*Кузьміч О.Є., Кузнецов В.О., Андрушко М.В. Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКІПАЖАМИ ВЕРТОЛЬОТІВ СУЧАСНИХ ОКУЛЯРІВ НІЧНОГО БАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА. ПЕРСПЕКТИВНІ ОПТОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ ДЛЯ ВЕРТОЛЬОТІВ

У даній статті розглянуто проблемні питання стосовно застосування екіпажами вертольотів Державної авіації України окулярів нічного бачення. Проведено аналіз перспективних систем, які здатні замінити окуляри нічного бачення, на основі електронно-оптичного перетворювача, та забезпечити цілодобові і всепогодні польоти, посадку вертольоту на невідготовлені та неосвітлені майданчики в умовах поганої видимості.

Ключові слова: окуляри нічного бачення, цифрові системи, оптоелектронні системи.

Постановка проблеми. Аналіз останніх операцій багатонаціональних сил, США і НАТО та події в Сирії і на сході України показали сьогоденну потребу застосування бойових і транспортних вертольотів вночі та в умовах поганої видимості (туман, димка тощо). Використання окулярів нічного бачення (ОНБ) частково розв'язує дану задачу, але вони мають декілька суттєвих недоліків і обмежень. Метою дослідження ставилось проведення аналізу наявних та перспективних систем, які здатні забезпечити впевнене застосування вертольотів для виконання складних завдань вночі та в умовах поганої видимості на гранично малих висотах і визначення можливих шляхів усунення недоліків.

Викладення основного матеріалу. На даний час практика застосування бойових та транспортних вертольотів передбачає більш поширене їх використання в темний час доби (ведення бойових дій, доставлення вантажів, пошуково-рятувальні операції). З причини низького рівня освітленості, до недавнього часу, виконання більшості завдань з виявлення цілей вночі було пов'язано з необхідністю штучного підсвічування цих цілей, але в ряді випадків таке підсвічування погіршує видимість через непрозорий шар атмосфери, що світиться, або просто неможливо. За оцінкою фахівців, оснащення вертольотів ОНБ дозволило підвищити ефективність їх застосування на 40% внаслідок спостереження екіпажем вертольоту закабінного простору в умовах природного нічного освітлення [1].

Але, пілотування вертольоту в темний час доби з використанням ОНБ призводить до суттєвого збільшення психофізіологічного навантаження на льотний склад, що дозволяє віднести умови їх професійної діяльності в цей період до екстремальних. За оцінками льотного складу армійської авіації, понад 30% авіаційних подій і інцидентів відмічено при пілотуванні вертольотів з використанням ОНБ. Ці події напряму пов'язані з недосконалістю ОНБ і світлотехнічного обладнання (СТО), адаптованого до їх застосування [2, 3].

Слід звернути увагу на неможливість безпечного, ефективного застосування ОНБ в умовах низького рівня нічного природного освітлення (наявність хмар, відсутність місяця та зірок на небі). Взагалі їх використання малоефективне за наявності в повітрі сторонніх домішок, які розсіюють природне нічне освітлення. Дальність спостереження наземних об'єктів при застосуванні ОНБ прямо залежить від якості адаптації СТО та від конструктивних особливостей кабіни вертольоту. ОНБ встановлюються на передню частину захисного шолома льотчика і тим самим створюється додаткове навантаження на пілота. Сукупність цих факторів призводить до перевтоми членів екіпажу вертольоту, що негативно впливає на безпеку польоту.

Крім того, необхідно зазначити, що всі прилади нічного бачення мають залежність технічних параметрів від умов нічної освітленості.

Для розуміння причин зазначених недоліків та визначення шляхів подолання необхідно розглянути принцип їх побудови. Принцип дії класичного приладу нічного бачення (ПНБ) заснований на перетворенні ІЧ-випромінювання, створюваного на спостерігаємому об'єкті світінням нічного неба, зірками і місяцем у видиме світло. Головною ознакою, за якою розрізняють покоління ПНБ, є їх основний елемент – електронно-оптичний перетворювач (ЕОП). Він служить для перетворення невидимого для людського ока зображення у видиме та посилення його за яскравістю. Разом з тим ЕОП – підсилювач яскравості другого покоління дозволив відмовитися від активної підсвітки. З'явилась можливість, при збереженні основної технологічної характеристики ПНБ – дальності виявлення, принципово зменшити їх розміри, працювати в умовах зоряного неба та підвищити витривалість приладів до засвітлення.

Основні недоліки ОНБ пов'язані з особливостями роботи ЕОП на основі яких вони побудовані. Одним із суттєвих недоліків ЕОП, що існує, є досить низька роздільна здатність, яку вони можуть забезпечити, до 50 штрих/мм. Саме цей параметр не дозволяє використовувати дані ОНБ в умовах, наприклад, наявності диму, туману тощо. Низька роздільна здатність, яку можуть вони забезпечити, пов'язана зі здатністю руху потоку електронів у вакуумі, особливо при виході електронів в зону вакууму.

Другим, за важливістю, недоліком є особливість роботи ЕОП при наявності бокового світла від приладового обладнання вертольоту або інтенсивного спалаху світла у зоні спостереження. Дана особливість призводить до короточасної втрати видимості за кабінного простору екіпажем вертольоту, що недопустимо на малих висотах польоту.

У перспективі шляхом використання новітніх матеріалів при побудові ЕОП вказані недоліки можливо буде усунути, але на даний час перспективні альтернативні системи побудовані на інших фізичних принципах.

Розглянемо цифрові системи нічного бачення, які являють собою телевізійні системи.

На даний час досить широке розповсюдження отримали низько рівневі телевізійні системи спостереження та прицілювання.

Вони виконані на основі гібридно-модульних перетворювачів зображення (ГМП): ЕОП і матриця ПЗЗ (прилад із зарядним зв'язком) сполучені один з одним за допомогою лінзової оптики або фокону. Побудова ГМП можлива також на базі ЕОП, замість екрана якого встановлена матриця ПЗЗ. Це дозволяє відмовитися від застосування оптики перенесення та значно підвищує якість зображення в ГМП. За останні роки досягнуто значного прогресу в області створення матриць ПЗЗ з підвищеною чутливістю, що дозволяє відмовитися від застосування ЕОП. ОНБ, виконані на базі тільки матриць ПЗЗ без застосування ЕОП, мають назву цифрові ОНБ.

Перевагами цифрових ОНБ є:

підвищена якість зображення (роздільна здатність, контрастність) через відсутність ЕОП, що дає можливість зменшення маси та вартості виробу;

можливість при певному освітленні отримати кольорове зображення;

забезпечення розпізнавання зображення об'єкту на фоні оточення та можливість надавати відеоінформацію на зовнішні реєструючі пристрої.

Справедливо буде відмітити, що наряду з явними перевагами цифрових ОНБ, є і ряд недоліків: на жаль вони не можуть ефективно працювати в умовах досить низького нічного природного освітлення, при низькій прозорості атмосфери (димка, туман, дощ, снігопад та інше) та при впливі деяких видів світлових перешкод.

Водночас тепловізійні прилади (ТВП) можуть працювати незалежно від ступеню прозорості атмосфери, при впливі світлових перешкод та незалежно від рівня природного освітлення (цілодобово, в повній темноті), світлотехнічних контрастів об'єкту і фону.

Проте в порівнянні з цифровими приладами вони мають гіршу геометричну роздільну здатність, специфічний характер відображення та слабку деталізацію.

У зв'язку з цим, доцільно звернути увагу на багатоканальні системи, в яких недоліки одного каналу будуть компенсуватися перевагами іншого.

До таких систем можна віднести оптико-електронні системи (ОЕС), які являють собою складні приладові комплекси. Вони конструктивно складаються з різних за фізичним принципом каналів, функціонально пов'язаних один з одним, з бортовими системами зв'язку, навігації, бортовим комп'ютером, різноманітними датчиками, системами озброєння.

Вони є одним з важливіших компонентів забезпечення бойових дій в денних і нічних умовах та при поганій видимості.

Вертольотні ОЕС можуть бути встановлені в різних місцях: у передній турелі вертольоту, зовні безпосередньо на його кабіні, на щоглі над гвинтом, збоку на лівому чи правому борту. До складу ОЕС можуть входити: тепловізійний прилад, денна телевізійна система, низько рівнева телевізійна система (НРТС) для роботи при низьких рівнях освітленості (сутінки, ніч), лазерний показчик цілі - далекомір, радіолокаційна станція – усі разом або їх різні комбінації, функціонально пов'язані з пристроєм гідростабілізації. Крім цього до складу індикаторної частини ОЕС входить начільний дисплей пілота, виконаний у вигляді комбінованого пристрою, який встановлюється на шолом - так званий нашоломний пристрій індикації (НПІ) або (для нічних польотів) у вигляді ОНБ.

На НПІ може виводитися синтезоване зображення рельєфу. Завдяки цьому пілот зберігає ефективний візуальний контроль польоту вночі та в умовах поганої видимості.

Здатність виводити в поле зору пілота синтезоване зображення надає надзвичайні можливості. Дозволяє бачити власними очима те, що пілот не в змозі бачити, дозволяє дивитися крізь елементи конструкції повітряного судна або спостерігати у віртуальне дзеркало задню півсферу.

Необхідність великої кількості каналів, що входять до ОЕС, обумовлено різноманітністю завдань, які вирішуються за її допомогою, а також недосконалістю кожного окремого каналу. Це змушує об'єднувати їх для підвищення ефективності самих ОЕС.

Це можна відмітити, як деякий недолік даної системи.

У якості денного оптичного каналу доцільно використовувати денну телевізійну систему (ТВС), яка дозволяє дублювати зображення іншим членам екіпажу вертольоту та здійснювати реєстрацію відеоінформації на бортові накопичувачі [4]. Для безпечного пілотування вертольоту вночі до складу ОЕС додають НРТС, вона відрізняється від денної наявністю на вході ЕОП, що підвищує її чутливість у 10^4 - 10^5 разів. Внаслідок наявності автомату діафрагмування об'єктиву у складі НРТС та роботи пристрою автоматичного регулювання яскравості в її електронному каналі система спроможна працювати і в день, але наявність ЕОП погіршує якість зображення телевізійної системи і перетворює її з кольорової в монохромну та ЕОП має обмежений ресурс. Тому НРТС використовують тільки в сутінках та вночі. Основним недоліком ТВС є низька ефективність при зниженій прозорості атмосфери. Для збереження можливості спостереження простору за кабіною, як при нормальній, так і при зниженій прозорості атмосфери, навіть за наявності диму додатково до ТВС встановлюють тепловізори, які працюють в більш сприятливій області спектру.

Тепловізори (ТПВ) для отримання інформації використовують власне випромінювання нагрітих тіл, яке не залежить від часу доби та освітленості. Випромінювання теплової енергії властиво усім об'єктам, температура яких більша цілковитого нуля за шкалою Кельвіна. Тобто, за допомогою ТВП можна спостерігати всі тіла та об'єкти в спектрі їх власного випромінювання, в області довжин хвиль, які відповідають робочому діапазону цих приладів.

Наявність в складі ОЕС лазерного далекоміра дозволяє здійснювати точне вимірювання дальності до об'єкта, що спостерігається. За допомогою спеціальної системи,

що спостерігає, лазерний промінь утримується на об'єкті спостереження під час польоту вертольоту. Лазерний далекомір може підсвічувати цілі для інших вертольотів та операторів наземних комплексів враження. Сучасні далекоміри мають безпечну для зору довжину хвилі, яка дозволяє їй краще проходити крізь обмежено прозору атмосферу та навіть дим.

Радіолокаційний канал використовується для виявлення віддалених об'єктів, вимірювання дальності до них та координат. Нажаль даний канал має відносно невелику роздільну здатність, що обумовлено роботою в міліметровому діапазоні хвиль. Перевагою даного каналу є висока працездатність в умовах низької прозорості атмосфери, але для розпізнання об'єктів необхідний телевізійний і тепловізійний канал.

До складу ОЕС може бути включений лазерний локатор, що сканує, для забезпечування виявлення небезпечних перешкод на поверхні землі (лінії електропередачі, вежі зв'язку та інше) та дозволяє здійснювати сліпу посадку вертольоту [5].

Для запобігання зміщенню зображення під час польоту усі канали ОЕС розташовують на гіростабілізованій платформі, яка розміщується в обтічному корпусі сферичної форми. Стабільність положення зображення в полі зору ОЕС прямо залежить від точності стабілізації. Підвищення точності автоматичної стабілізації сприяє виключенню перешкод, пов'язаних з тремтінням та зміщенням зображення під час польоту вертольоту.

Для пошуку та виявлення об'єктів використовується більш широкий кут поля зору при малому збільшенні, а при розпізнанні об'єктів кут поля зору звужується та підвищується збільшення для впевненого спостереження характерних елементів об'єкту. У сучасних ОЕС відбувається автоматична зміна кутів поля зору під час наближення вертольоту до об'єкта спостереження. При цьому можлива зміна масштабу зображення, як на всьому полі зору, так і на локальній його ділянці, де спостерігається об'єкт. Зміна збільшення, і відповідно, кута поля зору досягається як дискретною або плавною зміною фокусної відстані об'єктиву каналу, так і масштабуванням за допомогою електронної частини каналу. Система може забезпечувати автоматичне ведення відеореєстрації і фотографування об'єктів з визначенням дальності, координат, розподілу температури в межах контуру об'єкта та вздовж всього ландшафту, що спостерігається.

Для збереження спостереження об'єкту під час взаємного переміщення об'єкту та вертольоту ЕОС має систему, що слідує. Вона, за допомогою бортової електронно-обчислювальної машини (БЕОМ), безперервно, в автоматичному режимі, слідує за положенням об'єкту в полі зору ЕОС поєднуючи з ним лінію візування. Спеціальні датчики системи позиціонування, розміщені на борту вертольота, сліdkують за кутом повороту голови льотчика та видають інформацію для корекції лінії візування ЕОС, тобто ЕОС розгортає платформу з розташованими на ній каналами спостереження в напрямку погляду пілота вертольота. Це дозволяє за допомогою ЕОС здійснювати прицілювання та наведення на об'єкт керованої ракетної зброї. БЕОМ виконує ще одне важливе завдання – обробляє, комплектує та видає на шоломний екран пілотажно-навігаційну і сукупну покращену відеоінформацію.

За допомогою нашоломного екрана, на який виводиться інформація від ЕОС, пілот спостерігає за навколишньою місцевістю. При цьому генератор символів, що керується, БЕОМ відображає необхідні пілотажні дані. БЕОМ, за допомогою бортових датчиків, в реальному масштабі часу надає необхідні корегуючі правки в тонову карту, що формується цифровим методом та виводиться разом із пілотажною інформацією на оглядовий щиток шолому. На нього ж виводиться покращене зображення від каналів ОЕС. Система датчиків, встановлених на борту вертольота та випромінювачів на шоломі льотчика, видає сигнал управління в систему позиціонування ОЕС і в систему керування зброєю. Завдяки цьому, пілоту вертольота достатньо повернути голову для зміни напрямку лінії візування та поєднати візирний знак з зображенням цілі та відкрити вогонь.

Основні зусилля при вдосконаленні ОЕП направлені на їх функціонування незалежно від часу доби та погодних умов, наявності завад природного і штучного походження та застосування засобів маскування.

Таким чином, основним шляхом усунення недоліків ОНБ, що існують, є покращення експлуатаційних характеристик ОНБ внаслідок використання ОЕП наступних поколінь, які будуть спроможні забезпечити комфортну роботу екіпажу вертольота при досить низьких рівнях освітленості навколишнього середовища.

Слід зазначити ряд переваг ОЕС, які на теперішній час не досяжні для ОНБ:

ОЕС не потребують доопрацювання світлотехнічного обладнання вертольоту;

застосування ОЕС не приводить до швидкої втоми зору членів екіпажу вертольоту під час виконання польотів у темний час доби;

багатоканальні ОЕС не мають обмежень за прозорістю атмосфери;

сучасні ОЕС в поєднанні з бортовими комплексами вертольоту здатні забезпечити впевнене спостереження, наведення зброї і ведення розвідки екіпажем вертольоту в різних умовах видимості та в будь-який час доби.

Висновки. Отже, забезпечити виконання бойової задачі можливо тільки при об'єднанні в одній схемі каналів, які працюють в різних спектральних діапазонах та шляхом комбінування приладів виявлення.

Можливо констатувати, що попри безперечні переваги оптико-електронних систем над окулярами нічного бачення, при здійсненні вибору на користь встановлення на вертоліт оптико-електронних систем треба враховувати значно більшу вартість оптико-електронних систем відносно окулярів нічного бачення. Тому, доцільність встановлення оптико-електронних систем треба визначати, виходячи з обсягу завдань за призначенням, які планується надалі виконувати конкретному вертольоту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волков В.Г. Активно-импульсные вертолетные очки ночного видения / В.Г. Волков. – Москва: Вестник МГТУ им.Баумана “Приборостроение”, 2011.
2. Маслов С.В. Анализ рисков безопасности полётов при использовании лётным составом вертолётных очков ночного видения / С.В. Маслов, А.А. Есев. // Журнал “Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций”. – 2011. – № 1. – С. 20-24.
3. Гейхман И.Л. Видение и безопасность / И.Л. Гейхман, В.Г. Волков. – Москва: Новости, 2009. – 840 с.
4. Алешин Б.С. Оптические приборы наблюдения, обработки и распознавания объектов в сложных условиях / Б.С. Алешин, А.В. Бондаренко и др. – Москва: ГНИИАС, 1999. – 139 с.
5. Гончаров С.А. Основы построения лазерных и оптико-электронных информационных систем / С.А. Гончаров, С.В. Москвитин, В.П. Трикоз. – Харьков: ХВУ, 1994. – 286 с.

Кузьміч Олександр Євгенійович

старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5603-9922>
+380679112492

Oleksandr Kuzmich

Senior Researcher of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5603-9922>
+380679112492

Кузнецов Владлен Олександрович

начальник науково-технічного комплексу
вимірювань Державного науково-дослідного
інституту випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки, Чернігів,
Україна

<https://orcid.org/0000-0002-3156-2159>
+380671932238

Андрушко Микола Васильович

старший науковий співробітник Державного
науково-дослідного інституту випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки,
Чернігів, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>
+380987885476

Vladlen Kuznetsov

Head of scientific and technical complex of
measurements of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-3156-2159>
+380671932238

Mykola Andrushko

Senior Researcher of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-5454-778X>
+380987885476

**ANALYSIS OF APPLICATION OF CONTEMPORARY NIGHT VISION GOGGLES ON THE BASIS OF
ELECTRONIC-OPTICAL CONVERTER BY THE HELICOPTER CREWS. PROSPECTIVE HELICOPTER
OPTOELECTRONIC SYSTEMS OF AERIAL RECONNAISSANCE/SURVEILLANCE**

O Kuzmich, V Kuznetsov and M Andrushko

The paper studies the matters of using of night vision goggles by the helicopter crews of the State Aviation of Ukraine. The analysis of the perspective systems that can replace night vision goggles based on electronic-optical converter and provide round-the-clock and all-weather flights, landing of the helicopter on unprepared and unlit areas in poor visibility was treated.

Currently, the practice of using combat and transport helicopters involves their wider use in the night-time conditions (air warfare, delivery of goods, search-and-rescue operations). Due to low light levels, until recently, most night-time target acquisition tasks have been related with the necessities of providing the artificial target illumination, but in certain instances such illumination deteriorates visibility through an lighttight, phosphorescent atmospheric shells or it just can't be carried out.

The need for a large number of channels included in the optoelectronic system, caused by the variety of tasks that are solved by it, as well as the imperfection of each individual channel. This forces them to be combined to improve the efficiency of the optoelectronic systems themselves, so that the disadvantages of one channel are offset by the advantages of another.

In fact, it is only possible way to ensure the fulfilment of combat task by combining channels operating in different spectral bands in one scheme and by combining detection devices.

It can be stated that, despite the undisputed advantages of optoelectronic systems as compared to night-vision goggles, in case of the selecting for installing on a helicopter of optoelectronic systems, it should take into account the much higher cost of optoelectronic systems compared with night-vision goggles. Therefore, the rationale for installing optoelectronic systems must be determined based on the scope of the executing tasks, which are to be conducted by a specific helicopter.

Keywords: night vision goggles, digital systems, optoelectronic systems.