

## Методи і системи оптично-електронної та цифрової обробки сигналів

L. A. Mikheenko, A. I. Gensitskiy

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

### CHOISE FORM FACTOR OF DIFFUSE RADIATOR OF VARIABLE BRIGHTNESS

The paper proposes the uniform light sources which have a form of several or multiple optically connected integrating spheres. The principal advantages of these light sources are high photometric and metrological characteristics. As a result they have good perspectives in optical radiometry and calibration of imaging systems and optical instruments. The principal field of their application is calibration of remote sensing instruments and sensitive megapixel cameras. The light source contains several (3 ... 11) primary integrating spheres of small diameters which are installed on a secondary integrating sphere of bigger diameter. The initial light sources – halogen lamps or light emitted diodes are installed inside the primary integrating spheres. These spheres are mounted on the secondary one through diaphragms which diameters can be varied. The secondary integrating sphere has an output aperture where uniform radiance emits. The paper presents the results of theoretical and experimental research of these light sources including the techniques for radiance calculation and the recommendations for light source design.

**Keywords:** illumination unit, energetic characteristic, techniques parametrs.

Надійшла до редакції  
22 лютого 2010 року

УДК 528.7:621.382

### ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ВІЯВЛЕННЯ ПІДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ НАЯВНОСТІ «СОНЯЧНОЇ ДОРІЖКИ»

Нога Н. М., Русняк І. М., Стефанович В. Т.  
Державне підприємство «НДІ “Квант”», м. Київ, Україна

Розглядається розрахунок освітленості в товщі води, що є складовою енергетичного розрахунку оптико-електронної системи (ОЕС) виявлення підводних об'єктів (ПО), при наявності «сонячної доріжки». Врахування явища «сонячної доріжки» в енергетичному розрахунку може суттєво вплинути на технічні характеристики такої ОЕС. За базовий використовується розрахунок, який був виконаний для випадку розміщення ОЕС під водою. Аналізується можливість використання такого розрахунку для випадку розміщення ОЕС на борту літального апарата і спостереження ПО крізь морську поверхню. Проведено чисельне моделювання освітленості у товщі води, що враховує компоненту, обумовлену власне «сонячною доріжкою», і компоненту, обумовлену розсіяним в передню півсферу випромінюванням. Показано, що отримані результати розрахунку компоненти освітленості, обумовленої «сонячною доріжкою», суттєво занижені порівняно з результатами розрахунку освітленості в товщі води, проведеного без урахування явища «сонячної доріжки». Визначено, що головна причина такої невідповідності полягає у недосконалості врахування впливу хвилювання морської поверхні на проходження оптичного випромінювання крізь границю середовищ «повітря-вода». Подальший напрямок досліджень пов'язаний з удосконаленням врахування цього впливу.

**Ключові слова:** «сонячна доріжка», освітленість в товщі води, виявлення підводних об'єктів.

#### Вступ. Постановка задачі

Оптико-електронні системи (ОЕС) виявлення підводних об'єктів (ПО) належать до систем, розробці яких приділяється особлива увага [1, 2]. Незважаю-

чи на те, що теоретичні засади побудови таких ОЕС були розроблені ще у 1980-их роках, їх енергетичний розрахунок і визначення на його підставі технічних характеристик ОЕС, зокрема їх дальності дії, носить оціночний характер. Це обумовлено складністю математичного опису енергетичних процесів, які відбуваються при поширенні оптичного випромінювання у середовищах з низькою прозорістю, зокрема у морській воді. Найбільш поширений математичний опис таких енергетичних процесів наведений у [3]. Він носить оціночний характер і дає можливість провести первинну оцінку технічних характеристик ОЕС виявлення ПО залежно від умов функціонування ОЕС.

У випадку розміщення ОЕС, що призначена для виявлення ПО, на борту літального апарата така ОЕС веде спостереження за водним середовищем крізь морську поверхню. Зазвичай в оціночних розрахунках освітленості у товщі води морська поверхня розглядається як плоска границя розділу двох середовищ. Наявність внаслідок вітру хвиль на морській поверхні або зовсім не враховується, або враховується через статистичне усереднення зображення ПО [4]. При цьому зображення отримується за час накопичення сигналу, що значно перевищує період хвилювання морської поверхні. Саме ж зображення виводиться на екран відеомонітора і оцінюється оператором візуально.

Такий підхід врахування впливу хвиль на морській поверхні на розподіл освітленості в товщі води не придатний для ОЕС, в яких немає можливості реалізації режиму накопичення сигналу. До таких ОЕС належать системи, що містять пристрої лазерного підсвічування, сканування та автоматичного виявлення ПО. При побудові таких ОЕС особливого значення набуває врахування поточного розподілу освітленості в товщі води, оскільки це впливає на технічні характеристики ОЕС і на технічні рішення, за допомогою яких ці характеристики досягаються.

Одним з чинників, який суттєво впливає на освітленість в товщі води, є явище «сонячної доріжки». З натурних спостережень відомо, що вплив «сонячної доріжки» залежно від хвилювання морської поверхні може бути настільки суттєвим, що на невеликих глибинах на дні навіть формується відповідне зображення [5, 6]. Тому актуальність розрахунку розподілу освітленості у товщі води при наявності «сонячної доріжки» обумовлена необхідністю оптимізації технічних рішень ОЕС виявлення ПО в умовах впливу суттєвих перепадів освітленості. Зокрема, подібний оціночний розрахунок запропоновано в [5] стосовно спостереження «сонячної доріжки» оптичним приладом, розміщеним під водою. Вплив наявності хвиль на морській поверхні на розподіл освітленості в товщі води розглядається також в [6], але він обмежений випадком спостереження за межами зони «сонячної доріжки».

Викладені в [5] принципи розрахунку впливу «сонячної доріжки» на розподіл освітленості у товщі води доцільно проаналізувати з метою визначення можливості їх поширення на інші випадки розміщення ОЕС, зокрема на борту літального апарата. Такий аналіз може бути проведений порівнянням результатів розрахунку згідно з [5] при наявності «сонячної доріжки» за результатами роз-

рахунку згідно з [3], коли вплив «сонячної доріжки» не враховується. Саме вирішенню цієї задачі присвячена дана робота.

### Основна частина

Оптичне випромінювання, що перетинає лінію розділу «повітря – морська вода» і поширюється далі у воді, зазнає ослаблення внаслідок розсіювання і поглинання. У товщі морської води утворюється розподіл спектральної освітленості  $E_{\text{мд}}(\lambda)$ , який для випадку плоскої границі оптичних середовищ визначається за формулою [3]

$$E_{\text{мд}}(\lambda) = E_{\text{МП}}(\lambda)\tau_{2\text{МП}} \exp(-\gamma_1\varepsilon(\lambda)h), \quad (1)$$

$$\gamma_1 = 1 - (1 - \varphi_0)\Lambda(\lambda),$$

де  $E_{\text{МП}}(\lambda)$  – спектральна освітленість морської поверхні;  $\tau_{2\text{МП}}$  – показник пропускання випромінювання морською водою при поширенні випромінювання з атмосфери у воду,  $\tau_{2\text{МП}} = 0,98$ ;  $\varepsilon(\lambda)$  – показник ослаблення випромінювання;  $h$  – глибина;  $\Lambda(\lambda)$  – імовірність виживання фотонів,  $\Lambda(\lambda) = \frac{\sigma(\lambda)}{\varepsilon(\lambda)}$ ;  $\sigma(\lambda)$  – показник розсіювання випромінювання;

$$\varphi_0 = 10^{-3} \frac{0,4 + 7,83\varepsilon(\lambda) + 3,65\varepsilon^2(\lambda)}{0,955\varepsilon(\lambda) - 0,03}. \quad (2)$$

Освітленість  $E_{\text{МП}}(\lambda)$  розраховується таким чином:

$$E_{\text{МП}}(\lambda) = \frac{2E_0(\lambda)}{4 + (3 - x_1)\tau_0(\lambda)} (2,5 - 0,5\exp(-\tau_0(\lambda))), \quad (3)$$

де  $E_0(\lambda)$  – освітленість сонячним випромінюванням верхньої границі атмосфери;  $x_1$  – перший член розкладу індикатриси розсіювання за поліномом Лежандра, в подальших розрахунках прийнято  $x_1 = 1,5$ ;  $\tau_0(\lambda)$  – оптична товща атмосфери.

Оціночний розрахунок проведемо для випадку випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda = 0,53$  мкм. Цей випадок має особливе прикладне значення з точки зору можливості застосування додаткового лазерного підсвічування, оскільки морська вода має мінімальний показник поглинання  $k(\lambda)$  для  $\lambda = 0,47 \dots 0,53$  мкм.

Для акваторії Чорного моря прийемо прозорість води по диску Секи  $E_0(\lambda) = 1,95$  Вт/(м<sup>2</sup>нм);  $z_6 = 25$  м [3]. Тоді  $\varepsilon(\lambda) = 0,2$  м<sup>-1</sup>;  $\Lambda(\lambda) = 0,78$ ;  $\sigma(\lambda) = 0,156$  м<sup>-1</sup>;  $\tau_0(\lambda) = 0,3$ ;  $k(\lambda) = 0,044$  м<sup>-1</sup>.

Результати розрахунку  $E_{\text{мд}}(\lambda)$  показані на рис. 1.

Як слідує з графіка (рис.1), з зростанням глибини  $h$  з 5 м до 25 м освітленість  $E_{\text{мд}}(\lambda)$  монотонно спадає від 1,45 до 0,58 Вт/(м<sup>2</sup>нм), що відповідає даним, наведеним в [6].

Спектральна освітленість  $E_c(\lambda)$  на глибині  $h$ , яка утворюється внаслідок явища «сонячної доріжки», має складову  $E_{c1}(\lambda)$ , що обумовлена випроміню-

ванням власне «сонячної доріжки», та складову  $E_{c2}(\lambda)$ , що обумовлена розсіяним вперед випромінюванням у товщі води [5]:

$$E_c(\lambda) = E_{c1}(\lambda) + E_{c2}(\lambda). \quad (4)$$

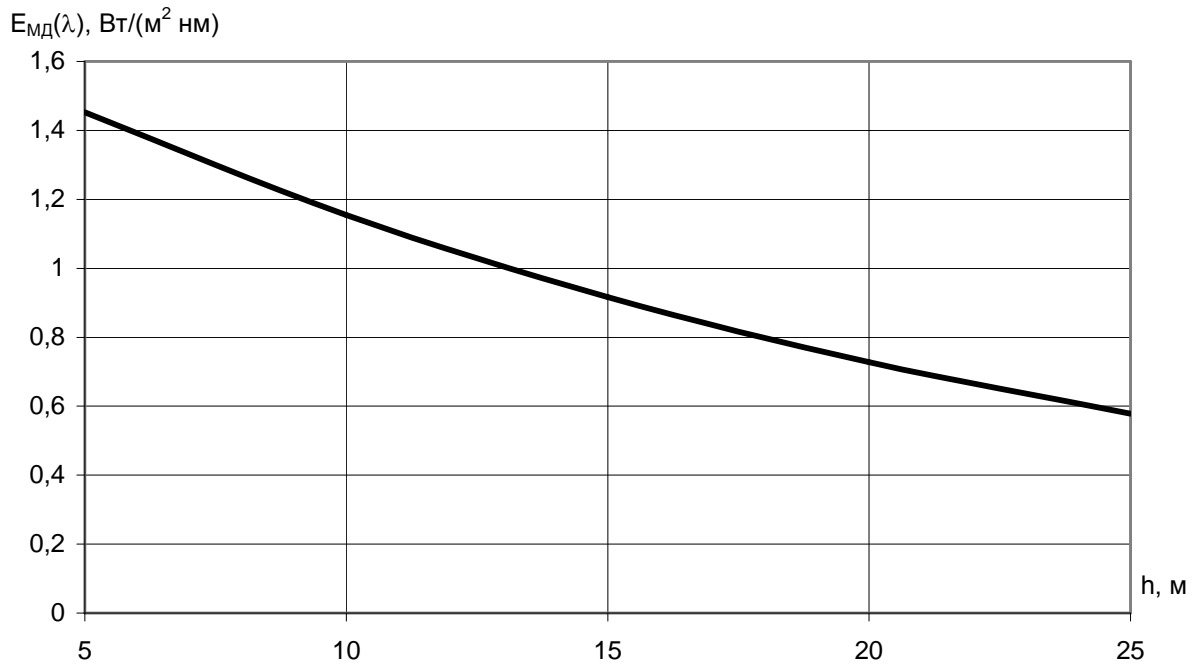


Рис. 1. Освітленість  $E_{MD}(\lambda)$  у товщі морської води для  $\lambda = 0,53$  мкм.

Освітленість  $E_{c1}(\lambda)$  розраховується за формулою

$$E_{c1}(\lambda) = n(1-R) \frac{E_{МП}(\lambda)}{\theta_c \sqrt{d_0}} \exp\left(-\left(\varepsilon(\lambda)h + \frac{n_x^2}{d_0} + \frac{n^2 n_y^2}{\theta_c^2}\right)\right), \quad (5)$$

де  $R$  – коефіцієнт відбивання;  $n = 1,34$  – показник заломлення випромінювання морською водою;  $\theta_c = 0,0087$  рад – кутовий розмір Сонця;  $n_x, n_y$  – горизонтальні складові одиничного вектора, які характеризують напрямок поширення випромінювання;

$$d_0 = \frac{2(n-1)^2 \langle \eta_x^2 \rangle + \theta_c^2}{n^2}, \quad (6)$$

$\eta_x$  – горизонтальна складова вектора ухилів поверхні води;

$$\langle \eta_x^2 \rangle = 5 \cdot 10^{-3} \upsilon,$$

$\upsilon$  – швидкість вітру, м/с.

Освітленість  $E_{c2}(\lambda)$  розраховується таким чином:

$$E_{c2}(\lambda) = n(1-R) E_{МП}(\lambda) \exp(-k(\lambda)h) (1 - \exp(-\sigma(\lambda)h)) X_x(n_x) X_y(n_y); \quad (7)$$

$$X_x(n_x) = \sqrt{\frac{1}{d_0 + d_1}} \exp\left(-\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_1^2} \left(\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_1}\right)^{-1}\right) n_x^2\right);$$

$$X_y(n_y) = \sqrt{\frac{1}{\theta_c^2 + n^2 d_1}} \exp\left(-\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_1^2} \left(\frac{n^2}{\theta_c^2} + \frac{1}{d_1}\right)^{-1}\right) n_y^2\right);$$

$$d_1 = \sigma(\lambda) \langle \gamma^2 \rangle h,$$

де  $\gamma$  – кут розсіяння,  $\langle \gamma^2 \rangle$  – дисперсія індикатриси розсіяння,

$$\langle \gamma^2 \rangle = 0,021 + \frac{0,765}{1 + \frac{1}{\Phi_0}}. \quad (8)$$

Коефіцієнт відбивання  $R$  визначається за формулою Френеля [7]:

$$R = \frac{1}{2} \left( \frac{\sin^2(\theta_n - \theta_s)}{\sin^2(\theta_n + \theta_s)} + \frac{\text{tg}^2(\theta_n - \theta_s)}{\text{tg}^2(\theta_n + \theta_s)} \right),$$

де  $\theta_n, \theta_s$  – кути падіння і заломлення випромінювання відповідно.

Розрахунок проведемо для акваторії Чорного моря, широта  $\varphi = 45^\circ$  (широта м. Феодосія  $\varphi_\Phi = 45,0^\circ$ , широта м. Севастополь  $\varphi_C = 44,6^\circ$ ). Для широти  $\varphi = 45^\circ$  прийемо середню літню висоту Сонця  $\theta = 55^\circ$  [8]. Тоді  $\theta_n = 35^\circ$ ;  $\theta_s = 25,34^\circ$ ;  $R = 0,023$ ;  $n_x = \sin \theta_s = 0,4280$ ;  $n_y = 0$ .

У табл. 1 показані результати розрахунку освітленості  $E_{c1}(\lambda)$  для різної швидкості вітру, на рис. 2 – освітленості  $E_{c2}(\lambda)$ .

Таблиця 1. Освітленість  $E_{c1}(\lambda)$  (Вт/(м<sup>2</sup>нм)), обумовлена випромінюванням «сонячної доріжки»

$h, \text{ м}$	5	10	15	20	25
$\nu, \text{ м/с}$					
1	$3,93 \cdot 10^{-113}$	$1,44 \cdot 10^{-113}$	$5,31 \cdot 10^{-114}$	$1,95 \cdot 10^{-114}$	$7,19 \cdot 10^{-115}$
3	$1,12 \cdot 10^{-37}$	$4,10 \cdot 10^{-38}$	$1,51 \cdot 10^{-38}$	$5,55 \cdot 10^{-39}$	$2,04 \cdot 10^{-39}$
5	$7,20 \cdot 10^{-22}$	$2,65 \cdot 10^{-22}$	$9,75 \cdot 10^{-23}$	$3,59 \cdot 10^{-23}$	$1,32 \cdot 10^{-23}$
7	$4,92 \cdot 10^{-15}$	$1,81 \cdot 10^{-15}$	$6,66 \cdot 10^{-16}$	$2,45 \cdot 10^{-16}$	$9,01 \cdot 10^{-17}$
10	$6,74 \cdot 10^{-10}$	$2,48 \cdot 10^{-10}$	$9,13 \cdot 10^{-11}$	$3,36 \cdot 10^{-11}$	$1,24 \cdot 10^{-11}$

Згідно з отриманими в табл. 1 результатами, значення  $E_{c1}(\lambda)$  дуже малі, тому основний вклад в освітленість в товщі води вносить розсіяна компонента  $E_{c2}(\lambda)$  (рис. 2). Проте це не відповідає результатам розрахунку  $E_{мд}(\lambda)$ , показаним на рис. 1, а також результатам натурних спостережень, про які вже зазначалось вище і згідно з якими освітленість  $E_{c1}(\lambda)$ , обумовлена явищем «сонячної доріжки», достатня, щоб створити зображення хвилювання морської поверхні на дні при глибинах до 20 м.

Аналіз формул (5) і (6) показує, що величина  $d_0$  знаходиться у межах від

0,000686 до 0,00686 для  $5 \text{ м} \leq h \leq 25 \text{ м}$ .

Відповідно ступінь експоненти у формулі (5) є великим зі знаком «мінус» (-268,1 для  $h = 5 \text{ м}$ ), а сама величина  $E_{c1}(\lambda)$  – малою (табл. 1). Тому розрахунок освітленості  $E_{c1}(\lambda)$ , наведений в [5], потребує доопрацювання у частині врахування через коефіцієнт  $d_0$  впливу хвилювання морської поверхні на освітленість  $E_{c1}(\lambda)$  у товщі води.

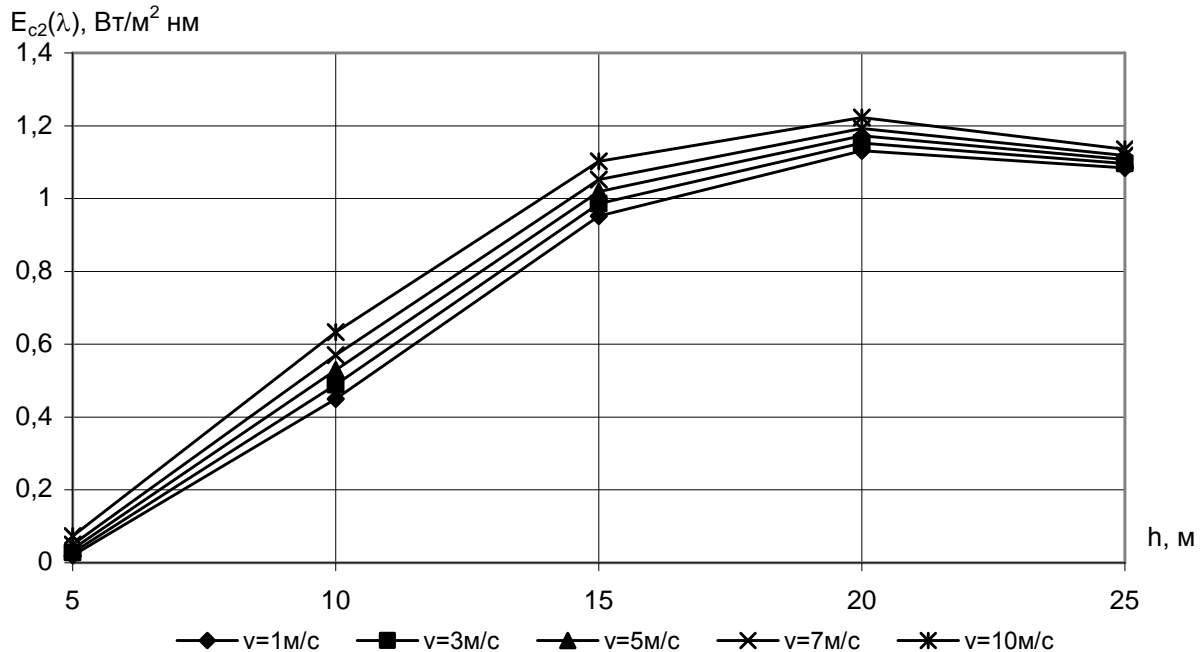


Рис. 2. Освітленість  $E_{c2}(\lambda)$ , обумовлена розсіяним вперед випромінюванням у товщі морської води.

Освітленість  $E_{пор}(\lambda)$ , що утворюється на глибині  $h$  завадою зворотного розсіяння, визначається за формулою [4]

$$E_{пор}(\lambda) = E_{МП}(\lambda) \frac{\Phi_0 \Lambda(\lambda) \tau_{2МП}}{4\gamma_1} \exp(-\gamma_1 \varepsilon(\lambda) h) (1 - \exp(-2\gamma_1 \varepsilon(\lambda) h)). \quad (9)$$

На рис. 3 показані результати розрахунку освітленості  $E_{пор}(\lambda)$ .

З рис. 3 видно, що за характером поведінки графік  $E_{пор}(\lambda)$ , як і графік  $E_{c2}(\lambda)$  (рис. 2), має максимум, обумовлений суттєвим зростанням поглинання розсіяного випромінювання у товщі води зі зростанням глибини.

При порівнянні абсолютних значень  $E_{пор}(\lambda)$  і  $E_{c2}(\lambda)$  необхідно врахувати, що індикатриса розсіяння випромінювання у воді  $x(\gamma)$  є сильно витягнутою вперед. У передній півсфері  $x(\gamma)$  визначається за формулою [3]

$$x(\gamma) = \frac{2}{\mu^2} \exp\left(-\frac{\gamma}{\mu}\right), \quad (10)$$

$$\text{де } \mu = \sqrt{\frac{\langle \gamma^2 \rangle}{6}} = 0,0718.$$

Тоді величина  $x(\gamma) = 15,702$ .

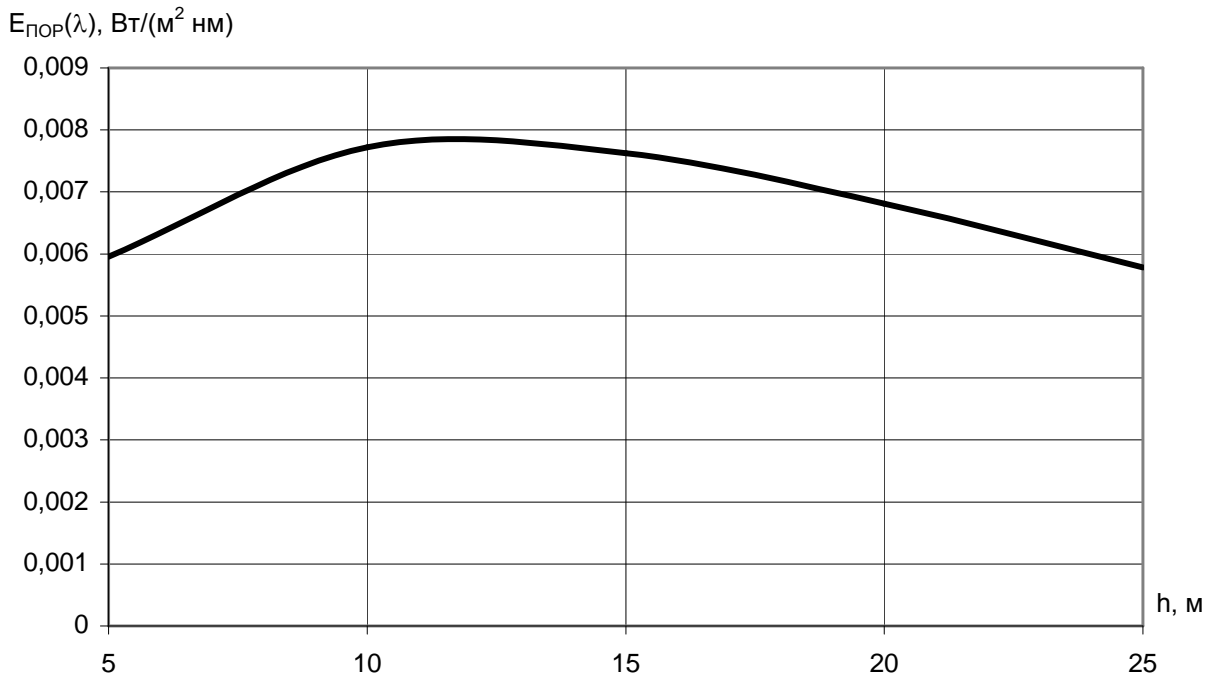


Рис. 3. Освітленість  $E_{\text{пор}}(\lambda)$ , обумовлена задавою зворотного розсіяння випромінювання у товщі морської води.

В той же час індикатриса у напрямі зворотного розсіяння визначається за формулою  $x(\pi) = 2\varphi_0$  і становить  $x(\pi) = 0,0262$ , тобто менша за  $x(\gamma)$  у 598 разів. Графіки на рис. 2 і 3, пораховані згідно з [5] і [3] відповідно, підтверджують цей порядок співвідношень освітленості, створеної у товщі води випромінюванням, розсіяним вперед і розсіяним у зворотному напрямі.

### Висновки

1. Наявність «сонячної доріжки» призводить до перерозподілу освітленості в товщі води. Це підтверджується натурними спостереженнями, коли внаслідок наявності «сонячної доріжки» на невеликих глибинах на дні формується відповідне зображення.

2. Запропонована в [5] оцінка впливу «сонячної доріжки» на освітленість в товщі води  $E_c(\lambda)$  враховує компоненту  $E_{c1}(\lambda)$ , обумовлену власне «сонячною доріжкою» і компоненту  $E_{c2}(\lambda)$ , обумовлену розсіяним в передню півсферу випромінюванням.

3. Порівняльний розрахунок освітленості  $E_{c1}(\lambda)$  і освітленості  $E_{\text{мд}}(\lambda)$ , розрахованої згідно з [3], показав, що отримані значення  $E_{c1}(\lambda)$  суттєво занижені. Головна причина цього полягає у недосконалості підходів врахування впливу

хвилювання морської поверхні на освітленість у товщі води через коефіцієнт  $d_0$  у формулах (5) і (6).

4. Результати порівняльного розрахунку освітленості  $E_{c2}(\lambda)$  і освітленості  $E_{\text{пор}}(\lambda)$ , обумовленої розсіяним у зворотному напрямі випромінюванням [3], підтверджуються аналізом індикатриси розсіяння випромінювання у воді  $x(\gamma)$ .

5. Подальший напрямок досліджень впливу явища «сонячної доріжки» на освітленість у воді і його врахування в енергетичному розрахунку ОЕС виявлення ПО пов'язаний з удосконаленням підходів врахування впливу хвилювання водної поверхні через коефіцієнт  $d_0$ .

### **Література**

1. Волков В. Г. Приборы подводного видения // Специальная техника. – 2003. – № 3. – С. 2-15.
2. Волков В. Г. Приборы подводного видения // Специальная техника. – 2003. – № 4. – С. 2-10.
3. Лазерные системы видения: Учебное пособие / В. Е. Карасик, В. М. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 352 с.
4. Ковалев А. А. Моделирование процесса обнаружения подводных объектов с воздуха / А. А. Ковалев, А. А. Либерман, С. А. Москалюк // Измерительная техника. – 2007. – № 9. – С. 32-36.
5. Информативные свойства подводной солнечной дорожки / А. А. Мальков, Л. С. Долин // Известия вузов. Радиоп физика. – 2009. – Том LII, № 1. – С. 36-45.
6. Справочник по теории подводного видения / Л. С. Долин, И. М. Левин. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 230 с.
7. Теория оптических систем. Учебник для вузов / Б. Н. Бегунов, Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 432 с.
8. Таблицы для расчета природной освещенности и видимости. Под ред. В. В. Шаронова. Изв. АН СССР. – М.-Л.: 1945. – 200 с.

### **References**

1. Volkov V. G. Underwater vision devices // Special technology. – 2003. – № 3. – P. 2-15. [rus]
2. Volkov V. G. Underwater vision devices // Special technology. – 2003. – № 4. – P. 2-10. [rus]
3. Laser vision systems: Tutorial / V. E. Karasik, V. M. Orlov. – M.: Publishing house of N.E. Bauman MSTU, 2001. – 352 p. [rus]
4. Kovalev A. A. Modeling of process of air detection of underwater objects / A. A. Kovalev, A. A. Liberman, C. A. Moskaliuk // Measuring technology. – 2007. – № 9. – P. 32-36. [rus]
5. Information properties of underwater solar path / A. A. Malkov, L. S. Dolin // Proceedings of IHEs. Radiophysics. – 2009. – Volume LII, № 1. – P. 36-45. [rus]
6. Underwater vision theory handbook / L. S. Dolin, I. M. Levin. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – 230 p. [rus]
7. Theory of optical systems. Tutorial for IHEs / B. N. Begunov, N. P. Zakaznov, S. I. Kiriushin, and others. – 2-nd edit., revised and suppl. – M.: Mashinostroyeniye, 1981. – 432 p. [rus]
8. Tables for calculation of natural illumination and visibility. Edited by V.V. Sharonov. Proceed. of the Academy of Sciences of USSR. – M.-L.: 1945. – 200 p. [rus]

**Н. М. Нога, И. Н. Русняк, В. Т. Стефанович**

*ГП НИИ “Квант”, г. Киев, Украина*

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ НАЛИЧИИ «СОЛНЕЧНОЙ ДОРОЖКИ»  
Рассматривается расчет освещенности в толще воды, который является составляющей энергетического расчета оптико-электронной системы (ОЭС) обнаружения подводных объектов



(ПО), при наявності «солнечной дорожки». Учет явления «солнечной дорожки» в энергетическом расчете может существенно повлиять на технические характеристики такой ОЭС. За базовый используется расчет, выполненный для случая размещения ОЭС под водой. Анализируется возможность использования такого расчета для случая размещения ОЭС на борту летательного аппарата и наблюдения ПО сквозь морскую поверхность. Проведено численное моделирование освещенности в толще воды, которое учитывает компоненту, обусловленную собственно «солнечной дорожкой», и компоненту, обусловленную рассеянным в переднюю полусферу излучением. Показано, что полученные результаты расчета компоненты освещенности, обусловленной «солнечной дорожкой», существенно занижены по сравнению с результатами расчета освещенности в толще воды, проведенного без учета явления «солнечной дорожки». Определено, что главная причина такого несоответствия состоит в несовершенстве учета влияния волнения морской поверхности на прохождение оптического излучения сквозь границу сред «воздух-вода». Дальнейшее направление исследований связано с усовершенствованием учета этого влияния.

**Ключевые слова:** «солнечная дорожка», освещенность в толще воды, обнаружение подводных объектов.

**N. M. Noga, I. N. Rusniak, V. T. Stefanovich**

*SE RI “Kvant”, Kiev, Ukraine*

#### FEATURES OF ENERGY ACCOUNTING OF ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS OF UNDERWATER OBJECT DETECTION IN THE PRESENCE OF SOLAR PATH

Calculation of illumination in the water column that is the part of energy calculation of electro-optical system (EOS) of undersea object (UO) detection in the presence of “solar path” is considered. Taking into account of “solar path” phenomena in energy calculation may to considerably influence on technical characteristics for such EOS. Calculation for case of undersea EOS placement is taking as basic. Possibility to use of this calculation for case of aircraft side EOS placement and observation of UO through the sea surface is analyzed. Computational modeling of illumination in the water column with taking into account of “solar path” component and component of forward diffuse radiation is carried. It is display that the received results of calculation of “solar path” illumination component are considerably understated in comparison with results of calculation of water column illumination without “solar path” phenomena. It is identify that the main cause of this disagreement is the imperfection of accounting of rough sea phenomena influence on optical transmission through the surface “air-water”. Further direction of study is associated with improvement of accounting of this influence.

**Keywords:** “solar path”, illumination in the water column, detection of undersea objects.

*Надійшла до редакції*

*16 серпня 2010 року*

УДК 681.7.013.8

### МЕТОД КОМБІНОВАНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

*Захарченко В. С., Колобродов В. Г.*

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",  
м. Київ, Україна*

*Запропоновано новий метод обробки зображень із неоднорідними характеристиками фонового випромінювання. В процесі роботи досліджено метод фільтрації зображень на основі аналізу компонентів розкладу вейвлет-перетворення за допомогою методу повної варіації функції. Емпіричним методом отримано коефіцієнти фільтрації для виділення*