

УДК 551.510.534:621.383.52

**ПРЕЦИЗИЙНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООВОГО ТА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

*Шабашкевич Б.Г., Добровольський Ю.Г.*

*НВФ «Тензор», м. Чернівці*

*тел (0372) 575052, e-mail: chtenz@chv.ukrpack.net*

**Вступ**

Контроль характеристик теплового і оптичного випромінювань є актуальним завданням для забезпечення контролю умов праці, зокрема на транспорті, а також екологічного моніторингу. Існуючі засоби контролю зазначених чинників за звичай є застарілими, такими що не забезпечують рівень сучасних вимог як виробничих стандартів так і санітарно-гігієнічних норм. Тому потрібно створювати новітні систем для контролю параметрів та характеристик теплового та оптичного випромінювань з підвищеною точністю.

Вирішенню цих задач присвячена діяльність науково-виробничої фірми «Тензор» — розробника портативних приладів для проведення санітарно-гігієнічних досліджень при атестації робочих місць.

Вимірювання енергетичної опроміненості в діапазоні 0,2 – 25 мкм.

Для вимірювання енергетичної опроміненості в діапазоні 0,2 – 25 мкм створено датчик, який складається з двох неселективних термоелектричних перетворювачів, розташованих на теплому радіаторі і включених назустріч один одному. Термоелектричний перетворювач представляє собою батарею анізотропних термоелектричних елементів на основі монокристалічного антимоніду кадмію [1] з чорною приймальною площиною. Схематичне зображення датчика наведено на рис. 1. Датчик забезпечує вимірювання енергетичної освітленості у діапазоні  $10 \cdot 10^{-4}$  Вт/м<sup>2</sup> на довжин хвиль 0,2-25,0 мкм з чутливістю до 0,52 В/Вт.

На базі датчика розроблені радіометри енергетичної освітленості ПАТ-1П та ПАТ-2П [1] (рис. 2), призначені для проведення санітарно-гігієнічних досліджень при атестації робочих місць. Радіометри комплектуються фільтром, який виділяє області чутливості 1,0-0,15 мкм для контролю впливу цього випромінювання на організм людини. Вимірювання енергетичної освітленості здійснюється в діапазоні від 10 до  $2 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> з відносною похибкою  $\pm 6\%$ .

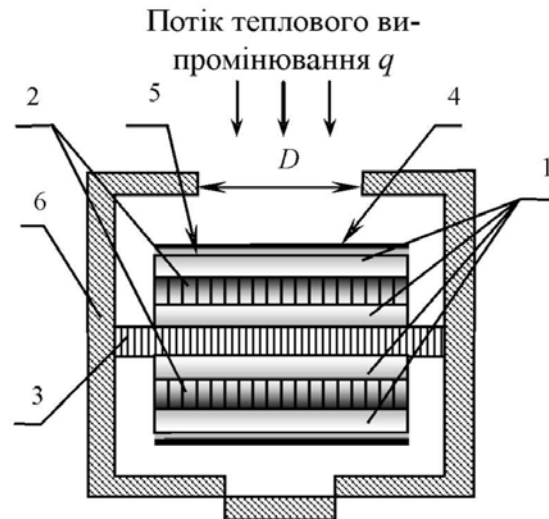


Рис. 1. Датчик енергетичної освітленості:

- 1 — ситалова підкладка; 2 — БАТ;
- 3 — тепловідвод; 4 — поглинаюче чорніння;
- 5 — нагрівний елемент; 6 — корпус.
- D — діафрагма.

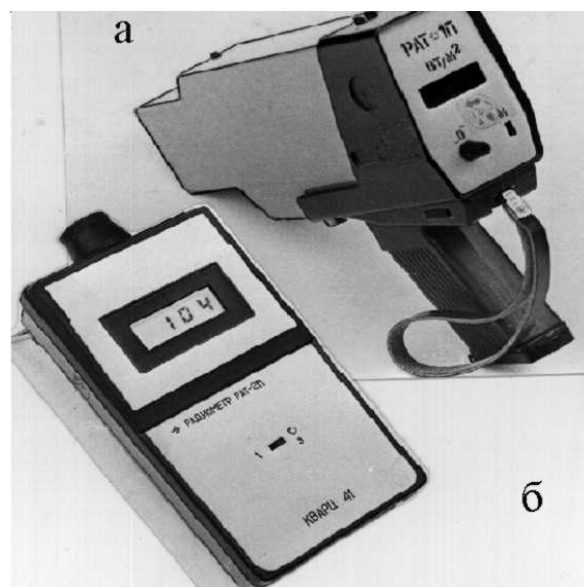


Рис. 2 Радіометр ПАТ-1П (а) та ПАТ-2П (б).

Для забезпечення періодичної метрологічної повірки радіометрів РАТ та калібрування пірметрів, радіометрів та приладів інфрачервоного діапазону розроблений низькотемпературний випромінювач «абсолютно чорне тіло» (АЧТ) на базі оптимізованого гофрованого конуса [2]. Створена його математична модель, яка дозволяє оцінити коефіцієнт випромінювання  $\epsilon'$  в залежності від конструктивних особливостей конуса. Вирішено задачу знаходження мінімальної довжини гофрованого конуса. Показано, що при одній тій самій апертурі гофрована порожнина дозволяє зменшити габарити пристрою у кілька разів, забезпечуючи при цьому високі значення  $\epsilon'$ .

Параметри створеного АЧТ та його прецизійної модифікації (АЧТпр) наведені в таблиці 1.

Розроблено метрологічну установку для

Параметр, одиниця вимірювання	Значення параметра	
	АЧТ	АЧТпр
Діапазон температур, К	235-303	253-473
Дискретність завдання температури, К	0,5	0,5
Точність підтримки температури, К	$\pm 0,025$	$\pm 0,01$
Апертура, мм	25	20-70
Випромінююча здатність	0,9997	0,998

атестації та повірки робочих засобів вимірювань енергетичної освітленості в діапазоні 10 — 2000 Вт/м<sup>2</sup> в спектральному діапазоні 0,2 — 25,0 мкм [3]. Основна відносна похибка вимірювань енергетичної освітленості не перевищує  $\pm 1,5\%$ . Блок-схема установки наведена на рисунку 3.

#### Радіометрія ультрафіолетового

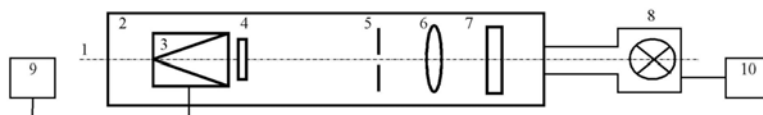


Рис. 3. Установки для атестації та повірки засобів вимірювань енергетичної освітленості.

1 — оптична вісь; 2 — захисна камера; 3 — зразковий засіб вимірювання; 4 — послаблюючий фільтр; 5 — діафрагма; 6 — конденсор; 7 — автоматична шторка; 8 — освітлювач; 9 — цифровий вольтметр; 10 — блок живлення.

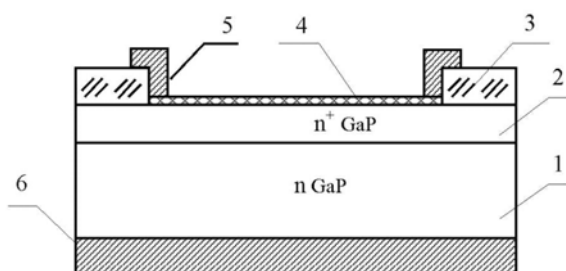


Рис. 4. Конструкція фотодіоду на основі GaP. 1 — підкладка, 2 — епітаксійний шар GaP, 3 — шар окису кремнію, 4 — плівка двоокису олова, 5, 6 — омичні контакти з нікелю та індію відповідно.

#### випромінювання

Для створення радіометра ультрафіолетового випромінювання розроблено спеціальний поверхнево-бар'єрний фотодіод на основі фосфіду галію (GaP) та плівки двоокису олова, легованої фтором, чутливий переважно в ультрафіолетовій області спектру [4].

Схематичне зображення конструкції фотодіоду наведено на рисунку 4. Проведено дослідження технічного рівня розробленого фотодіоду та відомих фотоприймачів, придатних для використання в радіометрах [5]. Головною перевагою створеного фотодіоду є високі значення струмової монохроматичної чутливості та її стабільність в часі.

Розроблено спеціальні радіометричні головки та радіометр УФР-21 для радіометрії областей А, В та С (рис. 5). Спектральний діапазон вимірювань радіометра 0,22-0,4 мкм, динамічний діапазон вимірювань  $10^{-4}$  —  $2 \cdot 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>, відносна похибка  $\pm 5\%$ , короточасна нестабільності чутливості не перевищує 1%, косинусна додаткова похибка

Таблиця 1.

радіометричної головки радіометра при кутах падіння потоку випромінювання 30, 60 і 80 кутових градусах складає відповідно  $\pm 5$ ,  $\pm 15$  та  $\pm 25\%$ .

Досліджено та враховано поправки обумовлені формою спектра випромінювання, що вимірюється та її залежність від температури джерела випромінювання [6]. Для атестації та періодичної повірки радіометра УФР-21 створено установку для вимірювання світлових параметрів оптоелектронних приладів з похибкою вимірювань  $\pm 1,5\%$ , схема якої наведена на рисунку 6.

Розроблений радіометр УФР-21 призначено для оснащення метрологічних служб Держстандарту, лабораторій санепіднагляду, дослідницьких лабораторій Міністерства охорони праці, а також при екологічному моніторингу та у медичних цілях.

Вимірювання характеристик оптичного випромінювання видимого діапазону

Для вимірювання характеристик оптичного випромінювання видимого діапазону використано прецизійні фотодіоди ФД-288. На їх основі розроблені головки фотометрична (ГФ) [7] для вимірювання освітленості що формується



Рис. 5. Зовнішній вигляд радіометру УФР-21.

ся природним і штучним світлом, та яскравості об'єктів, які не самі світяться, а також радіометрична головка (ГР) для вимірювання енергетичного опромінення. На базі ГФ та ГР створено фотометр цифровий ТЕС 0693 для гігієнічної оцінки напруги органів зору (рис. 7) [8]. Розроблена методика вимірювань освітленості, що створюється джерелами природного та штучного світла, та яскравості довільних джерел випромінювання [8].

Діапазон чутливості фотометра складає 380 – 760 нм. Діапазон вимірювань освітленості від довільно розташованого джерела складає  $10 - 10^5$  лк, від точкового джерела  $0,1 - 10^4$  лк. Діапазон вимірювань яскравості  $10 - 2 \cdot 10^5$  Кд/м<sup>2</sup>, діапазон енергетичної освітленості  $0,1 - 200$  Вт/м<sup>2</sup>. Основна відносна похибка в робочих умовах експлуатації складає 5 %. Нестабільність вимірювань 1 %.

Для метрологічних досліджень параметрів оптоелектронних приладів створено ус-

тановку [9], діапазон вимірювання освітленості якої складає  $1 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$  лк, основна відносна похибка вимірювань освітленості  $\pm 3$  %.

Кульковий термометр для визначення індексу теплового навантаження середовища

Для контролю впливу на людей температурних факторів розроблені відповідні засоби вимірювальної техніки. Зокрема кульовий термометр «Тензор-41», призначений для оцінки сумісної дії параметрів мікроклімату

(температури повітря, швидкості руху повітря, теплового випромінювання) на організм людини, а також визначення індексу теплового навантаження середовища відповідно до стандарту ISO 7243. Зовнішній вигляд термометра «Тензор-41» наведено на рисунку 8.

В приладі застосовані стандартні датчики температури. При цьому індекс теплового навантаження середовища визначається оцінкою температури сухого, вологого термометрів, та термометра, розташованого у чорній кулі. Технічні характеристики термометра наведені в таблиці 2.

**Контактний термоелектричний термометр**

Розроблено також контактний термоелектричний термометр „Тензор-42», зовнішній вигляд якого наведено на рисунку 9.

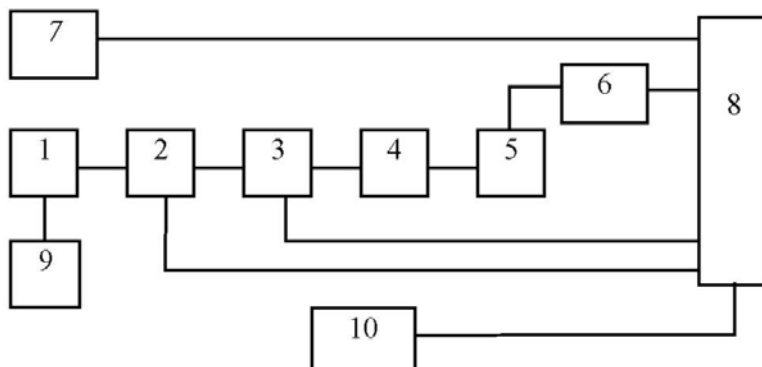


Рис. 6. Схема установки для вимірювань фотометричних параметрів оптоелектронних приладів.

1 — джерело випромінювання; 2 — освітлювач; 3 — монохроматор; 4 — конденсор; 5 — спектрометрична головка; 6 — прецизійний підсилювач; 7 — діалого-обчислювальний комплекс; 8 — програмний пристрій керування; 9 — стабілізатор; 10 — друкуючий пристрій.



Рис. 7. Загальний вигляд фотометра TEC 0693.

**КУЛЬОВИЙ ТЕРМОМЕТР (ТЕНЗОР-41)**

Параметр	Норма
Діапазон вимірювання температури, °С	0...100
Дискретність відліку температур, °С	± 0,1
Границі допустимої похибки вимірювань температури, % в діапазоні (0...50) °С в діапазоні (50...100) °С	± 0,5 ± 1,0
Діапазон визначення ТНС-індексу, од.°С	0...100
Дискретність відліку ТНС-індексу, од.°С	± 0,1
Відносна похибка обчислення ТНС-індексу, %	0,5

Таблиця 2.

діапазон енергетичної освітленості від 10 до  $2 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>; опір складає 7 — 20 кОм; інерційність до 12 сек; апертурний кут 120 — 130 град.

2 Розроблено портативний термостабілізований цифровий радіометр РАТ для вимірювань інтегральних характеристик енергетичної опроміненості у спектральному діапазон чутливості 0,2 — 25,0 мкм у діапазоні енергетичної освітленості від 10 до  $2 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> з межею до-

**ТЕРМОМЕТР ЦИФРОВИЙ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ (ТЕНЗОР-42)**

Параметр	Норма
Діапазон вимірювання температури, °С	0...200
Дискретність показів, °С	0,1
Границі допустимої похибки вимірювань температури, % (t — значення вимірюваної температури)	± (0,5 ± 0,01 t)

Таблиця 3

пустимої відносної похибки ± 6 % та метрологічну установку для його атестації та перевірки робочих засобів вимірювань енергетичної освітленості. Основна відносна похибка вимірювань енергетичної освітленості на цій установці не перевищує 1,5%.

3 Розроблено випромінювачі АЧТ на діапазон температур (235–303)К та (235–473)К з точністю підтримки температури 0,025К та випромінюючою здатністю 0,9997.

4 Розроблено поверхнево-бар'єрний фотодіод на основі фосфіду галію та плівки двоокису олова, легованої фтором, який чутливий переважно в ультрафіолетовій області спектру. Головною перевагою розроблених фотодіодів є величина струмової монохроматичної чутливості фотодіоду, яка складає не менше 0,25 А/Вт, та її висока стабільність в часі.

5 Розроблено радіометр УФР-21 для радіометрії ультрафіолетових областей А, В та С з відносною похибкою вимірювань ± 5 % та відповідне обладнання та методики для його метрологічної атестації.

6 Розроблено фотометр цифровий ТЕС 0693, укомплектований відповідними фото— і радіометричними головками для гігієнічної оцінки напруги органів зору та методика вимірювань освітленості, що створюється джерелами природного та штучного світла, а також яскравості довільних джерел випромінювання, у тому числі газорозрядних ламп з основною відносною похибкою ± 5 %. Створено також відповідну установку з відносною похибкою вимірювань освітленості ± 3 %.

7 Створено кульовий термометр «Тензор-41», призначений для оцінки сумісної дії параметрів мікроклімату та контактний термоелектричний термометр „Тензор-42», які

Прилад споряджений температурним зондом для контактного вимірювання температури в об'ємі рідких та сипучих тіл, а також спеціальним температурним зондом для контактного вимірювання температури на поверхні певного тіла. Зонд споряджений спеціальним пружинним амортизатором для забезпечення надійного контакту з поверхнею, температура якої вимірюється. Технічні характеристики термометра наведені в таблиці 3.

**Висновки**

1 Створено термоелектричний перетворювач на основі анізотропного монокристалічного антимоніду кадмію, чутливий у спектральному діапазоні 0,2–25,0 мкм. Його вольт-ваттна чутливість досягає 0,52 В/Вт у



Рис. 8. Зовнішній вигляд кульового термометра «Тензор-41»



Рис. 9. Зовнішній вигляд термометра «Тензор-42»

здійснюють вимірювання температури з похибкою вимірювань  $\pm 0,5$  °С.

#### Література

1. Шабашкевич Б.Г. Разработка радиометров интегрального теплового излучения на основе анизотропных термоэлементов. Материалы двенадцатой ежегодной международной конференции «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики». –Ялта. - 2004. –с. 164 – 167.
2. Шабашкевич Б.Г., Пироженко С.И., Пилат И.М., Хомицкая З.К. Модель абсолютно черного тела с излучающей полостью в виде конуса, гофрированного по образующей//Оптический журнал, 1994, -№5.- с.26-30.
3. Пилат И.М., Шабашкевич Б.Г., Пироженко С.И. и др. Радиометры энергетической освещенности на анизотропных термоэлементах // Оптический журнал. 2000, т.67. №3,с. 83-85.
4. Малік А.І., Шабашкевич Б.Г., Пироженко С.І.

Патент України № 71544 Фотодіод для ультрафіолетової області спектра. Заявка №2000010281 від 18.01.2000. Бюл. № 12, 2004р.

5. Б.Г. Шабашкевич, Л.А. Назаренко, В.І. Годованок, В.Г. Юр'єв, В.К. Бутенко, І.В. Докторович. Дослідження фотоелектричних параметрів приймачів, чутливих в УФ-діапазоні // Український метрологічний журнал. –2004. –вип. 1. –с. 33 – 36.
6. Купко А.Д., Назаренко Л.А., Шабашкевич Б.Г. О необходимости создания интеллектуальных УФ-радиометров // Метрология. - 2002. -12. -с. 20.
7. Шабашкевич Б.Г., Бутенко В.К., Юрьев В.Г., Пироженко С.И. Радиометрическая головка для измерения энергетической освещенности видимого диапазона // Докл. На науч.-тех. Конф. «Фотометрия и ее метрологическое обеспечение». Москва, 1996. ноябрь с. 90-92.
8. Б.Г.Шабашкевич, С.И.Пироженко, Л.А. Назаренко, Л.М. Боднар. Приборное и метрологическое обеспечение нормируемых параметров излучения оптического диапазона // Збірник наукових праць 2-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Метрологія та вимірювальна техніка», Харків, 1999. -с. 54-56.
9. Л.М. Боднар, Л.А. Назаренко, Ю.С.Шульман, Б.Г.Шабашкевич. Установка для поверки фотометрів // Збірник наукових праць 2-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Метрологія та вимірювальна техніка», Харків , 1999. -с. 72 –74.

#### Summary

Precious Means of Thermal and Optical Radiation Measurement

*Shabashkevich B.G., Dobrovolsky Yu.G.*

For providing the control of labour conditions, including means of transport as well as ecological monitoring the research – and-manufacturing firm “Tensor” has developed several devices for the sanitary-and-hygienic expertise performance during certification of the working places. The devices under description can measure distribution of thermal and optical radiation, for example thermal electrical converter sensible in a spectral range 0,2 - 25 mm (PAT-2П); portable thermostable digital radiometer PAT, radiator АЧТ, surface-barrier photodiode, radiometer УФР-21; ph digital photometer TEC 0693, ball-shaped thermometer Тензор-41. They all are available in a portable variant and can provide a modern level of both researches and sanitary tests conducting.

Devices are executed in of the same type

portable corps, the indication is had on the base of liquid-crystal displays, the combined feed, are characterized by low consumable power.

Power photometry, metrology, labor protection, medicine, agriculture, balneology, is the application domain of devices heat-and-power engineering, building, machinery construction. Devices are widely used in hygiene and sanitary and medical establishments of countries UIG.

**Реферат**

**ПРЕЦИЗИОННЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОГО И ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Шабашкевич Б.Г., Добровольский Ю.Г.*

Авторы в своей работе представили разработанные научно-производственной фирмой «Тензор» прецизионные средства

измерения характеристик теплового и оптического излучения такие, как термоэлектрический преобразователь, чувствительный в спектральном диапазоне 0,2–25,0 мкм; портативный термостабилизированный цифровой радиометр РАТ; излучатели АЧТ; поверхностно-барьерный фотодиод; радиометр УФР-21; фотометр цифровой ТЕС 0693; пулевой термометр «Тензор-41», что обеспечивают современный уровень проведения санитарно-гигиенических исследований при аттестации рабочих мест.

УДК 661

**ОБҐРУНТУВАННЯ СОРБЦІЙНО-ТЕРМОДИНАМІЧНОГО ПРИНЦИПУ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ НАФТОПРОДУКТІВ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ**

*Бойченко С.В., Черняк Л.М.*

*Національний авіаційний університет, Інститут екології та дизайну  
e-mail: test@nau.edu.ua*

142

**Вступ.** Як відомо [1], однією з найбільш актуальних проблем нафтопродуктозабезпечення є втрати вуглеводнів. Значною частиною цих втрат є втрати внаслідок випаровування під час виконання технологічних операцій з паливом.

Аналіз літературних джерел [2] дозволяє зробити висновок про те, що відомі на сьогодні технічні засоби запобігання втратам від випаровування (понтони, плаваючі понтони, покрівлі, газопорівняльні системи (ГПС), системи уловлювання легких фракцій (СУЛФ) тощо) не дозволяють ефективно вирішувати проблему втрат. Особливо під час експлуатації резервуарних ємностей невеликих об'ємів і резервуарів автозаправних станцій (АЗС).

Висловлена у праці [3] теза щодо пріоритетності сорбційних технологій в аспекті їх технологічності та ефективності вимагає подальшого розвитку. Це й було поставлено за мету цієї роботи.

**Вирішення завдання.** Виходячи із запропонованої гіпотези способу рекуперації вуглеводнів через застосування сорбентів перед нами постало завдання описати процеси, що протікають у цій системі.

Будь-яке тіло чи група тіл, що складаються з великого числа частинок і виділені з навколишнього середовища реальними або

уявними поверхнями розділу, називають термодинамічною системою і характеризується такими параметрами, як об'єм, тиск, температура, кількість і природа речовини в ній, енергія і т.д. Сукупність всіх фізичних і хімічних властивостей називається термодинамічним станом системи. При зміні будь-якого числа параметрів змінюється і стан системи.

Тіла, що знаходяться поза межами термодинамічної системи, в сукупності називаються навколишнім середовищем. Стан системи, який залишається незмінним при одночасній незмінності навколишнього середовища, називається станом термодинамічної рівноваги. Термодинамічна система, стикаючись з навколишнім середовищем може вступати з ним в обмін речовиною та енергією. Якщо відбуваються такі процеси, то система називається відкритою. Система, що не має можливості обмінюватись з навколишнім середовищем як речовиною, так і енергією, називається ізольованою. Такі системи мають лише теоретичне значення. Система, яка не має можливості масообміну з навколишнім середовищем, але може обмінюватись енергією з ним, називається закритою. Система, всередині якої немає поверхні розподілу між її частинами, з однаковими властивостями у всіх її точках, називається гетерогенною [4].