

УДК 551.508+53.082

І.В. Герасименко, В.І. Латенко, І.А. Орнатський, С.О. Філь**КАЛІБРУВАННЯ ДАТЧИКА ТРИВАЛОСТІ СОНЯЧНОГО СЯЙВА**

Розглянуто критичний стан актинометричних спостережень на вітчизняних метеостанціях та їхнього оснащення. Запропоновано нову оригінальну методику калібрування сучасного типу датчика тривалості сонячного сяйва, яка дозволяє мінімізувати калібрувальні операції за сонцем, замінюючи їх операціями за штучним джерелом світла.

Ключові слова: тривалість сонячного сяйва, вимірювання, метрологія, актинометр, датчик.

Вступ

Тривалістю сонячного сяйва називають час, коли земна поверхня освітлюється прямими сонячними променями. Вимірювання тривалості сонячного сяйва базується на оцінці величини енергетичної освітленості прямим сонячним світлом, тобто є різновидом актинометричних вимірювань.

Теперішній стан актинометричних спостережень на вітчизняних метеостанціях можна охарактеризувати не інакше, як катастрофічний: усі діючі вимірювачі актинометричних величин на метеостанціях України можна перелічити на пальцях. Метрологічна база актинометричних приладів також у занепаді.

Відновлення вітчизняної системи актинометричних спостережень потребує багато галузей господарства, у яких використовують результати цих спостережень. Вирішенню цієї проблеми сприяє достатня кількість пропозицій щодо вимірювачів тривалості сонячного сяйва з боку вітчизняних та зарубіжних виробників. Проте застаріла метрологічна база актинометричних вимірювань часто стає на заваді правильного вибору серед різноманіття дешевих приладів. За цих умов розроблення методик калібрування актинометричних вимірювачів на наявній вітчизняній метрологічній базі постає актуальним завданням, вирішення якого заздалегідь передбачає практичне застосування його результатів.

Аналіз стану досліджень

Існує велика кількість публікацій, включно з матеріалами Всесвітньої Метеорологічної Організації, які присвячені дослідженням сонячного випромінення та його властивостей [1, 2]. Методики калібрування актинометричних приладів, що побудовані на принципі одночасних порівнянь із зразковими вимірювальними приладами, є загальновідомими.

Поза увагою дослідників залишається методика калібрування сучасного датчика тривалості сонячного сяйва без унікальних зразкових приладів, яку можна було б застосовувати для калібрування та періодичної перевірки великої кількості датчиків.

Мета дослідження

Метою дослідження є розробка таких принципів калібрування датчика тривалості сонячного сяйва, які можна застосовувати для масового калібрування та перевірки датчиків на наявній вітчизняній метрологічній базі.

Виклад основного матеріалу

За принципом дії вимірювач тривалості сонячного сяйва має розрізняти інтервали часу, коли на земну поверхню в певному місці потрапляє або не потрапляє пряма сонячна радіація. Сума перших інтервалів часу впродовж години, доби або за більші терміни і є параметром тривалості сонячного сяйва.

До останніх років спостереження за тривалістю сонячного сяйва на вітчизняних метеостанціях проводилися за допомогою регістратора Кемпбела – Стокса [3], що працює за принципом пропалювання сонцем паперової стрічки через випалювальну лінзу. На паперову стрічку наносяться поділки, які мають відповідати часу проходження сфокусованого сонячного променя вздовж стрічки. Сумарна довжина пропалених треків на стрічці перераховується в тривалість сонячного сяйва відповідно до нанесених на стрічку рисок.

На точність таких вимірювань впливали не тільки майстерність виконавців ручного вимірювання довжини треків, але й цілком об'єктивні чинники (від температури або вологості повітря до якості самої стрічки). Тому для забезпечення принципу єдності вимірів Всесвітня Метеороло-

гічна Організація (ВМО) рекомендувала прийняти значення енергетичної освітленості прямим сонячним світлом у 120 Вт/м^2 за єдине порогове значення наявності сонячного сьйва [1]. Також було встановлено рекомендований допустимий розкид значень порогу $\pm 20 \%$ для вимірювачів тривалості сонячного сьйва.

На пороговому значенні енергетичної освітленості в 120 Вт/м^2 (ПЕО) побудовано метрологічне забезпечення всіх сучасних вимірювачів тривалості сонячного сьйва (ТСС). Точність вимірювання власне інтервалів часу для вимірювачів ТСС не було регламентовано з боку ВМО. Надалі вважатимемо, що для вимірювання інтервалів часу буде цілком достатньо точності мікропроцесорних систем або комп'ютерів. У такому разі датчик ТСС має калібруватися як пороговий вимірювач енергетичної освітленості прямим сонячним світлом.

Як еталон для калібрування датчика ТСС можна використати термоелектричний актинометр М-3 [4] з максимальною допустимою похибкою $\pm 2,5 \%$, що у 8 разів менша за рекомендовану ВМО допустиму похибку датчика ТСС ($\pm 20 \%$). Такі прилади є у вітчизняних підрозділах метрології та стандартизації в достатній кількості. Якби там були слідкуючі за положенням сонця пристрої, так звані сантрекери, тоді датчик ТСС можна було б калібрувати методом одночасних вимірювань із встановленим на сантрекер актинометром М-3.

Запропонована далі методика калібрування складніша для реалізації, проте дозволяє відкалібрувати датчик ТСС без сантрекера. Методику було розроблено для калібрування датчика тривалості сонячного сьйва ДТСС. Так само вона може бути застосована до датчиків інших типів, які відповідають наступним критеріям.

Методику розраховано на сучасні датчики ТСС, що побудовані на розподілених по напівсфері або по циліндричній поверхні чутливих елементах, зокрема, – на фотодіодах. Також передбачається, що крім вихідного логічного сигналу типу «вище/нижче ПЕО» вимірювач має цифровий вихід виміряного (оціненого) значення енергетичної освітленості, яке можна зіставляти з ПЕО.

Зазвичай для перевірки актинометрів використовують установку для перевірки актинометричних приладів у лабораторних умовах ПО-4 або аналогічні установки на базі джерела світла з регульованою інтенсивністю. Лабораторні установки такого типу придатні для перевірки тільки однотипних за конструкцією та принципом дії приладів, бо не відтворюють усі особливості сонячного

випромінення. Тому для калібрування датчика ТСС з використанням актинометра доведеться виконувати порівняльні вимірювання безпосередньо на сонці в ясний сонячний день.

За відсутності сантрекера інтервали часу, упродовж яких можна виконати порівняльні вимірювання, обмежені кількома хвилинами через кутовий рух сонця небосхилом.

На рис. 1 наведено приклад діаграми направленості сусідніх чутливих елементів датчика ТСС в азимутальній площині. Надалі вважатиметься, що конструкція та алгоритм роботи датчика передбачає таке:

1) У процесі вимірювання чутливий елемент, що в цей момент направлений на сонце, автоматично вибирається за максимальним сигналом поміж чутливих елементів.

2) Максимальне згасання сигналу на перетинах діаграм направленості чутливих елементів значно менше за максимально допустиму похибку датчика.

3) Обидва попередніх припущення діють у трьохвимірному просторі діаграм направленості датчика.

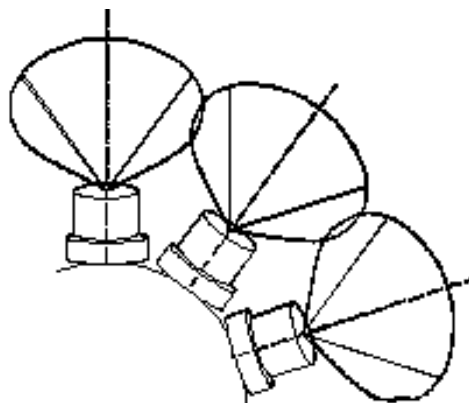


Рис. 1. Діаграми направленості чутливих елементів датчика

Направлений на сонце чутливий елемент сприймає сумарну енергетичну освітленість: пряму освітленість від сонця та фонову. Розміщений діаметрально симетрично чутливий елемент сприймає тільки фонову освітленість. Для виділення прямої сонячної освітленості достатньо виконати операцію віднімання, що й передбачено алгоритмом роботи датчиків:

$$S_{MD} = S_{M\Sigma} - S_{MF}, \quad (1)$$

де S_{MD} – результат вимірювання прямої сонячної енергетичної освітленості; $S_{M\Sigma}$ – виміряне значення сумарної енергетичної освітленості; S_{MF} – виміряне значення фонові енергетичної освітленості.

За прийнятих припущень калібрування датчика можна виконувати поелементно, направляючи на сонце один із чутливих елементів з одночасним затіненням решти.

Для цього треба виготовити прицільний пристрій на базі розтруба від актинометра М-3, оптична вісь якого може по черзі суміщатися з оптичними вісями кожного чутливого елемента датчика з кутовою похибкою не більше ніж $2,5^\circ$. Розтруб актинометра має кут розкриття 5° , тому під час націлювання розтрубу на сонце світло повністю освітить чутливий елемент з допустимим відхиленням від нормалі. Решта чутливих елементів має бути закрита від світла корпусом прицільного пристрою. Прикладом на рис. 2 наведено прицільний пристрій із встановленим на ньому датчиком ДТСС (вироблені Українським гідрометеорологічним інститутом). У процесі вимірювання прицільний пристрій закріплюється розтрубом на штатив від актинометра М-3, датчик приєднується до прицільного пристрою.

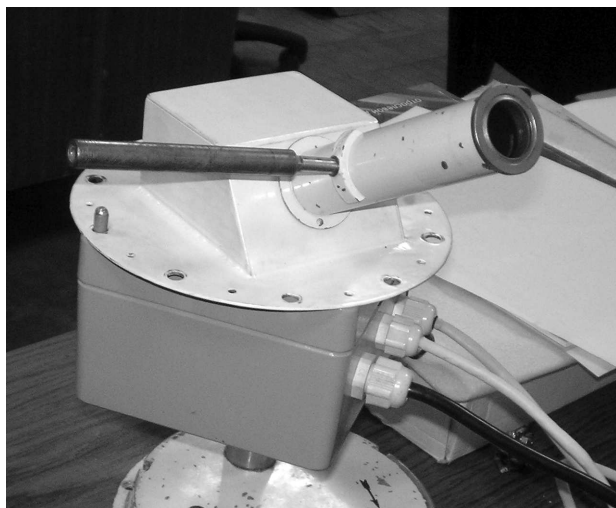


Рис. 2. Датчик ДТСС із встановленим прицільним пристроєм

Через те, що прицільний пристрій та актинометр М-3 мають ідентичні розтруби, їхні чутливі елементи сприйматимуть тотожну енергетичну освітленість під час націлювання на сонце.

Іншою перепорою для виконання калібрування є необхідність вимірювати енергетичну освітленість навколо значення ПЕО (120 Вт/м^2), тоді як у сонячний день енергетична освітленість може сягати 1500 Вт/м^2 . Для подолання цієї перепони треба виготовити 3-5 нейтральних світлофільтрів для надягання на розтруби. Світлофільтрами можуть слугувати сітки різної щільності. Призначення цих світлофільтрів полягає в зменшенні енергетичної освітленості чутливих

елементів до значення ПЕО та нижче без викривлень спектрального складу світла.

Наведена далі методика калібрування складається з паралельних вимірювань за сонцем та за штучним джерелом світла.

Операції калібрування за сонцем

Метою калібрування за сонцем є визначення похибки вимірювання прямої енергетичної освітленості навколо точки ПЕО за допомогою одного з чутливих елементів датчика щодо результату вимірювання еталонним приладом.

На відміну від актинометра, від датчика ТСС не вимагається лінійність характеристики за межами значення ПЕО. Для звуження діапазону калібрування датчика до меж ПЕО застосовуються згадувані раніше нейтральні світлофільтри.

Націлюючи еталонний актинометр на сонце, треба виміряти поточну величину енергетичної освітленості S_0 та розрахувати числове значення співвідношення:

$$k_T = \frac{S_T}{S_0}, \quad (2)$$

де $S_T = 120 \text{ Вт/м}^2$ – порогове значення енергетичної освітленості.

Розраховане значення коефіцієнта k_T дозволяє вибрати два світлофільтри за коефіцієнтом пропускання таким чином, щоби вони забезпечували величину енергетичної освітленості більше та менше ПЕО з відхиленням у межах $\pm 20\% \dots \pm 50\%$ від номінального значення ПЕО. Відповідні коефіцієнти пропускання світлофільтрів мають знаходитися в межах значень:

$$0,5 \cdot k_T < k_L < 0,8 \cdot k_T, \\ 1,2 \cdot k_T < k_H < 1,5 \cdot k_T,$$

де k_L, k_H – коефіцієнти пропускання світлофільтрів для меншої та більшої за ПЕО енергетичної освітленості відповідно.

Паралельні вимірювання за допомогою актинометра та датчика слід виконувати синхронно, щоби уникнути додаткових похибок через рух сонця небосхилом та через нестабільність сонячної активності. Розтруби обох приладів націлюються на сонце за інструкцією до актинометра. Вимірювання датчиком виконуються з надягненими на його розтруб світлофільтрами. Відповідне порівнюване значення енергетичної сонячної активності розраховується за очевидною формулою:

$$S_{Fi} = k_F \cdot S_{0i}, \quad (3)$$

де S_{Fi} – поточне значення енергетичної освітле-

ності з урахуванням світлофільтра; k_F – коефіцієнт пропускання світлофільтра; S_{0i} – вимірне еталонним приладом поточне значення енергетичної освітленості, що приймається за дійсне.

У такому разі похибка вимірювання датчиком матиме вигляд:

$$\Delta S_{Mi} = S_{Mi} - (k_F + \Delta k_F) \cdot S_{0i}, \quad (4)$$

де S_{Mi} – вимірне датчиком із світлофільтром значення енергетичної освітленості; Δk_F – похибка визначення коефіцієнта пропускання світлофільтра.

Надалі вважатимемо, що відносна похибка визначення коефіцієнта пропускання світлофільтра не перевищує відносною похибки еталонного актинометра: у такому разі нею можна знехтувати. Відносна похибка вимірювання для кожного значення енергетичної освітленості може бути записана у вигляді:

$$\delta_{Mi} = \frac{S_{Mi}}{k_F \cdot S_{0i}} - 1. \quad (5)$$

Максимальне значення відносною похибки серед виконаних вимірювань приймається за результуюче значення похибки порівняльного вимірювання за сонцем, позначимо його через δ_s .

Добовий рух сонця небосхилом та суттєва часова нестабільність сонячного випромінення обмежують можливості вимірювань за сонцем:

– заважають виконати вимірювання в максимальному наближенні до точки ПЕО;

– не дають змоги з достатньою точністю оцінити розбіжності між характеристиками перетворювальних каналів окремих чутливих елементів.

Ці обмеження спонукають до застосування стабільного штучного джерела світла для продовження калібрування датчика тривалості сонячного сьйва.

Операції калібрування за штучним джерелом світла

Як джерело світла сонце суттєво відрізняється від будь-якого штучного джерела світла за оптичними властивостями. Сонце можна вважати точковим джерелом світла, що розташоване на нескінченній віддалі. Також сонце має мінливий та дуже широкий спектральний склад. Відтворити ці властивості в штучному джерелі світла неможливо.

Завдання вибору джерела світла спрощується тим, що решта операцій калібрування вміщує відносні вимірювання замість абсолютних. За цих умов джерелом світла можна застосувати власне джерело світла установки ПО-4 або інше

джерело світла з регульованою інтенсивністю, що відповідає таким вимогам:

1) Діапазон регулювання джерела світла має забезпечувати енергетичну освітленість поверхні більше значення ПЕО (120 Вт/м^2) на відстані менше ніж 1 метр, що визначається експериментально шляхом вимірювання датчиком ДТСС із прицільним пристроєм.

2) Допустима нестабільність енергетичної освітленості від джерела не повинна суттєво впливати на результати вимірювань, отже не має перевищувати 2 % (на порядок менше за допустиму похибку датчика).

3) Нерівномірність освітленості по фронту в межах апертури прицільного пристрою визначається так само, як і в попередньому пункті: не більше 2 %.

Наприклад, автори застосовували для калібрування датчика ДТСС лампу і конденсор від діапроектора з матовим склом та з якісним регулятором електричної напруги.

Введемо окреме позначення для величини відносною похибки 2 %, яку тут та надалі вважатимемо незначущою:

$$\delta_0 = 0,002. \quad (6)$$

Оптична вісь прицільного пристрою датчика направляється на джерело світла на невеликій відстані таким чином, щоби джерело світла перекривало апертуру розтрубу. Наведення неважко виконати візуально. Після наведення конструкцію жорстко закріплюють, щоби запобігти зміщенню під час вимірювань. На прицільний пристрій встановлюється датчик, причому націлюється на джерело світла тим самим каналом, що й у процесі вимірювань за сонцем.

Регулюючи потужність джерела світла, треба виставити приблизно таке ж значення енергетичної освітленості вище точки ПЕО, що було під час вимірювань за сонцем із світлофільтром. Значення енергетичної освітленості контролюється відліковим пристроєм самого датчика.

Зауважимо, що через відмінність спектрального складу штучного джерела світла від сонця, отримане від датчика значення енергетичної освітленості може відрізнитися від того, яке могло б бути вимірне еталонним актинометром із чутливістю в ширшому спектральному діапазоні. Проте для виконання операцій калібрування цілком достатньо відтворити значення енергетичної освітленості в межах точки ПЕО для спектрального діапазону датчика.

Далі виконують достатню для усереднення кількість вимірювань (від 10) та розраховують

середнє арифметичне значення й середньоквадратичне відхилення за формулами відповідно:

$$S_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n S_{Mj}, \quad (7)$$

$$\sigma_1 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\sum_1^n |S_{Mj}^2 - S_1^2|}, \quad (8)$$

де S_{Mj} – результат j -го вимірювання; n – кількість вимірювань.

Розраховане для першого каналу значення енергетичної освітленості S_1 приймається за номінальне для порівняння з іншими каналами.

Якщо отримане значення середньоквадратичного відхилення відповідає критерію:

$$\frac{3 \cdot \sigma_1}{S_1} \leq \delta_0, \quad (9)$$

тоді випадкову складову похибки вимірювання можна вважати знехтувально малою. Це дозволяє виконувати одиночні вимірювання для кожного каналу датчика замість усереднення сукупності результатів.

Оцінка похибки розбіжності коефіцієнтів перетворення каналів

Для оцінки похибки розбіжності коефіцієнтів перетворення каналів треба переставити датчик на прицільному пристрою таким чином, щоби націлити на джерело світла наступний чутливий елемент датчика та виконати вимірювання енергетичної освітленості. Позначимо отримане значення S_2 , де індекс 2 відповідає другому за порядком каналу датчика.

Аналогічні вимірювання слід повторити для всіх чутливих елементів (каналів). Отримані значення енергетичної освітленості $S_2 \dots S_m$ порівнюються із значенням S_1 для першого каналу, яке було прийняте за номінальне. Похибки розбіжності коефіцієнтів перетворення каналів розраховують за формулою:

$$\Delta S_i = S_i - S_1, \quad (10)$$

де індекс $i = 2 \dots m$ – номери каналів за порядком.

Максимальне з отриманих значень приймається за результуюче значення похибки розбіжності коефіцієнтів перетворення каналів, позначимо його ΔS_N . Відповідне відносне значення похибки має вигляд:

$$\delta_N = \frac{\Delta S_N}{S_1}. \quad (11)$$

Зауважимо, що для цього етапу калібрування, який включає декілька видів порівняльних вимі-

рювань, важливо максимально скоротити загальний термін вимірювань. Це дозволить уникнути суттєвого впливу на результати вимірювань таких довгострокових дестабілізуючих факторів як відносна довгострокова нестабільність джерела світла, повільні механічні зміщення вимірювальної конструкції та інше.

Оцінка похибки нелінійності

Оцінку похибки нелінійності виконують окремо для кожного каналу датчика за допомогою світлофільтрів. З метою більш точного визначення характеру нелінійності каналів датчика доцільно буде збільшити досліджувану ділянку характеристики датчика. Для цього слід встановити на розтруб прицільного пристрою світлофільтр із максимальним коефіцієнтом пропускання, не змінюючи розташування решти елементів вимірювальної схеми.

Відрегулюємо потужність джерела світла таким чином, щоби виміряне датчиком значення енергетичної освітленості з установленим на прицільний пристрій світлофільтром було наближене до значення S_1 з попередніх етапів калібрування.

Для першого обраного каналу датчика виконується по одному вимірюванню енергетичної освітленості без світлофільтра та з кожним світлофільтром. У ідеалізованому випадку дійсне значення енергетичної освітленості з установленим світлофільтром мало б вигляд:

$$S_{FN} = k_F \cdot S_0, \quad (12)$$

де S_0 – значення енергетичної освітленості без світлофільтра; k_F – коефіцієнт пропускання світлофільтра. Тоді відносну похибку нелінійності каналу для кожної точки характеристики можна записати у вигляді:

$$\delta_F = \frac{S_{MF} - k_F \cdot S_0}{k_F \cdot S_0}, \quad (13)$$

де S_0 – значення енергетичної освітленості без світлофільтра; або інакше:

$$\delta_F = \frac{S_{MF}}{k_F \cdot S_0} - 1. \quad (14)$$

Аналогічні вимірювання повторюються для кожного каналу датчика, причому для різних каналів необов'язково дотримуватися точно однакових значень освітленості від джерела світла. Тобто вимога довгострокової стабільності освітленості обмежується терміном вимірювання одного каналу.

Максимальне з отриманих значень відносної

похибки приймаємо за результуючу відносну похибку нелінійності. Позначимо його через δ_L .

У результаті виконаних вимірювальних процедур було отримано значення трьох складових відносної похибки датчика навколо точки ПЕО:

- похибки вимірювання за сонцем (δ_S);
- похибки розбіжності коефіцієнтів перетворення каналів (δ_N);
- похибки нелінійності (δ_L).

Ці три складові загальної похибки є величинами випадковими, некорельованими та адитивними, тому величину загальної відносної похибки датчика можна оцінити за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_S^2 + \delta_N^2 + \delta_L^2}. \quad (15)$$

Отримане значення загальної похибки датчика справедливе для всіх точок вимірювального діапазону навколо точки ПЕО (120 Вт/м²), а отже й для самої точки ПЕО.

Зауважимо, що отримана формула не враховує нерівномірності діаграми направленості, яка розглядалася раніше та визначається виробником датчика ТСС. З урахуванням цієї складової відповідність датчика паспортним вимогам можна визначати за виконанням умови:

$$\delta_{\Sigma} + \delta_A \leq \alpha \cdot \delta_p, \quad (16)$$

де δ_A – додаткова апаратна похибка нерівномірності діаграми, що визначається виробником; δ_p – максимальна допустима похибка за паспортом приладу; $\alpha = 0,7...1$ – коефіцієнт запасу.

Для завершення калібрування датчика ТСС залишилося тільки впевнитися, що релейний вихід датчика спрацьовує саме за виміряним пороговим значенням ПЕО. Задля цього до релейного виходу датчика підключаємо мультиметр у режимі «Продзвонка», решта устаткування залишається в тому стані, що й під час останніх вимірювань. Котрий з каналів датчика націлений на джерело світла, не має значення.

Потужність джерела світла регулюють таким чином, щоби виміряне датчиком значення з фільтром або без нього становило 117 119 Вт/м² (менше за ПЕО). За відсутністю звукового сигналу мультиметра можна впевнитись, що вихід датчика знаходиться у вимкненому стані.

Якщо тепер повільно та плавно збільшувати

енергетичну освітленість до значення 121 ... 123 Вт/м² (більше за ПЕО), тоді в момент перетину значення ПЕО вихід датчика повинен увімкнутися, про що сповістить звуковий сигнал мультиметра.

Далі треба повільно і плавно зменшити енергетичну освітленість до значення 117 119 Вт/м². У момент зворотнього перетину значення ПЕО датчик повинен вимкнутися, вимкнувши звуковий сигнал мультиметра.

Для певності потрібно повторити перевірку ще один раз, починаючи зі збільшення енергетичної освітленості.

Висновки

Запропонована методика калібрування датчика тривалості сонячного сяйва дозволяє виконати калібрування, використовуючи лише розповсюджений вітчизняний еталонний актинометр та просте обладнання власного виготовлення.

Операції калібрування за сонцем виконуються протягом короткого проміжку часу та не потребують відслідковування конкретних значень прямої енергетичної освітленості.

Калібрувальні операції підвищеної точності проводяться в приміщенні на стенді, займають небагато часу та складаються з простих для виконання операцій.

Дієвість методики підтверджено в процесі метрологічної атестації вітчизняного датчика сонячного сяйва ДТСС.

* *

1. World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Part I. Chapter 8. Measurement of sunshine duration. – WMO-8, 2008, P. 1.8 – 1.8-9.
2. *Стернзат М.С.* Метеорологические методы и приборы наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат. – 1978. – 392 с.
3. *Ходжаева Г.К.* Метеорологические приборы и измерения. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. – 189 с.
4. *Полякова Л.С., Кашарин Д.В.* Метеорология и климатология. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 107 с.

Український гідрометеорологічний інститут, Київ

И.В. Герасименко, В.И. Латенко, И.А. Орнатский,
С.О. Филь

Калибровка датчика продолжительности солнечного сияния

Рассматривается критическое состояние актинометрических наблюдений на отечественных метеостанциях и их оснащение. Предлагается новая оригинальная методика калибровки современного типа датчика продолжительности солнечного сияния, которая позволяет минимизировать калибровочные операции по солнцу, заменяя их операциями по искусственному источнику света.

Ключевые слова: длительность солнечного сияния, измерение, метрология, актинометр, датчик.

Gerasymenko I.V., Latenko V.I., Ornatsky I.A., Fil S.O.

The calibration of sunshine duration sensor

The critical state of actinometric observations on the national weather-stations and their equipment is considered. New original technique of calibration of modern type of sunshine duration sensor is proposed. The technique allows to minimize calibration operations by the sun, replacing them operations by the artificial source of light.

Keywords: sunshine duration, measurement, metrology, actinometer, sensor.