

УДК 613.165–614.7

ARTICLE HISTORY

Received 03.03.2023

Accepted 13.03.2023

Карпілов Олександр Юрійович
НУ «Одесская морская академия», Одесса, Україна
kau@gmail.com

Пристрій для контролю ультрафіолетового випромінювання

Karpilov Oleksandr
NU “Odessa Maritime Academy”, Odessa, Ukraine
kau@gmail.com

Device for the control of ultraviolet radiation

Резюме – Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) є одним з головних фізичних факторів, що визначають плин життєвих процесів. Поряд з головним джерелом УФВ – Сонцем, у різноманітних сферах життєдіяльності людини застосовуються штучні джерела УФВ, що відрізняються за спектральним складом та потужністю. УФВ є підґрунтям для багатьох біологічних процесів у організмах людей та тварин, що обумовлює актуальність досліджень в галузі створення вимірювальних перетворювачів, що забезпечують отримання достовірної інформації. Другим чинником, що сприяє розробці та впровадженню вимірювальних перетворювачів цього класу, є збільшення УФВ в діапазоні 0,280 ... 0,315 мкм в наслідок деструкції озонового шару Землі.

Abstract – Ultraviolet radiation (UVR) is one of the main physical factors that determine the course of life processes. Along with the main source of UVA, the Sun, artificial sources of UVA are used in various areas of human activity, differing in spectral composition and power. UVB is the basis for many biological processes in human and animal organisms, which makes research in the field of developing measuring transducers that provide reliable information relevant. The second factor that contributes to the development and implementation of measuring transducers of this class is the increase in UVB in the range of 0.280 ... 0.315 μm due to the destruction of the Earth's ozone layer.

DOI: 10.31653/1819-3293-2023-1-28-30-38

Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) є одним з головних фізичних факторів, що визначають плин життєвих процесів. Поряд з головним джерелом УФВ – Сонцем, у різноманітних сферах життєдіяльності людини застосовуються штучні джерела УФВ, що відрізняються за спектральним складом та потужністю. УФВ є підґрунтям для багатьох біологічних процесів у організмах людей та тварин, що обумовлює актуальність досліджень в галузі створення вимірювальних перетворювачів, що забезпечують отримання достовірної інформації. Другим чинником, що сприяє розробці та впровадженню вимірювальних перетворювачів цього класу, є збільшення УФВ в діапазоні 0,280 ... 0,315 мкм в наслідок деструкції озонowego шару Землі [1, 2].

У той же час, застосування існуючих пристроїв вимірювання УФВ виявило їх недостатню надійність та ефективність при контролі властивостей випромінювання у спеціальних експлуатаційних умовах [1 – 4].

Для пошуку шляхів поліпшення характеристик пристроїв контролю УФВ були проаналізовані дві конструкції найпоширеніших вимірювальних пристроїв [3 – 5].

Відомий, піранометр, що складається з корпусу із кришкою, що пересувається, коліматора, оптичного фільтру та фотодіоду [3].

Недоліки пристрою, які обумовлені застосуванням коліматора та оптичного фільтру у приладі:

- не дозволяє оцінити рівень сонячної радіації з усієї півсфери небозводу, виміряється тільки загальна, пряма й неухважна сумарна сонячна радіація, що приходить на горизонтальну поверхню;

- залежність достовірності вимірювання від температури навколишнього середовища;

- необхідність постійного захисту та підтримання геометрії вимірювального тракту в умовах впливу експлуатаційних факторів;

- необхідність розбирання приладу для заміни оптичного фільтру.

Найбільш досконалим за технічною сутністю та результатами, що досягається при вимірюванні, є піранометр, що містить корпус, світлофільтр, об'єктив, що представляє собою систему із чотирьох лінз, установлену в корпусі, фотодіод, екран, обертовий механізм з покрововим двигуном та додаткову оптику [4].

Недоліки пристрою, які обумовлені застосуванням системи лінз, окремого світлофільтру, екрану, обертового механізму з покрововим двигуном та додатковою оптикою:

- надмірні складності при вводі акустичної хвилі до одиночного світловоду;

недостатня ефективність модуляції випромінювання у світловоді;
 необхідність вживання додаткових мір по захисту великої кількості оптичних поверхонь в умовах впливу експлуатаційних факторів;
 неможливість урахування впливу експлуатаційних факторів на результати вимірювання.

Аналіз можливостей модернізації вищезгаданих пристроїв показав, що найбільш доцільною є розробка нового пристрою контролю УФВ. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних елементів повинне забезпечити вимірювальному пристрою:

відсутність вживання додаткових мір по захисту оптичних елементів в умовах впливу експлуатаційних факторів;

відсутність електромеханічного приводу;

стабільність функціонування в умовах коливань параметрів навколишнього середовища;

надійність, чутливість та простота схемотехнічних рішень пристроїв відомих типів.

Для розв'язування поставленої задачі запропонована схема волоконно-оптичного датчику октанового числа.

Суть запропонованого схемотехнічного рішення пояснюється кресленням (рис. 1).

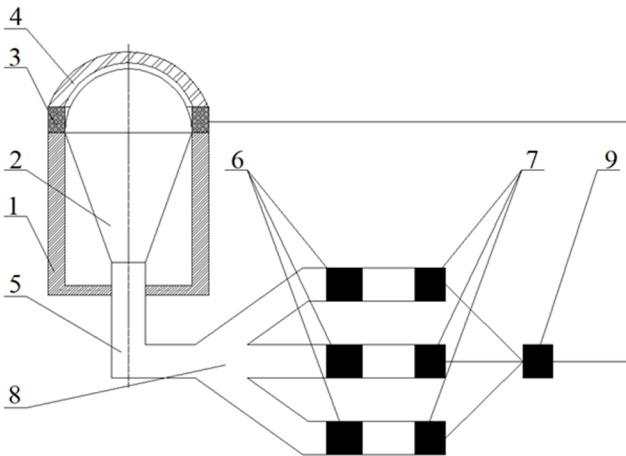


Рис. 1. Волоконно-оптичний піранометр: 1 – корпус; 2 – фокус; 3 – п'єзоелектричні перетворювачі; 4 – сегментна напівсферична кришка; 5 – волоконний світловод; 6 – волоконно-оптичні фільтри; 7 – фотодіоди; 8 – розгалужувач; 9 – блок керування

Ультрафіолетове випромінювання надходить через напівсферичну кришку в режимі "відкриті всі сегменти" на прийомну апертуру фокону спеціальної форми типу "усе небо".

Після проходження фокона й оптичних фільтрів випромінювання надходить до приймачів. Приймачами ультрафіолетового випромінювання є фотодіоди зі смугою чутливості в діапазоні 240 ... 380 нм. Оптичні фільтри, являють собою волоконний световод із блоком C/G – лінз і забезпечують смугу пропускання 295 ... 300, 300 ... 305 і 305 ... 310 нм.

Залежно від смуги поглинання фотодіода й оптичних фільтрів змінюється спектральний діапазон виміру сумарної сонячної радіації. Черговість опитування фотодіодів задається блоком керування [5 – 9].

Піранометр дозволяє вимірювати не тільки сумарну, але й пряму радіацію. Для цього в конструкції приладу передбачена сегментна напівсферична кришка, виконана з акустооптичного матеріалу й керована п'єзоелектричними перетворювачами. Сегменти, на які впливають п'єзоелектричні перетворювачі, змінюють свій показник переломлення й стають непроникні для ультрафіолетового випромінювання.

У момент, коли сегменти закривають сонячний диск, вихідний струм фотодіода буде відповідати розсіяній сонячній радіації. Різниця струмів фотодіода із закритим сонячним диском і загальним струмом визначає потужність прямої сонячної радіації.

У статичному режимі піранометра сегментна напівсферична кришка перебуває в стані "відкриті всі сегменти". У цьому режимі вимірюється по черзі струм фотодіодів, який, у відповідній смузі, буде пропорційний загальній сонячній радіації у вимірюваному діапазоні довжин хвиль у теперішній момент часу. У блоці керування фіксуються всі виправлення, обумовлені впливом параметрів навколишнього середовища.

У динамічному режимі блок керування формує керуючий вплив на п'єзоелектричні перетворювачі. Останні впливають на сегменти кришки, виконані з акустооптичного матеріалу. Під впливом п'єзоелектричних перетворювачів відбувається зміна показника переломлення сегментів – вони починають блокувати проникнення ультрафіолетового випромінювання. Далі відбувається перекриття, із кроком в один градус, поверхні кришки для доступу ультрафіолету до фокону. Після кожного кроку вимірюється струм фотодіодів. Після 180 кроків обчислюється мінімальне значення струму, що буде відповідати розсіяній сонячній радіації. Пряма сонячна радіація обчислюється шляхом вирахування із загальної сонячної радіації величини розсіяної

[5 – 9].

Таким чином, відбувається повний цикл вимірювання.

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що корпус, виконаний з кварцового скла, має прозору сегментну напівсферичну кришку, виконану з акустооптичного матеріалу, чий показник переломлення змінюється п'єзоелектричними перетворювачами. УФВ крізь кришку надходить до фокону з ітербієвого скла, один кінець якого має лінзову форму, а другий сполучений з волоконним світловодом. Світловод зв'язаний за допомогою волоконно-оптичного розгалужувача та трьох волоконно-оптичних фільтрів з трьома фотодіодами.

Таким чином, в розробленому піранометру комбінація оптичних та п'єзоелектричних елементів забезпечує:

підвищення чутливості та точності вимірювання ультрафіолетового сонячного випромінювання;

можливість оцінки рівня ультрафіолетового сонячного випромінювання зі всієї півсфери небосхила;

підвищення якості функціонування за рахунок застосування фокону з ітербієвого скла спеціальної форми замість системи лінз;

компенсацію впливу неконтрольованих експлуатаційних та кліматологічних факторів на вимірювальний канал завдяки зменшенню конструктивних елементів та використання термостабільних матеріалів;

відсутність необхідності вживання додаткових мір по захисту великої кількості оптичних поверхонь в умовах впливу експлуатаційних факторів;

відсутність електромеханічного приводу;

постійне вимірювання у реальному масштабі часу.

Використання пристрою, що пропонується, в системах контролю УФВ дозволить адекватно и достовірно оцінювати кількісні показники випромінювання для прогнозування впливу на процеси життєдіяльності людини.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Бутенко, В.К., Добровольский, Ю.Г., Шабашкевич, Б.Г., Юрьев, В.Г. Дозиметры энергетической освещенности ультрафиолетового излучения типа "Тензор". // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. –2006. – Одесса: ОНПУ. – С. 43 – 45.

2. Моргунов, В. Н. Основы метеорологии, климатологии: учебник

для вузов / В. Н. Моргунов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 331 с.

3. Pat. FR 2685767 A1 France. Un dispositif de mesure d'intensité de rayonnement solaire ultraviolet direct et total.

4. Пат. 97193 Российская Федерация, МПК МПК7: G01J1. Пиранометр для измерения ультрафиолетовой солнечной радиации / А.В. Козлов, Б.Д. Белан, Е.В. Жидовкин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук; опубл. 27.08.2010.

5. Гуляев, Ю.В., Меш, М.Я., Проклов, В.В. Модуляционные эффекты в волоконных световодах и их применение. – М.: Радио и связь, 1991. – 150 с.

6. Рыбалтовский, А.А., Бугов, О.В. Савельев, Ю.К., Чаморовский, Ю.К. Фоточувствительность иттербиевых волоконных световодов с сердцевиной из кварцевого стекла с добавкой алюминия и фосфора. // Письма в ЖТФ, 2016. – Т. 42. – Вып. 10. – С. 1 – 8.

7. Бусурин, В.И., Носов, Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

8. Сандлер, А.К. Моделирование акселерометра маятникового типа. // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2019. – № 1. – Черкаси: ЧДТУ. – С. 75 – 81.

9. Сандлер, А.К. Чувствительный элемент волоконно-оптического акселерометра на основе сапфирового стекла. // IX міжнародна науково-методична конференція "Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика", 05 – 06 листопада 2019 р.: матеріали конференції. – Одеса: НУ "ОМА". – 2019. – С. 27 – 33.

Анотація – Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) є одним з головних фізичних факторів, що визначають плин життєвих процесів. Поряд з головним джерелом УФВ – Сонцем, у різноманітних сферах життєдіяльності людини застосовуються штучні джерела УФВ, що відрізняються за спектральним складом та потужністю. УФВ є підґрунтям для багатьох біологічних процесів у організмах людей та тварин, що обумовлює актуальність досліджень в галузі створення вимірювальних перетворювачів, що забезпечують отримання достовірної інформації. Другим чинником, що сприяє розробці та впровадженню вимірювальних перетворювачів цього класу, є збільшення УФВ в діапазоні 0,280 ... 0,315 мкм в наслідок деструкції озонового шару Землі.

У той же час, застосування існуючих пристроїв вимірювання УФВ виявило їх недостатню надійність та ефективність при контролі властивостей випромінювання у спеціальних експлуатаційних умовах.

Для пошуку шляхів поліпшення характеристик пристроїв контролю УФВ були проаналізовані дві конструкції найпоширеніших вимірювальних пристроїв.

Аналіз можливостей модернізації вищезгаданих пристроїв показав, що найбільш доцільною є розробка нового пристрою контролю УФВ. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних елементів повинне забезпечити вимірювальному пристрою:

відсутність вживання додаткових мір по захисту оптичних елементів в умовах впливу експлуатаційних факторів;

відсутність електромеханічного приводу;

стабільність функціонування в умовах коливань параметрів навколишнього середовища;

надійність, чутливість та простота схемотехнічних рішень пристроїв відомих типів.

Для розв'язування поставленої задачі запропонована схема волоконно-оптичного датчику октанового числа.

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що корпус, виконаний з кварцового скла, має прозору сегментну напівсферичну кришку, виконану з акустооптичного матеріалу, чий показник переломлення змінюється п'єзоелектричними перетворювачами. УФВ крізь кришку надходить до фокону з ітербієвого скла, один кінець якого має лінзову форму, а другий сполучений з волоконним світловодом. Світловод зв'язаний за допомогою волоконно-оптичного розгалужувача та трьох волоконно-оптичних фільтрів з трьома фотодіодами.

В розробленому піранометру комбінація оптичних та п'єзоелектричних елементів забезпечує:

підвищення чутливості та точності вимірювання ультрафіолетового сонячного випромінювання;

можливість оцінки рівня ультрафіолетового сонячного випромінювання зі всієї півсфери небосхила;

підвищення якості функціонування за рахунок застосування фокону з ітербієвого скла спеціальної форми замість системи лінз;

компенсацію впливу неконтрольованих експлуатаційних та кліматологічних факторів на вимірювальний канал завдяки зменшенню конструктивних елементів та використання термостабільних матеріалів;

відсутності необхідності вживання додаткових мір по захисту

великої кількості оптичних поверхонь в умовах впливу експлуатаційних факторів;

відсутність електромеханічного приводу;

постійне вимірювання у реальному масштабі часу.

Використання пристрою, що пропонується, в системах контролю УФВ дозволить адекватно и достовірно оцінювати кількісні показники випромінювання для прогнозування впливу на процеси життєдіяльності людини.

Annotation – Ultraviolet radiation (UVR) is one of the main physical factors that determine the course of life processes. Along with the main source of UVA, the Sun, artificial sources of UVA are used in various areas of human activity, differing in spectral composition and power. UVB is the basis for many biological processes in human and animal organisms, which makes research in the field of developing measuring transducers that provide reliable information relevant. The second factor that contributes to the development and implementation of measuring transducers of this class is the increase in UVB in the range of 0.280 ... 0.315 μm due to the destruction of the Earth's ozone layer.

At the same time, the use of existing UVB measuring devices has revealed their insufficient reliability and efficiency in controlling the properties of radiation in special operating conditions.

To find ways to improve the characteristics of UVB control devices, two designs of the most common measuring devices were analyzed.

The analysis of the possibilities of modernizing the above-mentioned devices showed that the most appropriate is the development of a new UVB monitoring device. It was assumed that the design based on fiber-optic elements should provide the measuring device with:

no additional measures to protect optical elements under the influence of operational factors;

absence of an electromechanical drive;

stability of functioning in conditions of fluctuations in environmental parameters;

reliability, sensitivity and simplicity of circuitry solutions for devices of known types.

To solve this problem, a scheme of a fiber-optic octane sensor is proposed.

The proposed circuitry solution differs in that the body, made of quartz glass, has a transparent segmental hemispherical cover made of acousto-optical material, whose refractive index is changed by piezoelectric transducers. The UVB is transmitted through the cover to a ytterbium glass

phocone, one end of which has a lens shape and the other is connected to a fiber optic light guide. The light guide is connected by a fiber optic splitter and three fiber optic filters to three photodiodes.

In the developed pyranometer, the combination of optical and piezoelectric elements provides:

increased sensitivity and accuracy of ultraviolet solar radiation measurement;

the ability to assess the level of ultraviolet solar radiation from the entire hemisphere of the sky;

improving the quality of functioning by using a specially shaped ytterbium glass phocone instead of a lens system;

compensation for the influence of uncontrolled operational and climatic factors on the measuring channel due to the reduction of structural elements and the use of thermostable materials;

no need to take additional measures to protect a large number of optical surfaces under the influence of operational factors;

absence of electromechanical drive;

continuous measurement in real time.

The use of the proposed device in UVB control systems will allow to adequately and reliably assess the quantitative indicators of radiation to predict the impact on human life processes.