

УДК 621.397:629.584

## СТАБІЛЬНІСТЬ КОЛЬОРОВОГО РЕЖИМУ В ПІДВОДНИХ СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Касьянов Ю.І., Гавриш А.В.

### THE STABILITY OF COLOR TO UNDERWATER VIDEO MONITORING SYSTEMS

Kasyanov Y., Gavrish A.

*Проведено дослідження автоматичної зміни режиму відеокамер з функцією "день-ніч" при зміні освітленості об'єкта, долі об'єкта в кадрі та контрасту фону по відношенню до білого для забезпечення стабільності кольорового режиму в нестационарних умовах зйомки. Приведено отримані залежності та вказано можливості покращення стабільності кольорового режиму в підводних системах відеоспостереження.*

**Ключові слова:** відеокамера, відеоспостереження, функція "день-ніч", захист морських об'єктів та акваторій, підводні апарати.

#### Постановка проблеми

Аналіз загроз морським об'єктам, що знаходяться в тій чи іншій акваторії, показує, що більшість загроз (тероризм, дія іноземних розвідок, браконьєрство, вандалізм, надзвичайні ситуації та інші) можуть бути виявлені та задокументовані з допомогою відеоспостереження. Це дає можливість як прийняти оперативні заходи для знешкодження загрози, так і мати доказову базу. Тому відеоспостереження є невід'ємною частиною сучасної комплексної системи захисту морських об'єктів та акваторій [1, 2].

Для відеомоніторингу підводної обстановки в якості мобільних систем відеоспостереження широко використовуються телекеровані підводні апарати (ТПА), що дозволяє суттєво покращити ефективність відеоспостереження і розпізнавання підводних об'єктів (огляд небезпечного об'єкта в різних ракурсах, підвищення якості відеозйомки тощо) та розширити зону контролю.

Характерною особливістю підводних систем відеоспостереження є відеозйомка при штучному фронтальному освітленні, що призводить до високої (іноді навіть надмірно високої) освітленості наближених об'єктів та слабкої освітленості віддалених об'єктів, а також до темного фону при зйомці на відкритому просторі (у товщі води). При зйомці з ТПА характерною є також нестационарність умов зйомки (швидка зміна освітленості об'єкта та його розмірів у кадрі при наближенні чи віддаленні від нього), яка призводить до різкої зміни яскравості картин в кадрі.

В таких умовах при використанні в відеосистемі ТПА кольорових відеокамер з режимом "день-ніч" виникає нестабільність кольорового режиму в результаті автоматичної

спонтанної зміни режиму з кольорового на чорно-білий та навпаки, що погіршує якість зображення та ускладнює роботу оператора.

Паспортні дані відеокамер не дозволяють оцінити параметри даного явища. Для цього при проектуванні відеосистем ТПА необхідно проведення відповідних експериментальних досліджень.

Таким чином, актуальність роботи визначається важливістю захисту морських об'єктів та акваторій від різних видів загроз та необхідністю стабільності кольорового режиму в підводних системах відеоспостереження при вирішенні задач контролю доступу та виявлення, розпізнавання і ідентифікації підводних об'єктів при нестационарності умов зйомки.

#### Аналіз стану проблеми

Інформація про колір в окремих задачах виявлення і розпізнавання об'єктів та відеоконтролю є дуже важливою складовою. Особливо це стосується задач виділення об'єкта в динамічному потоці відео, розпізнавання малокоонтрастних об'єктів і розпізнавання об'єктів, зокрема боеприпасів, по кольоровому маркуванні, що характерно для задач захисту підводного простору морських акваторій. Крім того таке сприйняття відеоінформації є більш природним і звичним для людського ока. Однак, кольорові відеокамери мають нижчу чутливість ніж чорно-білі, оскільки для передачі кожного елемента кольорового зображення використовується мінімум втричі більше пікселів світлочутливої матриці.

Для розширення можливостей систем відеоспостереження в умовах недостатньої освітленості було розроблено кольорові відеокамери з функцією "день-ніч", які працюючи в режимі автоматичної експозиції, при зниженні освітленості до певної межі автоматично переходять в чорно-білий режим [3, 4]. Це дозволяє істотно підвищити чутливість, аж до можливості роботи майже в повній темряві, а також поліпшити роздільну здатність при слабкому освітленні, хоч і призводить до втрати колірної інформації.

В окремих задачах відеоспостереження, відеопошуку та відеоконтролю інформація про колір об'єкта є більш важливою, ніж отримання

чіткого зображення і автоматична зміна режиму є небажаною. З такою ситуацією, наприклад, прийшлося зіткнутися співробітникам Науково-дослідного інституту підводної техніки Національного університету кораблебудування (м. Миколаїв) при проведенні підводно-технічних робіт в акваторії Чорного моря, коли відеокамера в самий непотрібний момент раптово переходила в чорно-білий режим і потрібно було певні зусилля для повернення її у кольоровий режим, що ускладнювало виконання робіт та призводило до втрат часу.

Небажаною є автоматична зміна режиму відеокамери також при зйомці в нестационарних умовах, що пов'язано з динамічною зміною яскравості картин у кадрі, в результаті чого виникає мерехтіння кольору. Частково з цим явищем виробники відеокамер борються, вводячи часову затримку при зміні режиму [4].

Проблеми підводної відеозйомки, пов'язані з автоматичною зміною режимів відеокамери "день-ніч", та окремі шляхи їх вирішення були розглянуті і проаналізовані по результатах експериментальних досліджень відеосистеми ТПА "Інспектор" в умовах водного середовища [5, 6].

В процесі тестування та аналізу результатів візуально було виявлено, що при зйомці об'єкта (тестової таблиці з кольоровими смугами) на фоні товщі води (темний фон), з віддаленням об'єкта від відеокамери на певній відстані відбувається автоматичний перехід відеокамери в чорно-білий режим (рис.1,а), що пояснюється зменшенням інтегральної (середньої) яскравості кадру нижче межі, на яку налаштована функція "день-ніч". Для повернення у кольоровий режим потрібно було наблизитись до об'єкту на суттєво меншу (в 1,3...1,4 рази) відстань. Це дозволило зробити висновок про гістерезисний характер зміни режимів.

Перехід в чорно-білий режим також відбувався при виході об'єкта з кадру чи повороті відеокамери в зону відкритого водного простору без наявних близько об'єктів (рис.1,б). Для повернення відеокамери в кольоровий режим потрібно було направити її на добре освітлену поверхню дна чи об'єкт, наприклад: на освітлені деталі ТПА, що потрапляють в зону огляду відеокамери (рис.1,в).

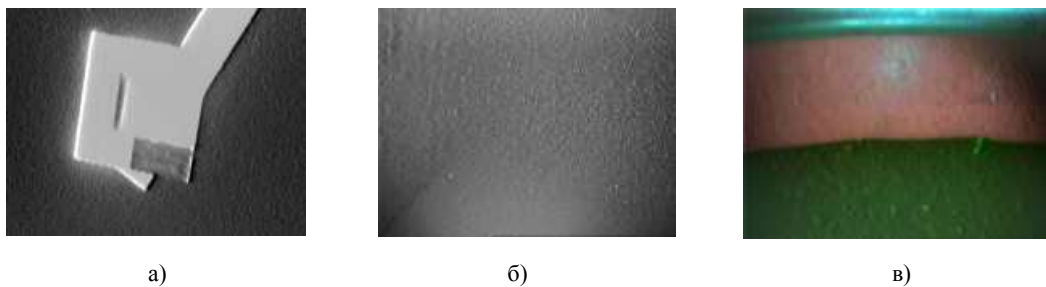


Рис. 1. Автоматичний перехід відеокамери в чорно-білий режим при віддаленні об'єкта на певну відстань (а) або при відсутності об'єкта в кадрі (б) та повернення в кольоровий режим при наведенні відеокамери на освітлені деталі ТПА (в).

При зйомці в каламутній воді стабільність кольорового режиму була вища за рахунок збільшення кількості світла, що потрапляє в об'єктив, в результаті відбиття від зважених у воді частинок.

В процесі експериментів було запропоновано і реалізовано два конструктивні рішення для підвищення стабільності утримання кольорового режиму: 1) розміщення штатних двох світильників на поворотній платформі відеокамери, що виключило можливість виводу відеокамери на неосвітлену зону; 2) встановлення додаткових двох світильників на винесених уперед і вгору під кутом  $30^\circ$  штангах, що забезпечило підсвічування заднього плану і висвітлення фону.

Ефективним рішенням для забезпечення стабільності утримання кольорового режиму може бути використання адаптивно-регульованої системи освітлення. Для цього необхідно було провести додаткові експерименти та отримати

чисельні характеристики автоматичної зміни режиму відеокамери.

#### Мета роботи

Метою даної роботи було одержати експериментальні залежності автоматичної зміни режиму з кольорового на чорно-білий і навпаки для відеокамер підводних апаратів від освітленості об'єкта, долі об'єкта в кадрі та різних рівнів оптичного контрасту фону по відношенню до білого та визначити шляхи покращення стабільності утримання кольорового режиму при роботі в нестационарних умовах зйомки, виходячи з характеру цих залежностей.

#### Викладення основного матеріалу

Дослідження проводились на лабораторному комплексі для тестування відеокамер, розробленому на кафедрі електрообладнання суден та інформаційної безпеки Національного університету

кораблебудування [7]. Комплекс включає: світлонепроникний бокс з двома регульованими джерелами світла (РДС), в якому розміщуються використовувані тестові таблиці (ТТ); люксметр для вимірювання освітленості; штатив для розміщення відеокамери ВК; персональний

комп'ютер ПК з пристроями ПЗК для передачі відео з відеокамери (в даному випадку - TV-тюнер AverMedia M15HPCI Analog); програмне забезпечення ПЗ для захвату та обробки відео; методики проведення експериментів (рис.2).

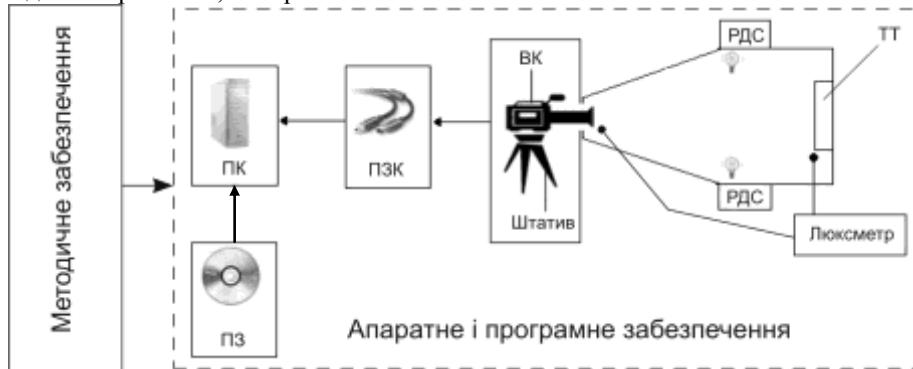


Рис. 2. Структура лабораторного комплексу для тестування відеокамер

Об'єктами дослідження виступили дві аналогові відеокамери VB21EH-R36 та LICG30HHB, що можуть бути встановлені на ТПА. В якості об'єкта зйомки використовувались тестові таблиці Gretagmacbeth Colorchecker Chart [8] (рис. 3) різних розмірів: 50; 25; 10; 5 % від загальної площі кадру. Таблиця складається з 18-ти кольорових полів, які найчастіше зустрічаються на реальних знімках, та 6-ти нейтральних (в градації сірого) полів різної інтенсивності – всього 24 поля. Як фон

використовувались листи формату А4 з відтінками сірого в діапазоні від чорного до білого з дискретністю 25%, що відповідало різному оптичному контрасту фону по відношенню до білого:

$$K = \frac{B_o - B_\phi}{B_o}$$

де  $B_o$  – яскравість білого;  $B_\phi$  – яскравість фону.



1. dark skin	2. light skin	3. blue sky	4. foliage	5. blue flower	6. bluish green
7. orange	8. purplish blue	9. moderate red	10. purple	11. yellow green	12. orange yellow
13. blue	14. green	15. red	16. yellow	17. magenta	18. cyan
19. white (.05)	20. neutral 8 (.23)	21. neutral 6.5 (.44)	22. neutral 5 (.70)	23. neutral 3.5 (1.05)	24. black (1.50)

Рис. 3. Колірна таблиця Gretagmacbeth Colorchecker Chart

Освітленість під час зйомки змінювалась за допомогою регульованих джерел світла і вимірювалась люксметром LX1010B безпосередньо на об'єкті зйомки. Відеозахват та виведення зображення на екран монітора виконувалось за допомогою програми Sony Vegas.

Після кадрування відеокамери встановленням її в таке положення, при якому в кадрі розміщується повнорозмірна таблиця Colorchecker Chart, для різних сполучень розміру об'єкта в кадрі та контрасту фону визначались значення освітленості об'єкта при яких відбувався автоматичний перехід відеокамери з кольорового режиму в чорно-білий та навпаки.

Результати дослідження підтвердили, що автоматичний перехід відеокамери в чорно-білий режим і повернення в кольоровий здійснюється за гістерезисною характеристикою, тобто для повернення в кольоровий режим необхідно забезпечити більшу освітленість об'єкта ніж вона була при переході в чорно-білий режим. Характеристики автоматичної зміни режиму досліджуваних відеокамер для чорного фону і 5-відсоткового розміру таблиці в кадрі представлені на рис. 4.

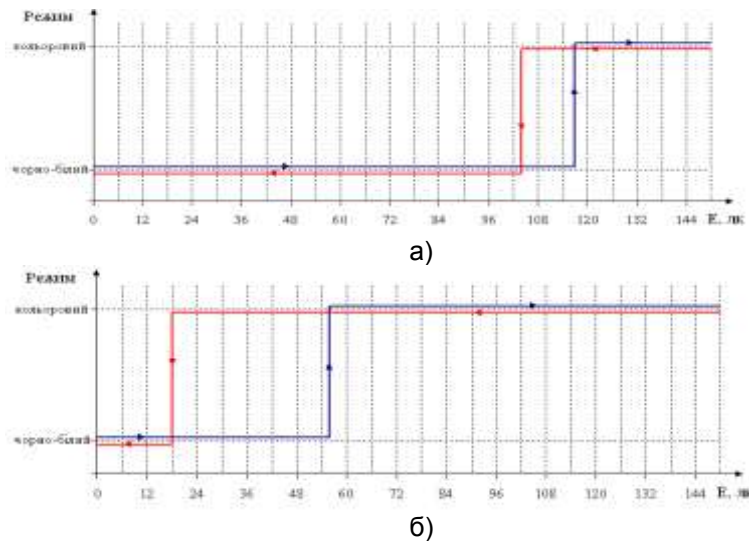


Рис. 4. Характеристики функції "день-ніч" відеокамер LICG30HHB (а) та VB21EH (б) для 5-відсоткового розміру таблиці в кадрі на чорному фоні

По результатах описаних багатоваріантних досліджень було отримано узагальнюючі залежності граничних значень освітленості, що відповідають зміні режиму відеокамери, від долі

площі об'єкта в кадрі для різних значень контрасту фону. Такі характеристики для відеокамери VB21EH приведені на рис. 5.

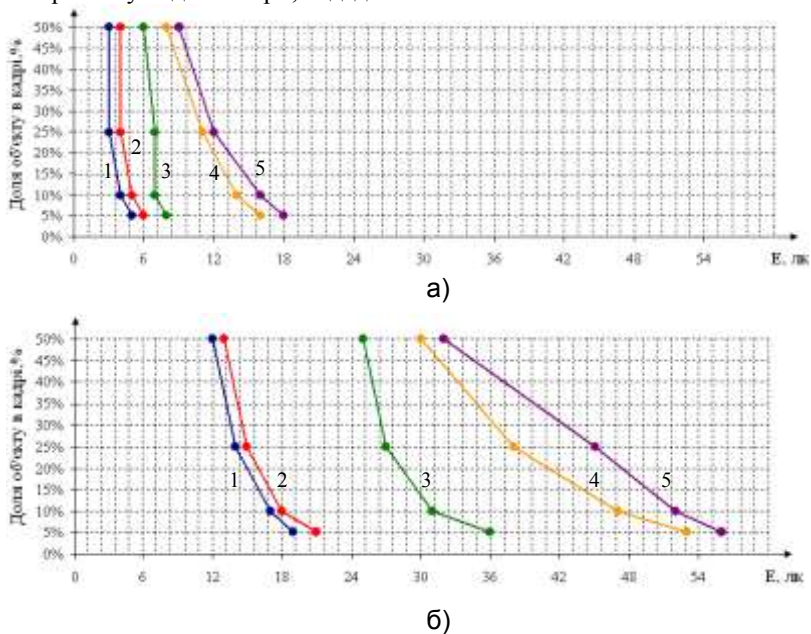


Рис. 5. Залежність граничної освітленості при автоматичному переході з кольорового режиму в чорно-білий (а) та навпаки (б) від долі об'єкта в кадрі для різних контрастів фону: 1 – білий фон ( $K=0$ ); 2 – світло-сірий фон ( $K=0,25$ ); 3 – сірий фон ( $K=0,5$ ); 4 – темно-сірий фон ( $K=0,75$ ); 5 – чорний фон ( $K=1$ )

Дослідження показали, що при зменшенні розміру (долі) об'єкта в кадрі автоматична зміна режиму здійснюється при більших значеннях освітленості об'єкта. Ця тенденція сильніше виражена при більших контрастах фону (при зйомці на темнішому фоні), що пояснюється зменшенням інтегральної яскравості кадру за рахунок збільшення частки темного фону, а значить необхідністю збільшення освітленості

об'єкта для забезпечення потрапляння в об'єктив заданої граничної кількості відбитого світла (освітленості на об'єктиві), на яку і налаштовано автоматичну зміну режиму.

Крім того, зменшення долі об'єкту в кадрі та збільшення контрасту фону призводить до збільшення ширини гістерезисної характеристики автоматичної зміни режимів (рис. 6). Більша ширина гістерезисної характеристики відповідає

більшій стабільності утримання кольорового чи чорно-білого режиму відеокамери в нестаціонарних умовах зйомки при штучному освітленні (зменшується можливість мерехтіння кольорів). Однак, при роботі з освітленістю, близькою до граничного значення, що відповідає переходу з кольорового режиму в чорно-білий, можлива тривала втрата кольорового режиму, що потребує технічних рішень для примусового переведення відеокамери в кольоровий режим. Наприклад, на поворотному пристрої відеокамери можна встановити малопотужний світлодіодний світильник направлений в об'єкт, який би включався короткочасно при загрозі втрати кольорового режиму чи для примусового повернення в кольоровий режим.

В плані порівняння досліджуваних відеокамер по отриманих результатах можна

сказати, що відеокамера VB21EH-R36 автоматично переходить в чорно-білий режим при меншій освітленості об'єкта (її чутливість в кольоровому режимі вища) і має більшу ширину гістерезисної характеристики автоматичної зміни режимів, що забезпечує більшу стабільність підтримання встановленого режиму при нестаціонарних умовах зйомки. Крім того, як виявилось в ході досліджень, відеокамера VB21EH-R36 має певний час затримки перемикання (для переходу в чорно-білий режим він складає 5 с, а для повернення в кольоровий - 7 с), що також підвищує стабільність утримання режиму і дозволяє запобігти спонтанній зміні режимів при короткочасних переведеннях відеокамери з освітлених ділянок на затемнені. Таким чином, ця відеокамера більш підходить для використання в мобільній підводній системі відеоспостереження, ніж відеокамера LICG30HHB.

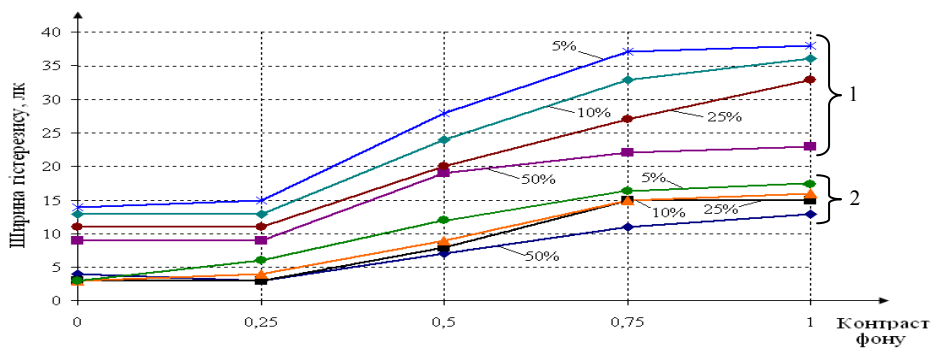


Рис. 6. Залежність ширини гістерезисної характеристики автоматичної зміни режимів відеокамери від долі об'єкта в кадрі та від контрасту фону: 1 – для відеокамери VB21EH-R36; 2 - для відеокамери LICG30HHB

Для орієнтовної оцінки впливу підводного середовища на отримані експериментально характеристики можна скористатися формулами [9, 10]:

$$E_{об} = \frac{I \cdot 10^{-\alpha L} \cdot \cos \varphi}{L^2},$$

де  $E_{об}$  – освітленість на об'єкті спостереження;  $I$  – сила світла світильників;  $\varphi$  – кут між оптичними осями камери і світильників;  $\alpha$  – показник ослаблення світлового потоку, що залежить від прозорості водного середовища;  $L$  – відстань від об'єкта спостереження до відеокамери зі світильниками;

$$\alpha = \frac{3,5}{Z_{б.д.}},$$

де  $Z_{б.д.}$  – дальність видимості (умовна прозорість), що визначається як середнє значення між глибиною зникнення диска Секкі при його опусканні і глибиною його появи при підйомі.

При проведенні розрахунку було виявлено, що значення освітленості на об'єкті у водному середовищі буде зменшуватись в залежності від

показника ослаблення світлового потоку у воді, що в свою чергу залежить від водного басейну, в якому проводяться дослідження. При достатньо прозорій воді (малому показнику ослаблення світлового потоку) освітлення на об'єкті, розраховане для води, не буде значно відрізнятися від експериментально отриманого в повітрі.

### Висновки

1. Одержано експериментальні характеристики автоматичної зміни режиму з кольорового на чорно-білий та навпаки для кольорових відеокамер з функцією "день-ніч" та залежності моментів переходу від долі об'єкта в кадрі та контрасту фону по відношенню до білого, що дозволяють оцінювати можливість відеокамер для використання в мобільних підводних системах відеоспостереження і підвищити ефективність таких систем для вирішення задач пошуку та контролю доступу в морських акваторіях.

2. З урахуванням отриманих характеристик може бути побудована адаптивно-регульована система освітлення ТПА, яка забезпечить високу



якість зображення при нестационарних умовах відеозйомки.

### Література

1. Сухова А. Системы безопасности объектов на акваториях / А. Сухова // «Морской флот», 2007. №5 – С. 49-53.

2. Блінцов В.С. Головні завдання забезпечення інформаційної безпеки на водному транспорті та об'єктах морської інфраструктури / В.С. Блінцов // Сучасні проблеми інформаційної безпеки на транспорті: Матеріали I Всеукр. конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2011. – с. 24 – 27.

3. Функция "день-ночь" в видеокамерах – взгляд изнутри [Электронный ресурс] // Силикон-Сервис. Системы безопасности. - Режим доступа: [http://www.silicon-s.ru/info/day\\_night.html](http://www.silicon-s.ru/info/day_night.html).

4. Камеры "день-ночь" [Электронный ресурс] // АМВ – видеонаблюдение. - Режим доступа: <http://www.amv-video.ru/cameras/daynight/>.

5. Блінцов В.С. Експериментальні дослідження відеосистеми телекеруваного підводного апарата для захисту акваторій / В.С.Блінцов, О.В.Блінцов, Ю.І.Касьянов та ін. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, №6 (136), Ч.1. – Луганськ: Видавництво СХУ ім. В.Даля, 2009. – с. 313 – 316.

6. Касьянов Ю.І. Оцінка стабільності кольорового режиму камери підводного відеоспостереження / Ю.І. Касьянов, А.В. Гавриш // Сучасні проблеми інформаційної безпеки на транспорті: Матеріали II Всеукраїнської конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2012. – с. 117 – 121.

7. Касьянов Ю.І. Комплекс засобів для тестування відеокамер / Ю.І.Касьянов, В.М.Овсянников, Є.І.Васильєв, Ю.М.Колодкіна // Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів ПАЕТЗ-2010: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю – Миколаїв: НУК, 2010. – с. 60 – 61.

8. Попов.А. Методика тестирования видеокамер по программе Imatest [Электронный ресурс] / А.Попов // Videomax – Режим доступа: <http://www.videomax.ru>.

9. Стопцов Н.А., Груздев М.А. Средства подводного освещения. – Л.: Судостроение, 1985. – 200 с. ;

10. Жуков Р.Ф. Системы, приборы и устройства подводного поиска / Кондратович А. А., Могильный С.Д., Ципко Б.И. / – М.: Воениздат, 1981. – 184 с.

### References

1. Suhova A. Sistemy bezopasnosti ob#ektov na akvatorijah / A. Suhova // «Morskoy flot», 2007. №5 – S. 49-53.

2. Blincov V.S. Golovni zavdannja zabezpechennja informacijnoї bezpeki na vodnomu transporti ta ob'ektah mors'koї infrastrukturi / V.S. Blincov // Suchasni problemi informacijnoї bezpeki na transporti: Materiali I Vseukr. konferencii z mizhnarodnoju uchastju. – Mikolaiv: NUK, 2011. – s. 24 – 27.

3. Funkcija "den'-noch'" v videokamerah – vzgljad iznutri [Jelektronnyj resurs] // Silikon-Servis. Sistemy bezopasnosti. - Rezhim dostupa: [http://www.silicon-s.ru/info/day\\_night.html](http://www.silicon-s.ru/info/day_night.html).

4. Kamery "den'-noch'" [Jelektronnyj resurs] // AMV – videonabljudenie. - Rezhim dostupa: <http://www.amv-video.ru/cameras/daynight/>.

5. Blincov V.S. Eksperimental'ni doslidzhennja videosistemi telekerovanogo pidvodnogo aparata dlja zahistu akvatorij / V.S.Blincov, O.V.Blincov, Ju.I.Kas'janov ta in. // Visnik Shidnoukraїns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja, №6 (136), Ch.1. – Lugans'k: Vidavnicтво SNU im. V.Dalja, 2009. – s. 313 – 316.

6. Kas'janov Ju.I. Ocinka stabil'nosti kol'orovogo rezhimu kameri pidvodnogo videosposterezhennja / Ju.I. Kas'janov, A.V. Gavrish // Suchasni problemi informacijnoї bezpeki na transporti: Materiali II Vseukraїns'koї konferencii z mizhnarodnoju uchastju. – Mikolaiv: NUK, 2012. – s. 117 – 121.

7. Kas'janov Ju.I. Kompleks zasobiv dlja testuvannja videokamer / Ju.I.Kas'janov, V.M.Ovsjannikov, Є.I.Vasil'ev, Ju.M.Kolodkina // Problemi avtomatiki ta elektroobladnannja transportnih zasobiv PAETZ-2010: Materiali vseukraїns'koї naukovo-tehnicnoї konferencii z mizhnarodnoju uchastju – Mikolaiv: NUK, 2010. – s. 60 – 61.

8. Popov.A. Metodika testirovanija videokamer po programme Imatest [Jelektronnyj resurs] / A.Popov // Videomax – Rezhim dostupa: <http://www.videomax.ru>.

9. Stopcov N.A., Gruzdev M.A. Sredstva podvodnogo osvshhenija. – L.: Sudostroenie, 1985. – 200 s. ;

10. Zhukov R.F. Sistemy, pribory i ustrojstva podvodnogo poiska / Kondratovich A. A., Mogil'nyj S.D., Cipko B.I. / – M.: Voemizdat, 1981. – 184 s.

**Касьянов Ю.И., Гавриш А.В.**

### СТАБІЛЬНОСТЬ ЦВЕТНОГО РЕЖИМА В ПОДВОДНИХ СИСТЕМАХ ВІДЕОНАБЛЮДЕННЯ

*Проведены исследования автоматической смены режима видеокамер с функцией "день-ночь" при изменении освещенности объекта, контраста фона по отношению к белому и размеров объекта в кадре. Приведены полученные зависимости и указаны возможности улучшения стабильности цветного режима в подводных системах видео наблюдения.*

**Ключевые слова:** видеонаблюдение, видеокамера, функция "день-ночь", защита морских объектов и акваторий, подводные аппараты.

**Kasyanov Y.I., Gavrish A.V.**

### THE STABILITY OF COLOR TO UNDERWATER VIDEO MONITORING SYSTEMS

*Automatic change of "day-night" video camera mode was investigated when illumination level, optical contrast of the background and the size of the object in the picture were variable. Description and results of the research presented in this paper. The possibility of improving the stability of color to underwater video monitoring systems are indicated.*

**Keywords:** video monitoring (CCTV), video camera, "day-night" function, protection of marine facilities and water areas, underwater devices.

**Касьянов Юрій Іванович** – старший викладач кафедри електрообладнання суден та інформаційної безпеки, Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

**Гавриш Анна Вікторівна** – студент інституту автоматики і електротехніки Національного університету кораблебудування, м. Миколаїв

**Рецензент:** Кутковецький В.Я., докт. техн. наук, професор кафедри інформаційних технологій і програмних систем Чорноморського державного університету імені Петра Могили