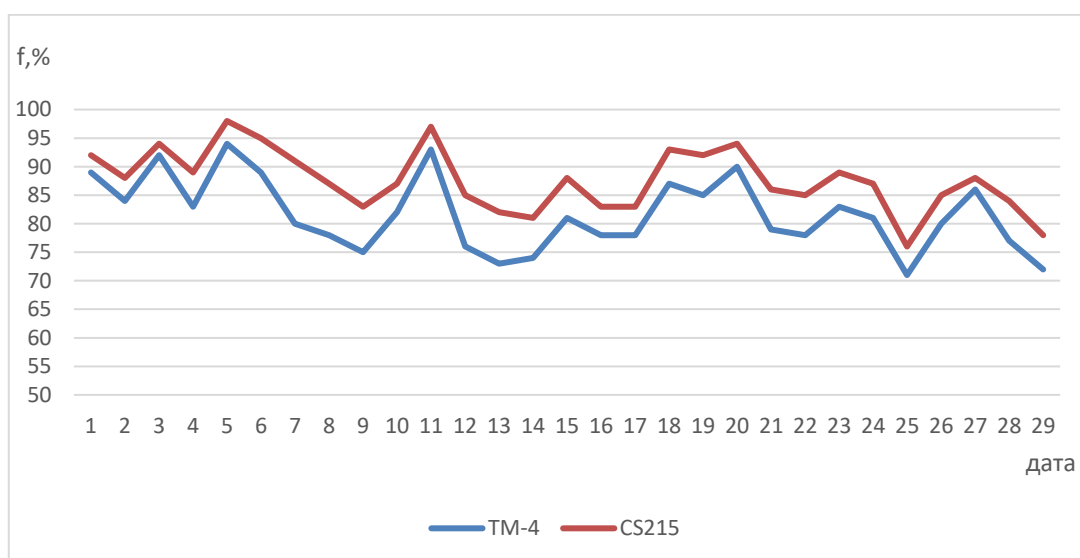


Рис. 3.6. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Лютий

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить 3-4%. Більші відхилення спостерігались 6-9, 11-12, 21 та 29 числа.

Результати спостережень у березні за вологістю повітря представлені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Березень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	66	76	81	63	67	72	83	72	65	68	78	67	65	66	52	54
CS215	70	81	85	67	69	74	86	76	68	71	80	70	67	69	53	50
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	57	62	58	62	62	90	72	55	55	53	43	46	71	67	64	
CS215	56	59	56	61	61	91	76	62	59	56	42	45	72	69	65	

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

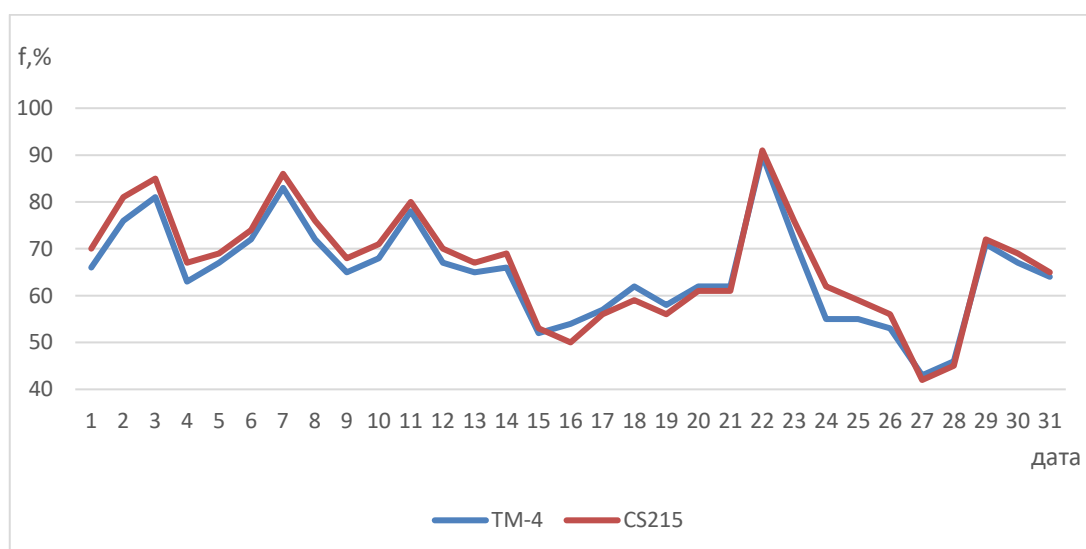


Рис. 3.7. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Березень

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить 3-4%. Більші відхилення спостерігались 2-3, 16 та 24 числа.

Результати спостережень у квітні за вологістю повітря представленні в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Отримані результати вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Квітень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	58	51	49	64	42	38	40	52	57	53	55	48	59	65	59	49
CS215	55	45	45	65	41	34	38	51	57	54	52	42	60	72	66	53
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	56	67	48	46	50	46	49	51	57	59	42	51	55	58		
CS215	59	71	52	47	50	47	50	53	60	64	43	53	59	64		

За отриманими результатами вологості повітря було побудовано графік середньодобової вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215.

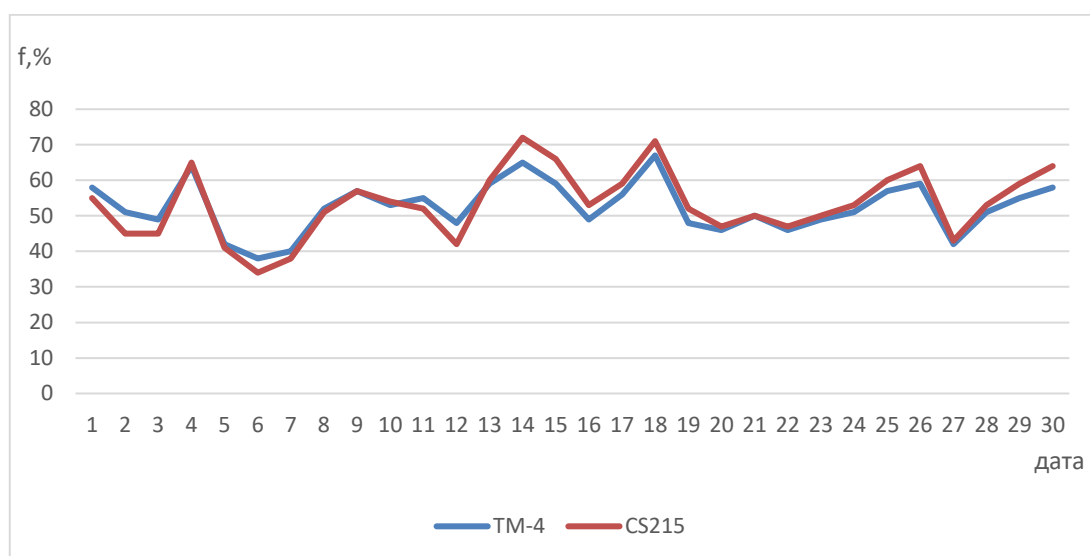


Рис. 3.8. – Графік вимірювання вологості повітря штатним приладом та датчиком CS215. Квітень

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить 2-3%. Більші відхилення спостерігались 2, 14, 15, 25, 30 числа.

Різниця між показаннями штатного гігрометра для вимірювання вологості повітря та нового датчика CS215 пов'язана з кількістю проведених вимірів, так дані з штатного приладу знімаються один раз в строк спостережень, а датчика CS215 проводить вимірювання кожену секунду після чого реєстратором даних станції проводяться автоматичні операції зведення даних до середнього значення за 3 години спостережень. Різниця між досліджуваними приладами збільшується в зимовий період і істотно зменшується при зростанні середньодобової температури повітря.

3.2. Порівняння вимірювань датчика CS119 з штатними приладами для вимірювання температури повітря

Результати спостережень представлені в наступних таблицях зведених з інтервалом в один місяць. Спостереження представлені з середини вересня 2019 року до травня 2020 року.

Результати спостережень у вересні за температурою повітря представлені в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Вересень

Дата	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ТМ-4	21,6	16,8	18,2	18,8	17,6	13,8	10,6	9,2	15,6	17,2	13,7	13,4	12,9	12,7	15,1	15,2	17,4
CS109	21,8	16,8	18,1	18,7	17,4	13,9	10,8	9,2	15,7	17,1	13,7	13,3	12,9	12,7	15,1	15,2	17,5

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS119.

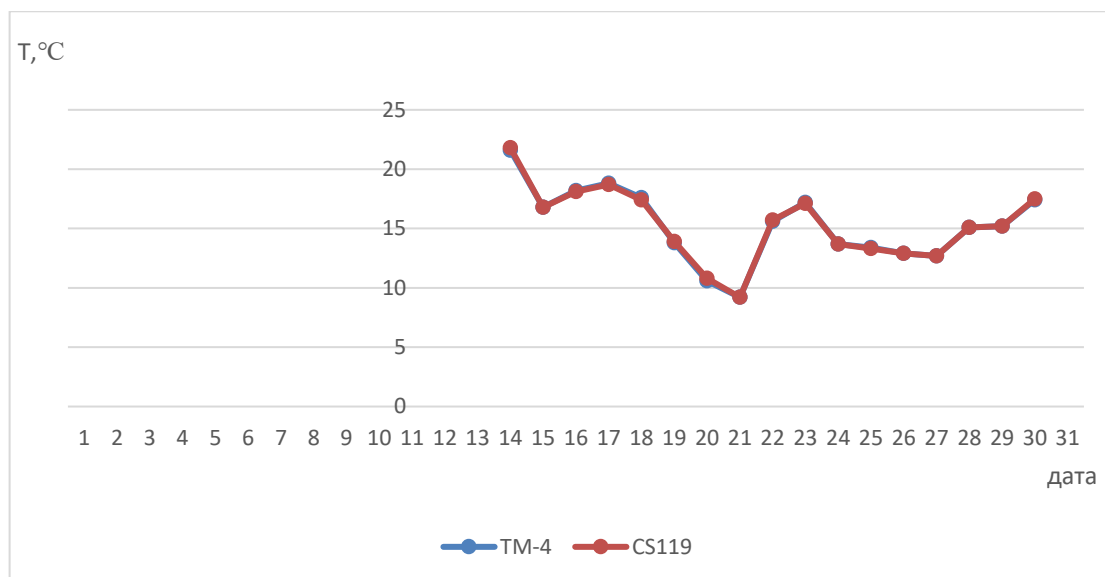


Рис. 3.9. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Вересень

За отриманими результатами температури повітря видно, що різниця результатів вимірювання становить від 0,0 до 0,2 °С.

Результати спостережень у жовтні за температурою повітря представленні в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Жовтень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TM-4	17,7	15,4	16,6	16,9	10,7	10,1	7,8	4,1	9,1	13,9	14,1	12,3	15,2	14	12,4	14,3
CS215	17,5	15,4	16,6	16,9	10,8	10,1	7,8	4,1	9,1	14	14,1	12,2	15,3	13,9	12,3	14,3
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
TM-4	14,9	14	12,6	12,8	11,4	11,2	9,7	10,3	10,1	9,3	7,4	10,7	8,9	7,5	3,0	
CS215	14,8	13,9	12,7	12,8	11,4	11,2	9,8	10,3	10,2	9,3	7,6	10,7	9,0	7,6	3,0	

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS119.

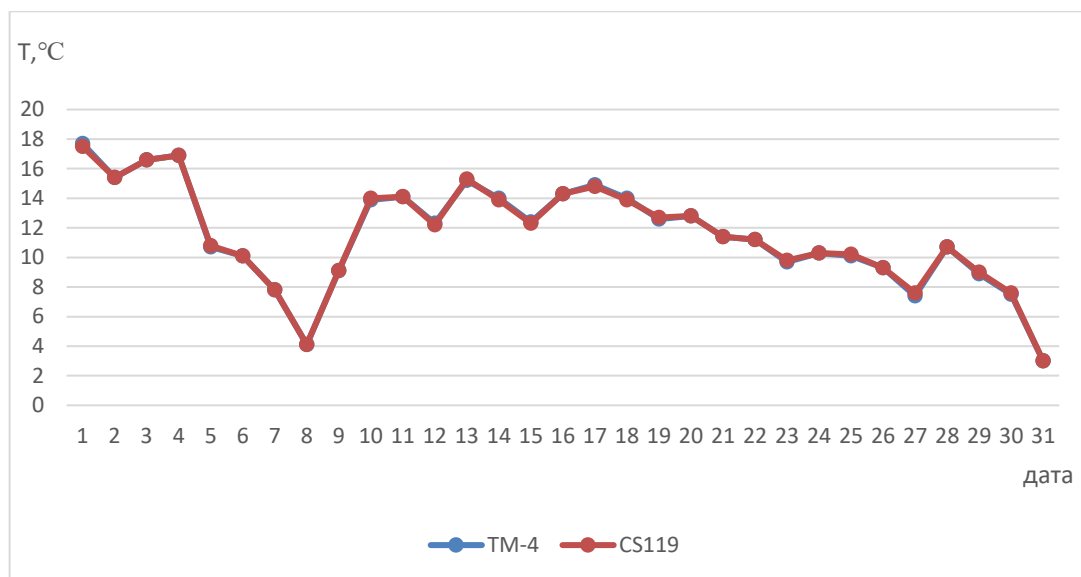


Рис. 3.10. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Жовтень

За отриманими результатами температури повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить від 0,0 до 0,3 °C.

Результати спостережень у листопаді за температурою повітря представленні в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Листопад

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	0,9	2,8	8	13,6	16,8	15,2	16,5	15,3	12,9	11,3	12,4	10,1	10,3	9,2	9	7,3
CS215	1,1	2,9	8,1	13,7	16,7	15,3	16,6	15,3	13	11,3	12,4	10,2	10,3	9,2	9	7,6
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	4,2	6,3	6,3	5	1,8	-3,8	-1,9	-1,6	0,3	0,7	2,5	3,9	10	6,5	0,9	
CS215	4,3	6,4	6,3	5,1	1,8	-3,7	-1,8	-1,5	0,3	0,7	2,5	3,8	10	6,5	1,1	

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS119.

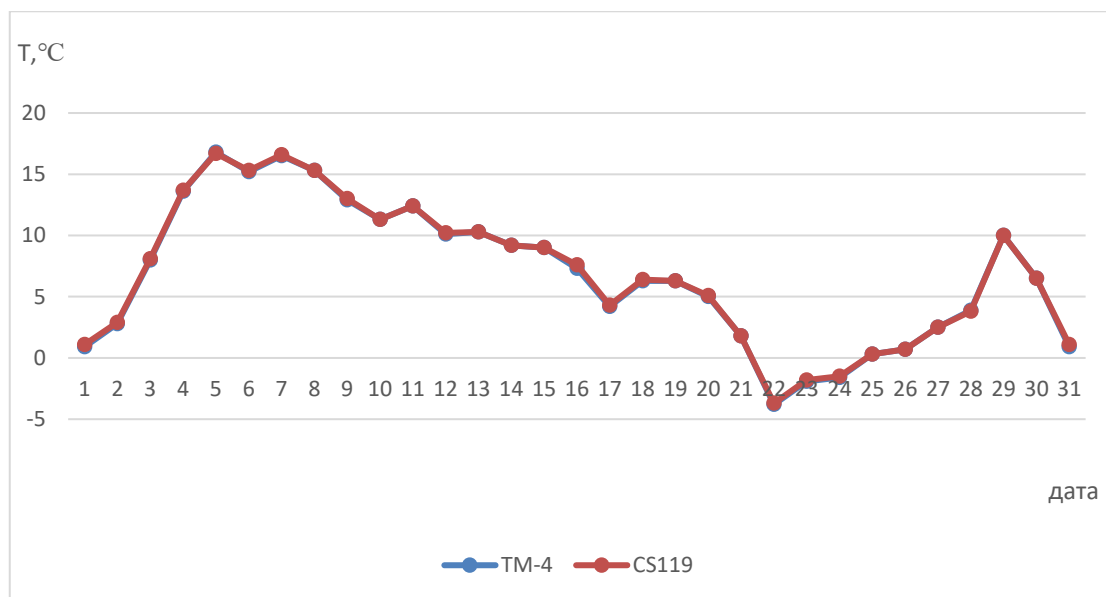


Рис. 3.11. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Листопад

За отриманими результатами температури повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить від 0,0 до 0,3 °C.

Результати спостережень у грудні за температури повітря представлені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Грудень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	2,4	-0,4	1,7	-0,6	-0,6	2,5	6,4	4,5	2	2	1,7	1,3	0,9	5,1	6,4	7
CS215	2,3	-0,4	1,7	-0,6	-0,5	2,5	6,5	4,6	2,2	2	1,7	1,3	1	5,1	6,5	6,9
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	8,2	9,3	6,4	5,3	9,6	11,9	11,2	7,9	6,2	5,9	4,4	2	2,2	0,4	1,2	
CS215	8,3	9,4	6,6	5,3	9,7	11,9	11,2	7,9	6,2	5,9	4,5	2	2,3	0,4	1,3	

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS119.

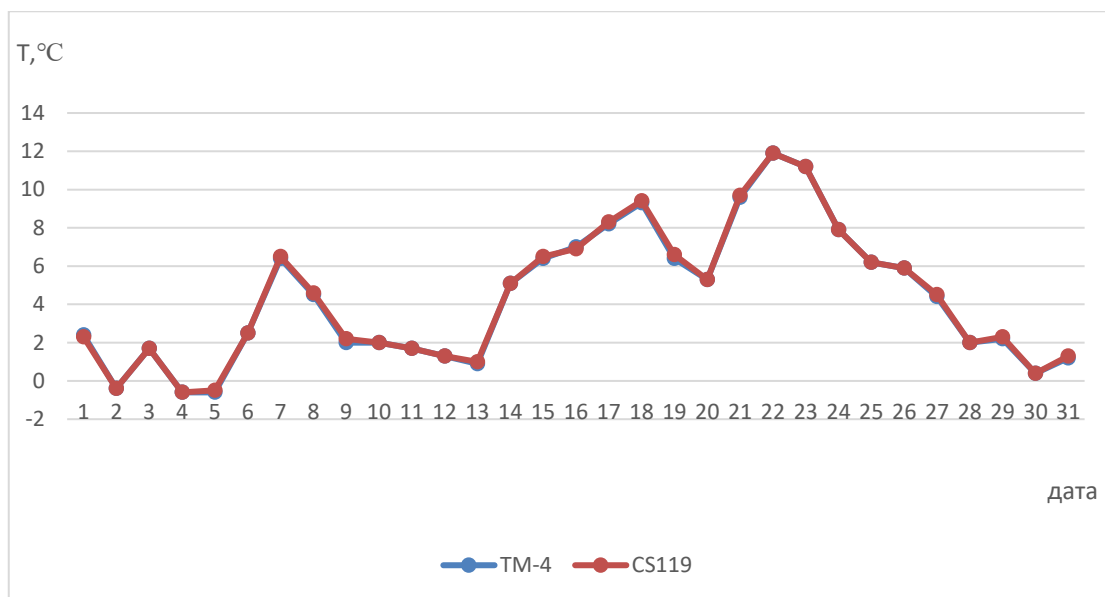


Рис. 3.12. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Грудень

За отриманими результатами температури повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить від 0,0 до 0,3 °C.

Результати спостережень у січні за температурою повітря представлені в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Січень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	3,3	-0,1	-0,3	0,2	2,1	1,0	-1,7	-3,6	-3,1	0,8	4	2,2	1,1	2,0	0,8	-1,5
CS215	3,4	0	-0,3	0,2	2,1	1,0	-1,7	-3,6	-3,1	0,8	4,1	2,2	1,1	2,0	1,0	-1,4
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	-0,6	-0,5	-1,7	-2,4	1,3	3,4	2,0	0,5	2,7	1,2	-0,7	3,7	5,5	3,4	3,4	
CS215	-0,5	-0,5	-1,7	-2,3	1,3	3,4	2,1	0,6	2,7	1,2	-0,8	3,7	5,6	3,5	3,5	

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS119.

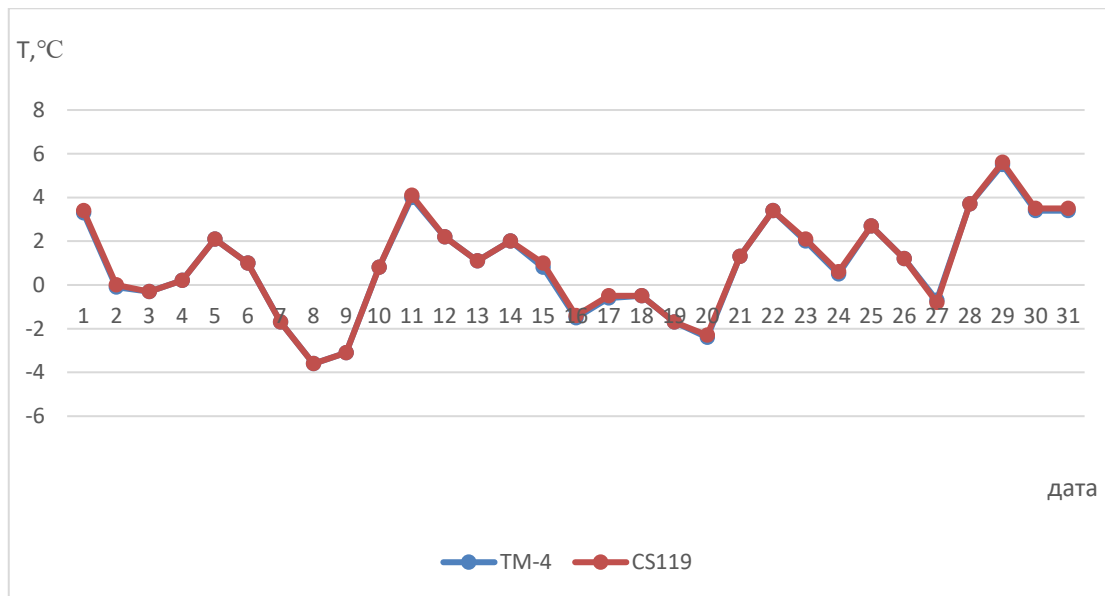


Рис. 3.13. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Січень

За отриманими результатами температури повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить від 0,0 до 0,1 °С.

Результати спостережень у лютому за температурою повітря представлені в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Лютий

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TM-4	5,4	8	6,5	2,8	5,7	-1,4	-3,9	-7,5	-7,8	-5	3,2	3,8	2,3	2,9	3,4	1,9
CS215	5,5	8,1	6,6	2,8	5,7	-1,3	-4	-7,6	-7,7	-5	3,3	3,8	2,4	2,8	3,4	1,9
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
TM-4	2,5	4,0	6,2	2,6	2,1	2,6	3,3	5,8	4,3	7,2	9,1	4,5	4,2			
CS215	2,5	3,9	6,3	2,7	2,1	2,6	3,3	5,9	4,2	7,3	9,1	4,5	4,2			

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS215.

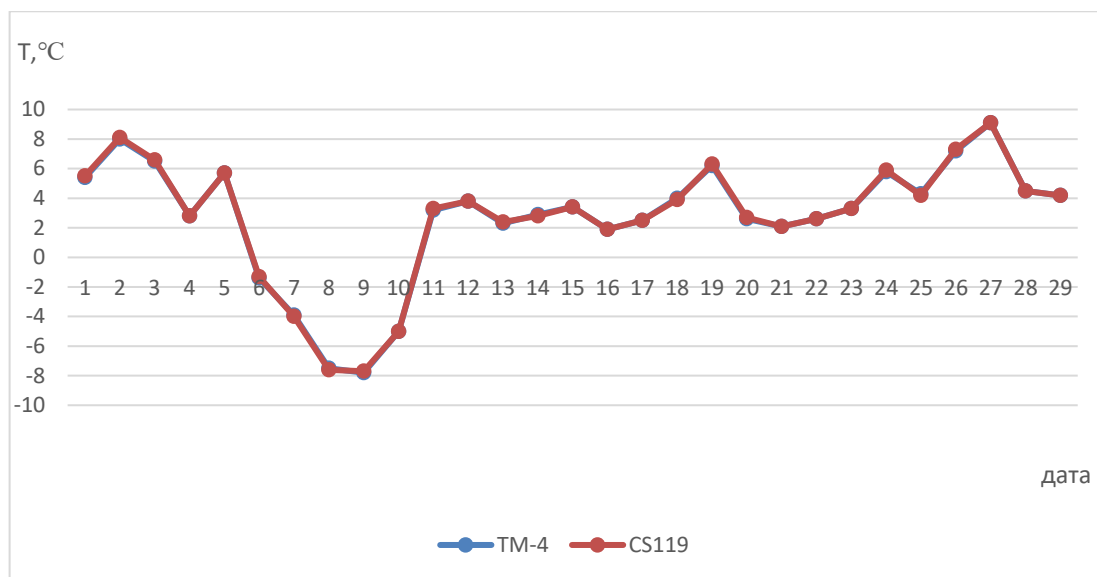


Рис. 3.14. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Лютий

За отриманими результатами вологості повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить від 0,0 до 0,1 °C.

Результати спостережень у березні за температури повітря представленні в табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Березень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	4,0	5,5	9,3	12,9	11,2	10,9	9,9	11	13,3	12,5	10,4	10,5	11,3	9	2,8	0,3
CS215	4,2	5,5	9,4	12,9	11,2	10,9	10,0	11	13,3	12,5	10,3	10,5	11,3	9	2,8	0,4
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ТМ-4	2,9	3,5	5,5	9,2	7,6	5,7	1,9	0,8	2,6	7,2	10,2	10,4	8,4	12,0	4,0	
CS215	3,0	3,5	5,5	9,2	7,6	5,7	1,9	0,9	2,6	7,2	10,3	10,5	8,5	12,1	4,1	

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS119.

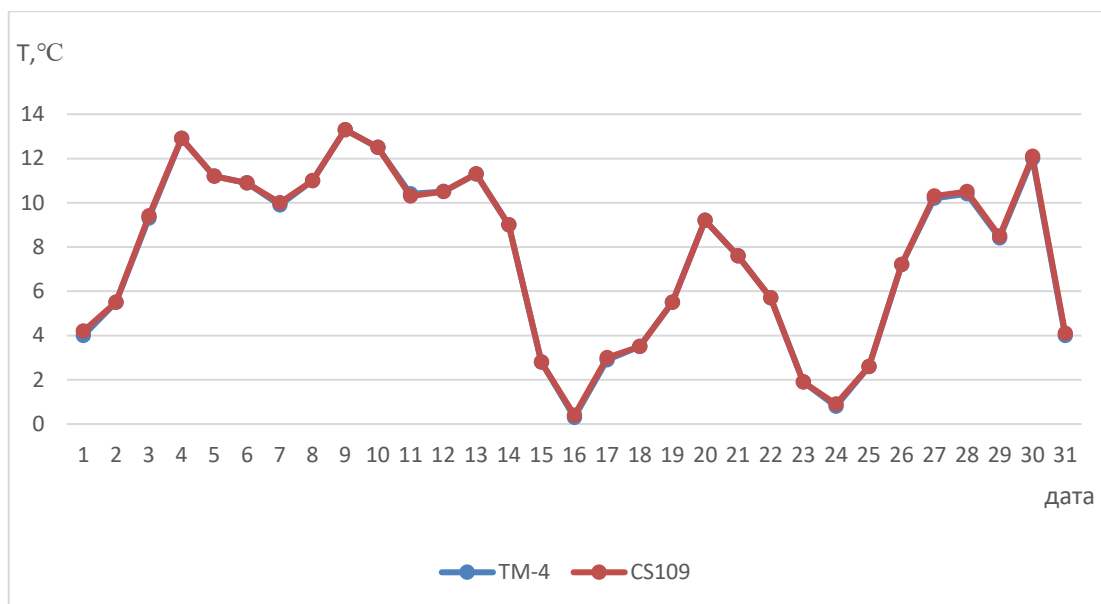


Рис. 3.15. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Березень

За отриманими результатами температури повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить від 0,0 до 0,2 °С.

Результати спостережень у квітні за температурою повітря представленні в табл. 3.16.

Таблиця 3.16 – Отримані результати вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Квітень

Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ТМ-4	1,4	4,6	6,1	8,2	8,9	7,3	9,3	8,9	11,1	13,2	8,7	7,9	8,4	11,6	6,8	10,4
CS215	1,5	4,6	6,1	8,3	8,8	7,3	9,2	9	11	13,3	8,7	8	8,5	11,6	6,7	10,4
Дата	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
ТМ-4	13,8	10,5	12,3	10,8	6,5	7,9	11,7	13	12	11,8	10,7	12,9	12,2	14,4		
CS215	13,8	10,6	12,1	10,8	6,7	7,9	11,7	13	12,1	11,9	11	12,9	12,3	14,3		

За отриманими результатами температури повітря було побудовано графік середньодобової температури повітря штатним приладом та датчиком CS119.

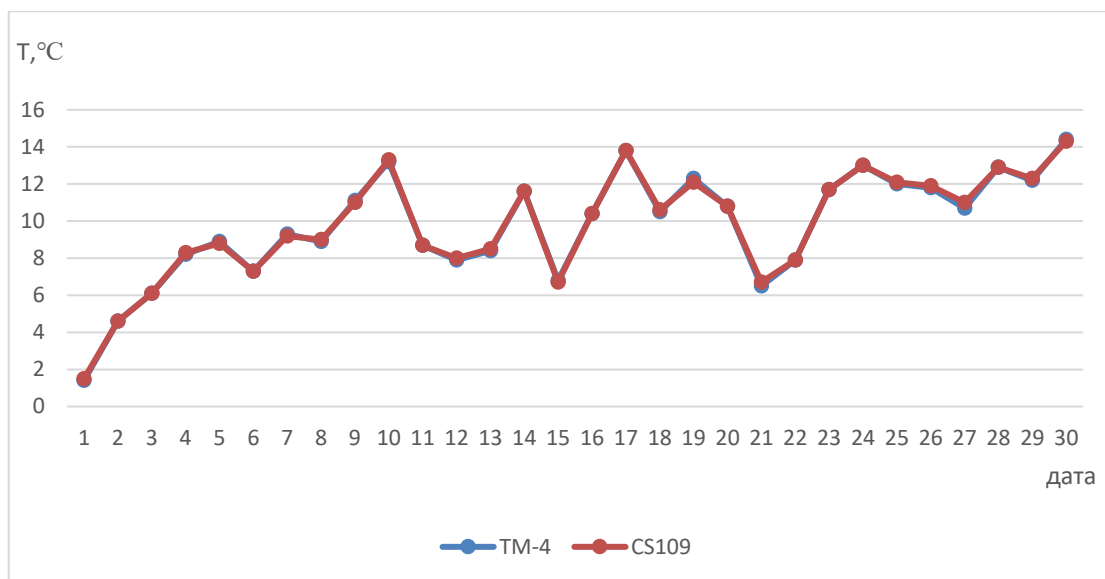


Рис. 3.16. – Графік вимірювання температури повітря штатним приладом та датчиком CS119. Квітень

За отриманими результатами температури повітря видно, що середня різниця результатів вимірювань становить від 0,0 до 0,1 $^\circ\text{C}$.

Різниця між показаннями штатного приладу для вимірювання температури повітря та нового датчика CS119 також пов'язана з кількістю проведених вимірів, так дані з штатного приладу знімаються один раз в строк спостережень, а датчика CS119 проводить вимірювання кожну секунду після чого реєстратором даних станції проводяться автоматичні операції зведення даних до середнього значення за 3 години спостережень.

4 ЕКОНОМІЧНА ВИГІДНІСТЬ АВТОМАТИЧНИХ СТАНЦІЙ

Розрахункова ціна сучасної метеорологічної станції Campbell Scientific знаходиться на рівні 7000-15000\$ в залежності від комплектації, умов використання та системами зв'язку [4]. В той же час лише 1 вітряний прилад Марк коштує більше 10 000\$, за даними публічних закупівель Prozoro.

За нашими підрахунками приблизна вартість агрометеорологічної станції Херсон №33902 доходить до 70 000\$ у сучасному еквіваленті, але придбати її компоненти неможливо. З 70 000\$ приблизно 30% - це прилади та 70% - це матеріальне забезпечення. В Україні заробітні плати техніка метеоролога дуже низькі, але навіть з низькими зарплатами отримуються великі витрати.

Для прикладу давайте порівняємо витрати сучасної метеорологічної станції Campbell Scientific та витрати на агрометеорологічну станцію Херсон №33902.

Таблиця 4.1 – Витрати на метеорологічних станціях

Станція CampbellScientific	Агрометеорологічна станція Херсон №33902
1.Витрати на придбання обладнання	1.Витрати на придбання обладнання
15 000(\$)	60 000(\$)
2.Витрати на обслуговування 1 рік	2.Витрати на обслуговування 1 рік
2.1 Витрати на замітники	2.1 Витрати на замітники

200(\$)	300(\$)
Станція CampbellScientific	Агrometeorологічна станція Херсон №33902
2.2 Витрати на спостереження	2.2 Витрати на спостереження
138(\$) + 10(\$)	8800(\$) + 556(\$) + 100(\$)
3.Загальні витрати в 1 рік	3.Загальні витрати в перший рік
15348(\$)	69 756(\$)
4.Витрати за наступний рік	4.Витрати за наступний рік
348(\$)	9456(\$)

В пункті 1 табл. 4.1 вказана приблизна вартість обладнання. В пункті 2.1 табл. 1 приведенні витрати на замінники. В пункті 2.2 табл. 1 приведенні витрати на заробітну плату, електроенергію, інтернет, згідно даних херсонського центру з гідрометеорології. Розберемо більш детально порівняння обох станцій.

Витрати на придбання сучасної метеорологічної станції Campbell Scientific знаходяться в межах 15000\$, якщо робити повне порівняння по датчикам.

Агrometeorологічна станція Херсон №33902 коштує приблизно 60000\$, на жаль неможливо точно прорахувати, бо деякі прилади вже давно не продаються. Також ми маємо проблему з тим, що метеорологічні станції, якими оснащена Україна в даний момент, використовують прилади радянського зразку, такі прилади виготовляються лише на території Росії, що робить неможливим придбання приладів в наш час.

Витрати на обслуговування 1 рік.

Витрати на обслуговування метеорологічної станції складаються з 2 частин: замінників та витрат на електроенергію, інтернет, заробітну плату та інше.

Витрати на замінники для сучасної метеорологічної станції Campbell Scientific складаються з того, що кожен рік для забезпечення найвищої якості вимірювання потрібно робити заміну чипу датчику вимірювання вологості повітря, це коштує приблизно 200\$.

Витрати на замінники для агрометеорологічної станції Херсон №33902 відсутні. Але прилади треба постійно відправляти на перевірки, що коштує значно більше. Для прикладу використали суму 300\$, за даними херсонського центру з гідрометеорології.

Витрати на спостереження.

Витрати на спостереження сучасної метеорологічної станції Campbell Scientific складаються з 2 частин.

1 частина – це витрати на електроенергію, яку вживає сервер для роботи.

Дуже важливо розуміти те, що потрібен лише 1 сервер для 100-200 станцій так, що цими затратами можливо знехтувати для великої мережі. Так як ми розглядаємо лише 1 станцію, то витрати на сервер на рік в нас приблизно такі: 138\$.

2 частина – це 10\$ - витрати на мобільний інтернет для передачі інформації на сервер з будь-якої частини країни.

Витрати на спостереження [10] агрометеорологічної станції Херсон №33902 складаються з 3 частин.

1 частина – та найбільш витратна частина – це заробітна плата. В Україні заробітна плата дуже низька, але навіть низька заробітна плата робить великі витрати на утримання 1 метеорологічної станції. На метеорологічній станції працюють в середньому 5 чоловік. Заробітна плата

техніка метеоролога на сьогодні складає 3700 гривень з чого отримаємо 18500 гривень та 8800\$ на рік, за даними 2019 року.

2 частина – це електроенергія агрометеорологічна станція Херсон №33902 в середньому за рік споживає 2 кВт електроенергії на годину, з чого маємо 556\$ на рік, за даними 2019 року.

3 частина витрат – це інтернет. Інтернет зазвичай коштує 200 гривень на місяць що приблизно дорівнює 100\$ на рік.

Сумарні витрати на спостереження агрометеорологічної станції Херсон №33902 складають:

$$8800\$ + 556\$ + 100\$ = 9456\$ \quad (4.1)$$

Загальні витрати в 1 рік.

Загальні витрати сучасної метеорологічної станції Campbell Scientific на 1 рік при придбанні станції дорівнюють 15348\$.

Загальні витрати агрометеорологічної станції Херсон №33902 на 1 рік при придбанні обладнання дорівнюють 69 756\$.

Витрати за наступний рік.

Загальні витрати на кожен наступний рік для сучасної метеорологічної станції Campbell Scientific не перевищує 348\$.

Загальні витрати на кожен наступний рік для агрометеорологічної станції Херсон №33902 в середньому дорівнюють 9456\$, згідно проведених розрахунків в пункті «Витрати на спостереження» ст. 28-29.

ВИСНОВКИ

Паралельні спостереження, які проводились на агрометеорологічній станції Херсон №33902 з порівнянням штатних приладів для вимірювання температури повітря та датчиків CS215 і CS119.

1. Різниця між показаннями штатних приладів для вимірювання вологості та температури повітря та нових вище вказаних датчиків не значна між значенням температури повітря і є в межах допустимих відхилень, як штатного так і нового датчику CS119.

2. Різниця між показаннями у вологості повітря в середньому знаходиться в межах допустимої. Більш значна різниця спостерігається в окремі дні і спостерігається при досить різкій зміні температури повітря, а також пов'язана з кількістю проведених вимірів, так дані з штатного приладу знімаються один раз в строк спостережень, а датчик для вимірювання вологості повітря CS215 проводить вимірювання кожну секунду після чого реєстратором даних станції проводяться автоматичні операції зведення даних до середнього значення за 3 години спостережень.

3. Покращити точність вимірювання в основному можна за рахунок програмного забезпечення, що дає можливість привести вимірювання датчиків за кожну секунду до норм Українського Гідрометеорологічного центру.

4. Економічна вигідність використання автоматичного обладнання полягає у зменшенні витрат на обслуговування метеорологічних станцій, зважаючи на те, що метеорологічна станція Campbell Scientific витрачає 348\$ на рік, а агрометеорологічної станції Херсон №33902 на 1 рік становить 9456\$. Нові технології в гідрометеорології не потребують людської роботи, що робить їх більш дешевими та більш надійними.

Таким чином можна більш точно виміряти значення температури повітря та вологості повітря.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смирнов М. И., История развития синоптической метеорологии, 2016 г.
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, 4 изд., в. 3, Л., 1969.И. В. Кравченко.
3. Интернет-джерело: <https://www.vaisala.com/ru/lp>
4. Интернет-джерело: <https://data-lufft.com/p7026097-v200a-umb-datchik.html>
5. Интернет-джерело: <https://www.campbellsci.com/03002-wind-sentry>
6. Campbell Scientific, Inc., Meteorological and climatic equipment, 2014.
7. Интернет-джерело: https://studopedia.com.ua/1_161108_klimatichna-harakteristika-zoni.html
8. Школьный, С. П., *Фізика атмосфери: підручник*. КНТ, Київ, 2005.
9. Ходжаева Г. К. Метеорологические методы и приборы наблюдений: учебное пособие, ИНГУ., 2013 г.
10. Савицька Г. В., Аналіз господарської діяльності підприємства: ИНФРА-М., 2007 р.