



Б. Шабашкевич, кандидат технічних наук, директор,
Ю. Добровольський, кандидат технічних наук, заступник директора з наукової роботи,
 ТОВ «Науково-виробнича фірма «Тензор», м. Чернівці,
В. Юрєв, начальник СКБ ВАТ «ЦКБ Ритм», м. Чернівці

Розроблено комплекс метрологічного обладнання для забезпечення метрологічних досліджень ЗВТ, призначених для вимірювання таких параметрів УФ випромінювання як енергетична освітленість, спектральний діапазон та нелінійність енергетичної характеристики, який має розширений діапазон вимірювання енергетичних одиниць в ультрафіолетовому діапазоні та мінімальні похибки їх вимірювання.

A set of metrology equipment for metrological studies of measuring instruments intended to measure parameters such as energy ultraviolet light radiation, spectral range and linearity are not energy characteristics, which has an extended range of power units of measurement in the ultraviolet range and minimum error of measurement.

Ключові слова: метрологічне обладнання, ультрафіолетовий діапазон, параметри вимірювання, оптоелектронні прилади, похибки.
Keywords: metrological equipment, ultraviolet range, measure parameters, optoelectronic devices, errors.

Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) передбачає наявність на виробництві відповідного комплексу обладнання. У випадку вимірювань в ультрафіолетовому (УФ) діапазоні спектра оптичного випромінювання потрібно передати засобу вимірювання одиницю енергетичної освітленості з певною похибкою вимірювання. Окрім того, потрібно визначити його динамічний діапазон (діапазон вимірювання енергетичної освітленості та лінійність у цьому діапазоні), а також спектральний діапазон чутливості приладу [1].

Наявне метрологічне обладнання для калібрування, атестації та повірки ЗВТ, яке використовується у метрологічних центрах та на підприємствах виробників, не повною мірою забезпечує вимоги ринку, що постійно зростають [2—5].

У зв'язку з цим *мета запропонованої роботи* — розроблення низки новітнього метрологічного обладнання для вирішення зазначеної проблеми.

Основні вимоги, які сьогодні висуваються до ЗВТ, призначених для вимірювання параметрів УФ випромінювання в Україні, країнах СНД та у світі, — це розширення діапазону вимірювання енергетичних одиниць за мінімізації відповідних похибок.

Зокрема, згідно з [1] діапазон вимірювання енергетичної освітленості повинен бути від 10^{-3} до 2×10^2 Вт/м² у спектральному діапазоні (200—400) нм, який розділяється на область А ((400—315) нм), область В ((315—280) нм), область С ((280—200) нм). Відповідно, межі допустимої основної відносної похибки вимірювання енергетичної освітленості повинні бути $\pm 10\%$ [6].



Б. Шабашкевич



Ю. Добровольський



В. Юрєв

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення зазначених завдань у НВФ «Тензор» розроблено низку новітнього метрологічного обладнання. Зокрема, комплекс для повірки і градування оптоелектронних приладів, чутливих в ультрафіолетовому діапазоні спектра, до складу якого входять:

- установка для формування стабільних потоків випромінювання в УФ діапазоні (освітлювач УФ діапазону спектра оптичного випромінювання) ИДНМ4.020.00.00;
- установка для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00;
- стенд для створення стабільних потоків випромінювання ИДНМ4.004.00.00.

УСТАНОВКА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СТАБІЛЬНИХ ПОТОКІВ ВИПРОМІНЮВАННЯ В УФ ДІАПАЗОНІ (ОСВІТЛЮВАЧ УФ ДІАПАЗОНУ СПЕКТРА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЕННЯ) ИДНМ4.020.00.00

Найвні спеціалізовані УФ опромінювачі, наприклад, [7, 8] за своїми можливостями не можуть використовуватися для вимірювання енергетичних характеристик та калібрування УФ вимірювачів, оскільки потребують певного доопрацювання під вимоги, які висуваються до наявних УФ вимірювачів [1].

Для створення надійного джерела УФ випромінювання найкраще використовувати ртутні лампи — джерела з лінійчатим спектром випромінювання [9], лінії яких можна виділити за допомогою відповідних світлофільтрів [10]. Після створення вузькосмугового потоку УФ випромінювання за допомогою робочих еталонів вимірюється величина цього потоку, після чого він передається на УФ вимірювач [11].

З метою стандартизації метрологічних операцій під час виробництва та випуску продукції за серійного виробництва, а саме, для калібрування УФ радіометрів і дозиметрів, створено установку для формування стабільних потоків випромінювання в УФ діапазоні (освітлювач УФ діапазону спектра оптичного випромінювання) ИДНМ4.020.00.00 [12, 13].

Освітлювач УФ діапазону (рис. 1) є моноблоком, в якому вмонтовані: джерело випромінювання; блок живлення та система охолодження джерела випромінювання; змінні інтерференційні фільтри для виділення заданої спектральної лінії ртуті; контрольний (опорний) канал, до складу якого входять високостабільний фотодіод типу ФД288, світлофільтр типу УФС-6, вимірювальний блок та блок живлення.

Структурну схему джерела УФ випромінювання наведено на рис. 2.

Оптичний потік від джерела УФ випромінювання (1) водночас надходить на вихід освітлювача, пройшовши через інтерференційні фільтри (2), і на фотоприймач (3) опорного каналу. За нестабільного потоку випромінювання, за допомогою опорного каналу (3), визначається фотосигнал під час вимірювання потоку УФ випромінювання та фотосигнал для калібрування УФ радіометрів. Визначивши коефіцієнт зміни потоку, враховується нестабільність потоку за калібрування УФ радіометрів та дозиметрів.

Вибір спектральної лінії потоку випромінювання здійснюється за допомогою інтерференційних світлофільтрів:

- для калібрування УФ радіометрів, чутливих у спектральних діапазонах: C ((200—280) нм), B ((280—315) нм) та A ((315—400) нм), виділяються ртутні лінії $\lambda_{1\max} = 254$ нм, $\lambda_{2\max} = 313$ нм та $\lambda_{3\max} = 365$ нм відповідно;
- для калібрування дозиметрів бактерицидної та ерітемної складових УФ випромінювання виділяються лінії: $\lambda_{1\max} = 254$ нм та $\lambda_{4\max} = 297$ нм;



Рис. 1. Джерело УФ випромінювання (освітлювач)

Fig. 1. UV source (illuminator)

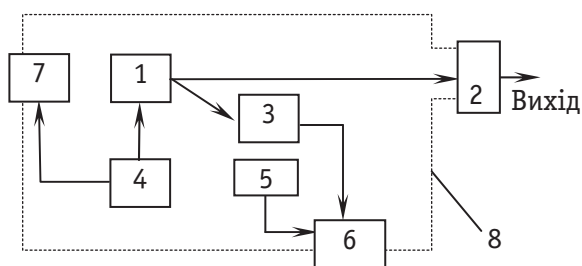


Рис. 2. Структурна схема джерела УФ випромінювання:

- 1 — джерело УФ випромінювання, лампа ДРТ125;
 - 2 — інтерференційні світлофільтри;
 - 3 — фотоприймач опорного каналу;
 - 4 — блок живлення джерела УФ випромінювання;
 - 5 — блок живлення опорного каналу; 6 — вольтметр вимірювального блока опорного каналу;
 - 7 — вентилятор; 8 — корпус освітлювача.
- Fig. 2. Block diagram of a source of UV radiation:
 1 — source of UV radiation lamp DRT125;
 2 — interference filters; 3 — channel photodetector reference;
 4 — power supply sources of UV radiation;
 5 — power supply reference channel; 6 — voltmeter measuring unit reference channel; 7 — fan;
 8 — lighter body.

▪ для калібрування радіометрів видимого випромінювання виділяється лінія $\lambda_{5\max} = 546$ нм.

Спектральні характеристики інтерференційних світлофільтрів наведені на рис. 3. Для наочності на рис. 3 темнішим кольором наведені ртутні лінії, які виділяються за допомогою інтерференційних світлофільтрів. Як видно з рисунку, найскладніше виділити спектральну лінію з максимумом $\lambda_{\max} = 254$ нм, оскільки виготовлення більш вузько-смужового світлофільтра для виробників інтерференційних світлофільтрів є серйозною проблемою.

Також зазначимо, що на рис. 3 наведено лише форму спектральних характеристик світлофільтрів без абсолютних значень коефіцієнтів пропускання.

Для виділення зазначених вище ліній ртуті розроблено та виготовлено вузько-смужові інтерференційні світлофільтри для виділення ліній ртуті в УФ та видимому спектральному діапазоні оптичного випромінювання, спектральні характеристики та коефіцієнти пропускання яких наведені на рис. 4. Технічні характеристики зазначених світлофільтрів наведено у таблиці 1.

Розроблені інтерференційні вузько-смужові світлофільтри для освітлювача УФ діапазону спектра ИДНМ4.020.00.00, як видно з рис. 4 та таблиці 1, мають мінімальні коефіцієнти пропускання за межами робочого діапазону довжин хвиль, які не перевищують 0,2%. Ця обставина дозволяє здійснювати впевнене калібрування УФ радіометрів та дозиметрів на вибраних довжинах хвиль за потоків УФ випромінювання не більше $2 \cdot 10^2$ Вт/м², що відповідає вимогам санітарних норм [1].

Основні параметри та метрологічні характеристики джерела УФ випромінювання є достатніми для калібрування вимірювачів параметрів УФ випроміню-

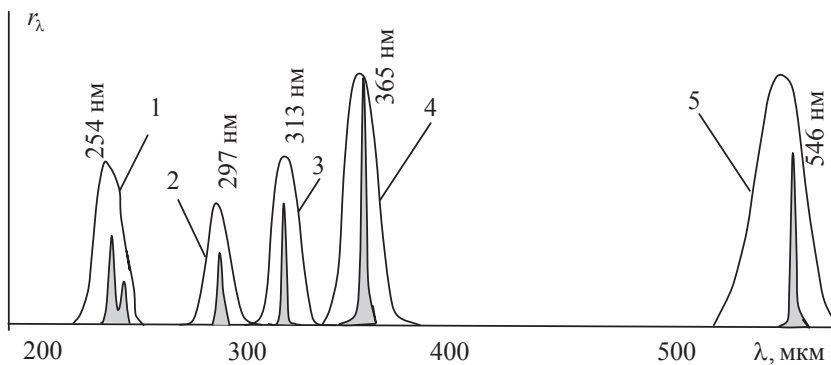


Рис. 3. Спектральні характеристики інтерференційних світлофільтрів, які виділяють лінії ртутної лампи: 1 — лінію 254 нм; 2 — лінію 297 нм; 3 — лінію 313 нм; 4 — лінію 365 нм; 5 — лінію 546 нм

Fig. 3. Spectral characteristics of interference filters that emit mercury lamp line: 1 — line 254 nm; 2 — line 297 nm; 3 — line 313 nm; 4 — line 365 nm; 5 — 546 nm line.

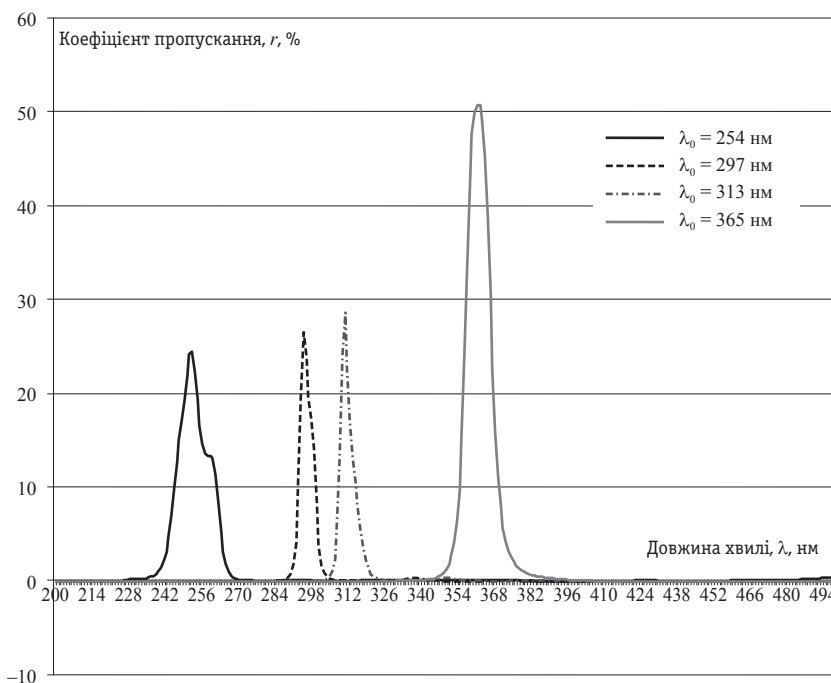


Рис. 4. Спектральні характеристики та коефіцієнти пропускання вузько-смужових інтерференційних світлофільтрів для виділення ліній ртуті в ультрафіолетовому та видимому спектральному діапазоні оптичного випромінювання.

Fig. 4. Spectral transmittance characteristics and narrowband interference filters for the release of mercury lines in the ultraviolet and visible spectral range of optical radiation.

вання. Точність установлення максимумів довжини хвиль випромінювання не перевищує $\pm 2\%$, нестабільність потоку випромінювання не перевищує $\pm 1,2\%$, нерівномірність енергетичної освітленості не перевищує 5%.

УСТАНОВКА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУТЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНИХ ПРИЛАДІВ

З метою аналізу спектральних характеристик чутливості приладів для вимірювання параметрів

Таблиця 1. Технічні характеристики вузькосмугових інтерференційних світлофільтрів для виділення ліній ртуті в УФ та ВД спектральних діапазонах оптичного випромінювання

Table 1. Specifications narrowband interference filters to highlight the lines of mercury in the UV spectral range and VD optical radiation

Найменування параметра	Норма параметра
Положення центра смуги пропускання λ_0 , нм	
світлофільтр № 1	254 ± 2
світлофільтр № 2	297 ± 2
світлофільтр № 3	313 ± 2
світлофільтр № 4	365 ± 2
Напівширина $\Delta\lambda_{0,5}$, нм	
фільтра № 1	20 ± 5
фільтрів №№ 2—4	10 - 12
Ширина спектра на рівні 0,1 $T_{\text{макс}}$. ($\Delta\lambda_{0,1}$)	
фільтра № 1	50 - 70
фільтрів №№ 2—4	20 - 30
Загальні вимоги до світлофільтрів 1—4	
Коефіцієнт пропускання у максимумі, не менший від, %	25 - 30
Нерівномірність коефіцієнта пропускання у межах світлового діаметра, не більша, %	10
Коефіцієнт пропускання фільтрів поза робочих діапазонів (в діапазоні до 500 нм), не більший за, %	0,2
Світловий діаметр, мм	26 ± 1
Товщина світлофільтра, не більша за, мм	7

оптичного випромінювання у спектральному діапазоні (0,2—2) мкм, призначених для вимірювання параметрів енергетичних характеристики оптичного випромінювання, розроблено установку для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00 на базі автоматизованого спектрального комплексу КСВУ-23 (рис. 5), а структурну схему представлено на рис. 6 [14].

Установка складається з джерела випромінювання, освітлювача, монохроматора, фотоприймального блока та електро-реєструвального пристрою. Перед вхідною щілиною монохроматора встановлюється блок освітлювача з дейтерієвою лампою ДДС30 та лампою розжарювання ОП-33-0.3. Дейтерієва лампа призначена для забезпечення вимірювань у діапазоні (200—500) нм.

Спектральні характеристики розподілення потоку випромінювання лампами ДДС30 і ОП-33 на виході монохроматора наведено на рис. 7.

Як видно з рисунка, величини потоків у спектральних діапазонах (200—220) нм та (450—500) нм не



Рис. 5. Зовнішній вид установки для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00
Fig. 5. Appearance setting to measure the spectral sensitivity characteristics of the electron-optical devices ИДНМ4.011.00.00.

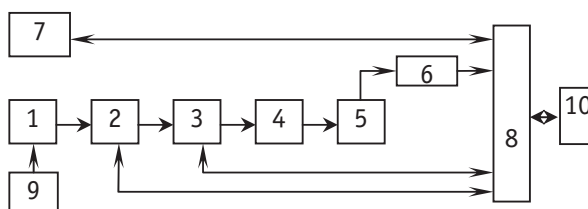


Рис. 6. Структурна схема установка для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00
1 — джерело випромінювання; 2 — освітлювач; 3 — монохроматор; 4 — конденсор; 5 — спектрометрична головка; 6 — прецизійний підсилювач ППТН-03; 7 — діалого-обчислювальний комплекс; 8 — програмний пристрій керування; 9 — стабілізатор; 10 — друкувальний пристрій
Fig. 6. Block diagram of setup to measure the spectral sensitivity characteristics of the electron-optical devices ИДНМ4.011.00.00.

1 — source of radiation; 2 — illuminator; 3 — monochromator; 4 — condenser; 5 — spectrometry head; 6 — precision amplifier ППТН-03; 7 — interactive computer system; 8 — device management software; 9 — stabilizer; 10 — printer.

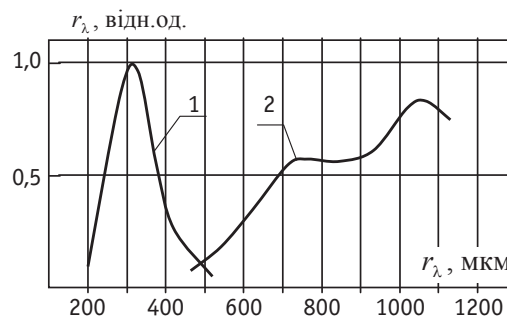


Рис. 7. Спектральні характеристики розподілення потоку випромінювання лампами ДДС30 і ОП-33 на виході монохроматора:

1 — лампа ДДС30; 2 — лампа ОП-33

Fig. 7. The spectral characteristics of the distribution of radiation flux lamp ДДС 30 and ОП-33 at exit monochromator: 1 — lamp ДДС30; 2 — lamp ОП-33



Рис. 8. Прецизійний перетворювач струм-напруга ППТН-03

Fig. 8. The precision converter current-voltage ППТН-03

Таблиця 2. Технічні характеристики установки для вимірювання спектральних характеристик чутливості електронно-оптичних приладів ИДНМ4.011.00.00

Table 2. Specifications installations for measuring spectral sensitivity characteristics of the electron-optical devices ИДНМ4.011.00.00

Характеристика	Норма
Діапазон роботи, нм	200 — 2000
Фокусна відстань дзеркального об'єктива, мм	600
Відносний отвір	1:6
Дифракційні ґратки — змінні: число штрихів на мм робоча область, нм	1200-I, 1200-II, 600-III 200 — 350 — 700 — 500; 1000; 2000
Область максимальної концентрації енергії, нм	250; 500; 1000
Зворотна лінійна дисперсія, нм/мм	1,3 2,6
Робочий порядок	Перший
Швидкість сканування для ґратки 1200 штр/мм, нм/с	0,2 — 80

перевищують 20% від потоку в максимальному розподіленні, тому похибки вимірювань спектральних характеристик чутливості ЗВТ або коефіцієнтів пропускання світлофільтрів, що досліджуються, зростають у (2—5) разів порівняно з похибкою в спектральному діапазоні (250—450) нм.

Необхідно відзначити, що рівень фонового (розсіяного всередині монохроматора) потоку випромінювання достатньо великий. Для зменшення його впливу на якість вимірювання, комплекс КСВУ-23 доукомплектовано ще одним монохроматором МДР-23. У такий спосіб отримано подвійний монохроматор.

Фотоприймачі, які входять до складу промислового комплексу спектрального КСВУ-23, не задовольняли вимогам до еталонних засобів вимірю-

вання в діапазоні вимірювань (200—2000) нм. Тому розроблено, виготовлено та атестовано за відносною та абсолютною чутливостями у спектральному діапазоні від 200 до 1100 нм спектральну головку радіометричну (ГР) на основі прецизійного фотодіода типу ФД-228В.

Параметри розробленої ГР такі:

- * величина чутливості спектральної характеристики у максимумі $S_{D,max} = 0,34$ А/Вт;
- * темновий струм головки спектральної за робочої напруги $U_p = 1$ В не перевищує $I_T = 1 \cdot 10^{-9}$ А (за напруги $U_p = 0,01$ В струм $I_m \leq 1 \cdot 10^{-11}$ А);
- * нестабільність чутливості протягом 8 годин неперервної роботи менша 0,5%;
- * нелінійність енергетичної характеристики головки за зміни потоку випромінювання від $5\Phi_n$ до $10^6\Phi_n$ не перевищує $\pm 1\%$ (Φ_n — порогова чутливість головки).

Для опрацювання фотосигналу установкою ИДНМ4.011.00.00 на базі комплексу КСВУ-23 його напруга повинна бути на рівні (0,1—1,0) В. Тому для підсилення фотосигналу розроблено прецизійний перетворювач струм-напруга, який має сполучення з комп'ютером ППТН-03 (рис. 8) [15] з коефіцієнтами підсилення від 10^2 до 10^8 В/А. Основна відносна похибка перетворення ППТН-03 не перевищує $\pm 1,0\%$.

Технічні характеристики установки ИДНМ4.011.00.00 наведено у таблиці 2.

СТЕНД ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СТАБІЛЬНИХ ПОТОКІВ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗА ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І НЕЛІНІЙНОСТІ ЧУТЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ

Важливою характеристикою ЗВТ, які застосовуються для вимірювання характеристик УФ випромінювання, є лінійність вихідного сигналу в широкому діапазоні зміни потоків випромінювання вхідного оптичного сигналу (тобто потоку випромінювання).

Для вимірювання нелінійності енергетичної характеристики розроблено та виготовлено стенд для формування стабільних потоків випромінювання за вимірювання енергетичних характеристик і нелінійності чутливості електронних приладів ИДНМ4.004.00.00 [14, 16], структурну схему якого представлено на рис. 9, зовнішній вид — на рис. 10.

Завдяки спектральному складу випромінювання лампи типу КГМ24-150 забезпечується вимірювання енергетичних характеристик ЗВТ, чутливих в УФ області спектра. Концентрація потоку випромінювання

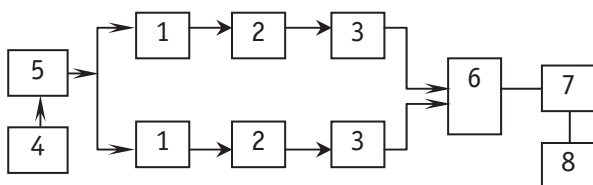


Рис. 9. Структурна схема стенда для формування стабільних потоків випромінювання за вимірювання характеристик і нелінійності чутливості електронних приладів ИДНМ4.004.00.00.

1 — джерело оптичного випромінювання; 2 — лампа типу КГМ24-150; 3 — ослаблювач; 4 — блок живлення; 5 — амперметр; 6 — фотоприймальна камера; 7 — ППТН-03; 8 — вольтметр

Fig. 9. Block diagram stand for the formation of stable flows in measuring radiation characteristics of nonlinearity and sensitivity of electronic devices ИДНМ4.004.00.00.

1 — source of optical radiation; 2 — lamp type КГМ24-150; 3 — loosened; 4 — power supply; 5 — ammeter; 6 — cell photodetector; 7 — ППТН-03; 8 — voltmeter.

забезпечується об'єктивними, а його ослаблення — світлофільтрами.

Метод вимірювання складається з послідовного нарощування потоків випромінювання від рівня темного сигналу з почерговим засвітленням датчика ЗВТ, потоком з одного каналу випромінювання, далі другого, а далі й обох каналів випромінювання доти, доки відхилення сигналу не досягне заданого рівня. Відношення максимального сигналу до темного визначає динамічні діапазони чутливості ЗВТ. Параметри розробленого стенда такі:

► максимальний рівень створюваної освітленості — не менший 100 000 лк;

► нестабільність потоку випромінювання — не більша $\pm 1.0\%$;



Рис. 10. Зовнішній вид стенду для формування стабільних потоків випромінювання за вимірювання енергетичних характеристик і нелінійності чутливості електронних приладів ИДНМ4.004.00.00
Fig. 10. Appearance stand to form a stable flow of radiation in measuring energy performance and sensitivity nonlinearity ИДНМ4.004.00.00 electronic devices.


► коефіцієнт дискретного послаблення потоку випромінювання ($K_{\text{пос}}$) у кожному оптичному каналі за положення перемикача:

1 — без ослаблення; 2 — $10 \pm 30\%$; 3 — $100 \pm 30\%$; 4 — $1000 \pm 30\%$.

Розроблений комплекс для калібрування і градування оптоелектронних приладів, чутливих в ультрафіолетовому діапазоні спектра, пропонується для застосування як централ стандартизації та метрології, так і виробникам та користувачам ЗВТ, призначених для вимірювання та дослідження енергетичної освітленості (інтенсивності) та енергетичної дози (експозиції), створюваних УФ випромінюванням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Санітарні норми УФ випромінювання у виробничих приміщеннях (№ 4557-88): ДНАОП 0.03-3.17-88. — [чинний від 1988-01-02]. М.: Изд-во стандартов (Sanitary standards UV radiation in industrial premises (№ 4557-88): DNAOP 0.03-3.17-88. — [Valid from 01.02.1988]. М.: Publishing Standards (State Standard of the USSR), 1988. — 175 с/р. (Державний стандарт СРСР).
2. Средства измерений характеристик ультрафиолетового излучения в охране труда. Методика поверки: ГОСТ Р 8.590-2001. — [чинний від 2001-10-01]. М.: ИПК Изд-во стандартов (The measuring ultraviolet radiation performance in occupational safety and health. Verification Method: GOST R 8.590-2001. — [Valid from 2001-10-01]. М.: ИПК Publishing House of Standards (Reigning Russian standard)), 2002. — 21 с/р. (Державний стандарт РФ).
3. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения производственных источников: СН 2.2.4-13-45-2005. — [чинний від 2005-16-12]. Минск.: Изд-во стандартов (Health standards of industrial UV sources: СН 2.2.4-13-45-2005. — [Valid from 2005-16-12]. Minsk.: Publishing House of Standards (Reigning standard Respubliki Belarus)), 2006. — 10 с/р. (Державний стандарт Республіки Беларусь).
4. Рекомендации Американской Конференции Урядових Індустріальних Гігієністів (ACGIH) стосовно вимірювань УФ випромінювання [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу (Recommendations by the American Conference Government of Industrial Hygienists (ACGIH) for measuring UV radiation [electronic resource]. — Access to the website: http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ultravioletradiation.html): http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ultravioletradiation.html.

5. Міжнародний стандарт М/Н 2001 ACGIH TLVs [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу (Interethnic standard M/N 2001 ACGIH TLVs [electronic resource]. — Access to the website: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ultravioletradiation.html]: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ultravioletradiation.html].
6. В.К. Бутенко, Ю.Г. Добровольский, Б.Г. Шабашкевич, В.Г. Юрьев Интеллектуальный радиометр ультрафиолетового излучения и его метрологическое обеспечение // Український метрологічний журнал (V.C. Butenko, Yu.G. Dobrovolsky, B.G. Shabashkevich, V.G. Yuriev. Intelligent UV radiometer and metrological maintenance // Ukrainsky metrologichny magazine). — 2007. — №4. — с/р. 32—37.
7. Паспортні дані на Бактерицидний ультрафіолетовий облучатель светолит 90Н (Passport data on germicidal ultraviolet irradiator Lightstone 90N [electronic resource]. — Access to the website: http://www.lit-uv.com/ru/products/obezzarazhivanie-vozduha/ultrafiolotovyyj-obluchatel/) http://www.lit-uv.com/ru/products/obezzarazhivanie-vozduha/ultrafiolotovyyj-obluchatel/.
8. В.В. Ахмадеев, А.В. Красночуб, А.В. Шепелин, А.В. Якименко Стабилизированный переносной ультрафиолетовый облучатель // Приборы и техника эксперимента (V.V. Akhmadeev, A.V. Krasnochub, A.V. Shepelin, A.V. Yakimenko. Stabilized portable UV irradiator // Instruments and Experimental Techniques). — 2004. — № 6. — с/р. 134—135.
9. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. Москва.: Энергоатомиздат (Eisenberg Y.B. Handbook of Illumination. Moscow.: Energoatomisdat), 1983, с/р. 95—97.
10. Каталог цветного стекла. М.: «Машиностроение» (Catalog of colored glass. М.: «Engineering»), 1967. — 98 с/р.
11. ГОСТ 17772-88. Приёмники излучения полупроводниковые фотоэлектрические и фотоприёмные устройства. Методы измерения фотоэлектрических параметров и определения характеристик. — М.: Издательство стандартов (GOST 17772-88. Radiation detectors and photovoltaic semiconductor photodetector. Methods of measurement of photoelectric parameters and characterization. — М.: Publisher standards), — 1988, — 120 с/р.
12. В.К. Бутенко, Ю.Г. Добровольский, Б.Г. Шабашкевич, В.Г. Юрьев Освітлювач для калібрування УФ радіометрів // Український метрологічний журнал (V.K. Butenko, Yu.G. Dobrovolsky, B.G. Shabashkevych, V.G. Yurev For calibration of UV radiometers // Ukrainian Metrological Journal). — 2008. — № 1. — с/р. 29—33.
13. Паспортні дані на фотодіоди [електронний ресурс]. ВАР «Кварц»: — Режим доступу до паспортних даних на фотодіоди (Passport data on photodiodes [electronic resource]. JSC «Quartz»: — Access to passport data on photodiodes: http://www.quartz.cv.ua/products/index.html): http://www.quartz.cv.ua/products/index.html.
14. Добровольский Ю.Г., Шабашкевич Б.Г. Прилади НВФ «Тензор» для метрологічних досліджень параметрів світлового середовища // Світлотехніка та електроенергетика (Dobrovolsky Yu.G., Shabashkevych B.G. Automatic SPC «Tensor» for metrology research settings light environment // Lighting and electricity). — 2009. — № 3. С/Р. 25—29.
15. Воробец Г.И., Воропаева С.Л., Добровольский Ю.Г., Шабашкевич Б.Г., Юрьев В.Г. Модуль сопряжения измерительного прибора с персональным компьютером // Науковий вісник Чернівецького університету. Комп'ютерні системи та компоненти (Vorobets G.I. Vorobiev S.D., Dobrovolsky Yu.G., Shabashkevich B.G., Yuriev V.G. Module interface meter with a personal computer // Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Computer systems and components). 2011. Т/В. 2. № 2. — С/Р. 53—56.
16. Шабашкевич Б.Г., Добровольський Ю.Г. Юрьев В.Г. Метрологічний комплекс — робочий еталон сили світла, освітленості та яскравості. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», 24—26 квітня 2012 р., Тернопіль (Україна) — Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Shabashkevych B.G., Dobrovolsky Yu.G. Yuriev V.G. Meteorological Complex — standard work intensity, illumination and brightness. Of the IV International scientific conference «Lighting and electricity: History, Problems and Prospects», 24—26 April 2012, Ternopil (Ukraine) — Ternopil: Ternopil National Technical University. Ivan hunt), 2012. — С/Р. 80. 

Отримано / received: 10.03.2016.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Л.А. Назаренком (Україна).
Prof. L.A. Nazarenko, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published