

УДК 621.395

**В. М. СЕНАТОРОВ,***кандидат технічних наук, доцент,***А. С. ДОВГОПОЛИЙ,***доктор технічних наук, професор,***О. М. ГУСЛЯКОВ,***старший науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

## Сучасний стан і перспективи розвитку систем кругового огляду для військової техніки

*Розглянуто системи кругового огляду військової техніки, що знаходяться на озброєнні ряду країн, та перспективні розробки, які можуть з'явитись на ринку.*

*Ключові слова: військова техніка, круговий огляд, сканування, телевізійна камера.*

*Рассмотрены системы кругового обзора военной техники, находящиеся на вооружении ряда стран, и перспективные разработки, которые могут появиться на рынке.*

*Ключевые слова: военная техника, круговой обзор, сканирование, телевизионная камера*

Як передбачено «Основними напрямками розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період» [1], основною метою розвитку озброєння та військової техніки є належне оснащення всіх складових сектору безпеки і оборони необхідним озброєнням та військовою технікою. Зокрема бойові броньовані машини (ББМ) мають бути оснащені сучасними оптико-електронними засобами спостереження, селекції та розпізнавання цілей, визначення їх координат і параметрів руху.

Чільне місце серед цих засобів займають телевізійні оглядові системи. Останнім десятиліттям розробці цих систем приділяється велика увага. Особливу складність являє розроблення панорамних систем з розгортанням по горизонталі до 360° з придатною для практики швидкістю обробки відеосигналу. Окрім того, виникає необхідність враховувати особливості розміщення на борту ББМ цих систем щодо масових, габаритних та енергетичних характеристик.

**Мета** статті – аналіз особливостей існуючих систем кругового огляду, визначення їхніх переваг і недоліків.

Аналіз літератури [2, 3] свідчить, що можливі два варіанти побудови таких систем: нескануючі (безкінематичні) і скануючі. Останні, у свою чергу, можна класифікувати як системи з компенсацією повороту зображення і без компенсації.

**Нескануючі системи** реалізуються масивом ширококутних телевізійних камер, розміщених на корпусі ББМ. Для отримання кругового огляду горизонтальна складова  $2\beta_z$  поля зору камер повинна бути

$$2\beta_z = 360^\circ/n,$$

де  $n$  – кількість камер на борту.

Алгоритм формування панорамного зображення в цих системах складається з двох основних етапів [4]. На першому етапі оцінюються параметри суміщення зображень згідно з визначеною моделлю; потім знайдені параметри можуть бути уточнені методом глобальної оптимізації. Частіш за все цей етап виконується шляхом пошуку і зіставлення специфічних точок на зображенні. На другому етапі виконується суміщення вхідних зображень для отримання кругової панорами. Відповідно до оцінених параметрів виконуються геометричні перетворення вхідних зображень, усунення дисторсії, застосування обраного перетворення для суміщення, перехід до обраної панорамної проекції. Далі проводиться усунення видимих переходів між сусідніми зображеннями і суміщення оброблених зображень у кінцеве панорамне зображення, що відображається на дисплеї.

Як показала міжнародна виставка TADTE-2015 [5], системи цього типу стають все більш затребуваними в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні. Так, тайванський 209-й військовий завод презентував систему з 16-ти камер зовнішнього спостереження для БТР CM-32 8×8 Cloud Leopard, розміщених по периметру корпусу БТР: по три камери розміщено попереду і по бортах, дві позаду і по одній на дзеркалах заднього виду. Решта камер розміщена на люку водія для підвищення інформованості при водінні із закритими люками (рис. 1). Зображення з усіх камер об'єднуються в кругове зображення.



Рис. 1. БТР CM-32 8×8 Cloud Leopard

Інші ББМ, на яких встановлена схожа система, – китайська Туре 8×8 07 PD і сингапурська для БТР Terrex (розробник Singapore Technologies Kinetics). У системі відеозображення з 11 телевізійних і тепловізійних камер виводяться на дисплеї командира, водія і в десантному відсіку. Це дає змогу десанту швидко зорієнтуватися в обстановці одразу після десантування.

На міжнародній виставці EUROSATORY-2017 в Парижі ізраїльська фірма Elbit Systems продемонструвала систему кругового огляду Iron Vision на базі 3...6 телевізійних камер на корпусі ББМ з виводом зображення на нашоломний дисплей командира [6] (рис. 2).



Рис. 2. Нашоломний індикатор системи Iron Vision

При цьому на дисплеї виводиться зображення тієї камери, яка відповідає поточному кутовому положенню голови командира. Це свідчить про те, що до складу системи введено датчик вимірювання положення голови на базі мікромеханічних акселерометрів. За інформацією розробника, роздільна здатність системи дозволяє розпізнавати людину на відстані до 300 м.

Таким же шляхом пішла шведська компанія BAE Systems, яка показала на виставці DSEI-2015 в Лондоні свою систему кругового огляду Battle View 360 [7]. Перевага цієї системи в тому, що в ній передбачена можливість переключення зображення на точку зору будь-якого члена екіпажу.

У рамках російської програми з переоснащення спеціальних загонів ФСБ в 2015 році розроблено броневий автомобіль «Вікінг» на базі КамАЗ-4911 «Extreme»

(розробник АТ «Форт Технологія»), який оснащений 6-ма відеокамерами, що дозволяє водію і членам екіпажу ББМ слідкувати за полем бою і навколишньою обстановкою [8] (рис. 3).



Рис. 3. Броневий автомобіль «Вікінг» на базі КамАЗ-4911 «Extreme»

У 2015 році Інженерний центр досліджень і розробки автоброньованої техніки США (TARDEC) провів випробування системи кругового огляду на БМП M2 Bradley [9]. Система включає 4 камери, а в десантному відсіку розміщено дисплеї проти посадочних місць. Кожен дисплей показує зображення з усіх камер, а також карту місцевості. Це дає змогу бійцям десантного відсіку зорієнтуватися на місцевості до повного відкриття апарелі.

На міжнародній виставці «Зброя та безпека – 2016» в Києві і на IDEX-2017 в Абу-Дабі українська фірма Limpid Armoг представила систему кругового огляду на базі 4-х відеокамер і виводу інформації на окуляри змішаної реальності Microsoft HoloLens з використанням елементів інтегральної оптики [10, 11] (рис. 4).



Рис. 4. Шолом командира з окулярами HoloLens

Аналіз нескануючих систем кругового огляду дозволяє зробити такі висновки.

1. Проблема розроблення цих систем пов'язана з точним розміщенням і орієнтацією камер на ББМ

єдиній системі координат, а також суміщенням окремих зображень у кругову панораму для відображення чіткої обстановки навколо ББМ.

2. У системах, де отримання інформації пов'язане з поворотом голови, виникають труднощі з оглядом у задній півсфері.

3. Основна позитивна якість – висока надійність: при пошкодженні однієї з камер отримується інформація від інших, а втрачену інформацію можна отримати в процесі маневрування ББМ.

**Скануючі системи** будуються на базі телевізійної камери, а круговий огляд забезпечується обертанням усієї камери навколо вертикальної осі (системи без компенсації повороту зображення) або обертанням скануючого елемента (дзеркала, призми АР-90°), встановленого на вході камери, навколо вертикальної оптичної осі камери (системи з компенсацією повороту зображення).

Для виключення «змазування» зображення на дисплеї ці системи працюють у «старт-стопному» режимі, а вся панорама складається з окремих кадрів. Загальна кількість цих кадрів  $K$  визначається горизонтальною складовою  $2\beta_z$  поля зору телевізійної камери:

$$K = 360^\circ / 2\beta_z \quad (1)$$

Для автоматичного суміщення окремих кадрів в єдину панораму значення  $K$  обирається таким, щоб при скануванні мало місце перекриття двох сусідніх кадрів. Для цього кут повороту камери або скануючого елемента має бути меншим  $2\beta_z$ . Поля сусідніх кадрів, що обмежені зоною перекриття, можуть розглядатись як пара елементів багатокadroвої моделі зображення. Це дозволяє використовувати відомий математичний апарат обробки такої моделі [12]:

1. Зона перекриття лівого кадру з номером  $k-1$  ділиться на ряд сегментів, що не пересікаються. Всередині кожного сегмента обирається одна реперна точка. Як ознака належності точки до множини реперних точок може бути максимум дисперсії яскравості пікселів матричного фотоприймального пристрою (МФПП) камери навколо цієї точки в порівнянні з іншими точками даного сегмента.

2. У зоні перекриття правого кадру з номером  $k$  шукаються точки, що відповідають ознакам реперних точок. Оскільки кадри сформовані однією камерою, то невідповідності в координатах реперних точок лівого кадру не відрізняються суттєво від шуканих відповідних точок правого кадру. Це дозволяє як критерій відповідності використовувати максимум коефіцієнта кореляції або мінімум суми квадратів різниці яскравості пікселів, обчислених навкруги точок.

3. На основі різниць у координатах реперних пікселів у кадрах, що розглядаються, обчислюється лінійне зміщення і кут нахилу правого кадру відносно лівого.

4. Виконується афінне перетворення правого кадру із знайденими значеннями зміщення і повороту з метою суміщення в єдине зображення з лівим кадром.

На рис. 5 зображена структурна схема, що охоплює можливі варіанти побудови скануючих систем

кругового огляду шляхом обертання телевізійної камери навколо вертикальної осі.

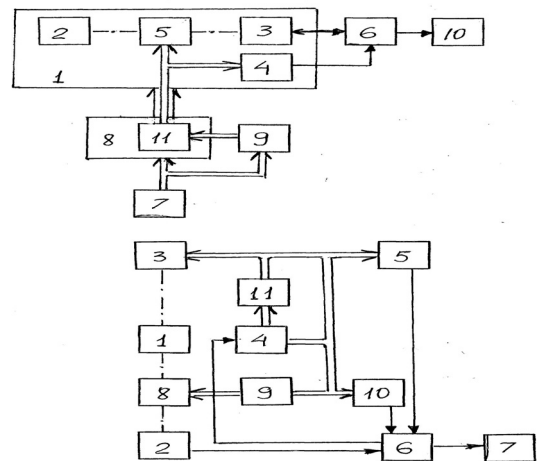


Рис. 5. Структурна схема системи кругового огляду шляхом обертання камери:

1 – камера, 2 – об'єктив, 3 – МФПП, 4 – датчик кута, 5 – призма-компенсатор, 6 – блок управління МФПП, 7 – двигун, 8 – мультиплікатор, 9 – мальтійський хрест, 10 – зовнішній інтерфейс, 11 – планетарний механізм

У першому варіанті система будується на базі камери 1, яка містить об'єктив 2, в фокальній площині якого розміщено МФПП 3. Для отримання серії якісних кадрів у цьому варіанті необхідно зупинити рух камери на час експонування МФПП. Для цього використовується кроковий двигун 7. Інформація про кутове положення камери надходить з датчика кута 4 до блока управління фотоприймачем 6, який формує команду на дозвіл експонування фотоприймача, а також імпульси синхронізації кадрової розгортки МФПП. Тобто електронний затвор МФПП відкритий тільки на час від команди початку сканування до імпульсу синхронізації кадрової розгортки. Сформовані кадри передаються до зовнішнього інтерфейсу 10 для подальшої обробки і відображення на дисплеї.

Застосування таких систем огляду стримується необхідністю фіксації зображення навколишнього простору на МФПП на час експонування кадру. Для стандартної телевізійної розгортки цей час становить 0,04 с. Аби не втратити якість телевізійного зображення, зміщення оптичного зображення за час формування кадру не повинне перевищувати розмір телевізійного рядка.

З цього погляду перевагу має інший варіант виконання системи, де завдяки введенню оптичного компенсатора руху 5 між об'єктивом 2 і МФПП 3 сканування простору відбувається без зупинок руху камери, забезпечуючи при цьому якісне зображення [13]. Для реалізації цього варіанта між двигуном 7 і камерою 1 введено мультиплікатор 8, який, з одного боку, забезпечує обертання всієї камери, а з іншого – обертання оптичного компенсатора 5 – призми з парною кількістю заломлюючих граней.

При визначених кутах призми 5 (у діапазоні  $\pm 15^\circ$  між нормаллю до площини призми і візирною віссю камери)

швидкості зміщення зображення від обертання камери і від обертання призми вирівнюються. Оптичне зображення фіксується на фоточутливій поверхні МФПП.

Інформація про кутове положення призми з датчика 4 надходить до блока управління фотоприймачем 6, який формує команду на дозвіл експонування фотоприймача, а також імпульси синхронізації кадрової розгортки МФПП. Електронний затвор МФПП відкритий на час від команди початку експонування до імпульсу синхронізації кадрової розгортки. Таким чином, по-перше, здійснюється синхронізація стану електронного затвора МФПП з положенням оптичної призми: затвор відкритий лише на час фіксації оптичного зображення на МФПП; по-друге, забезпечується синхронізація кадрової розгортки зі скануванням навколишнього простору.

Об'єктив 2 формує оптичне зображення навколишнього простору на фоточутливій поверхні МФПП. При азимутальному обертанні камери по фоточутливій поверхні МФПП біжить оптичне зображення навколишнього простору. Через мультиплікатор 8 обертання передається призмі 5. При обертанні призми з кутовою швидкістю

$$\omega_n = 2\pi\omega_{ск} / \beta_z N,$$

де  $\omega_{ск}$  – кутова швидкість обертання камери, а  $N$  – кількість граней призми, оптичне зображення зміщується в напрямку, зворотному його руху. Коефіцієнт мультиплікації обирається таким, щоб швидкості бігу зображення від обертання камери і швидкості зміщення зображення при обертанні призми були рівними і спрямованими в різні боки. При цій умові оптичне зображення фіксується на МФПП. Ця умова виконується при коефіцієнті мультиплікації

$$q_m = 2\pi / \beta_z N.$$

За даними [13], час фіксації кадру в цій системі огляду становить третину від усього часу формування кадру, тобто 0,013 с для стандартної телевізійної камери на базі МФПП. Решту часу – 0,027 с – займає перекидання зображення на наступний кадр.

Розрахунки показують, що кути призми, при яких для стандартного телевізійного сигналу з роздільною здатністю 600 телевізійних рядків зображення фіксується на фоточутливій поверхні МФПП з похибкою в один телевізійний рядок, не перевищують  $\pm 15^\circ$  від оптичної осі камери. Тобто діапазон робочих кутів оптичного компенсатора становить  $30^\circ$ . Подальше обертання призми забезпечує лише перехід на нові робочі кути. Наприклад, для куб-призми, кутовий період якої  $90^\circ$ , час повороту призми на цей кут має дорівнювати періоду кадрової розгортки МФПП. При цьому час повороту призми в межах робочих кутів становить 1/3 від періоду кадрової розгортки. Решта 2/3 часу формування кадру йде на повернення призми в первинне положення.

Для зменшення цього непродуктивного часу в третьому варіанті виконання системи до її складу введено механізм переривчастої дії 9 (мальтійський хрест), з'єднаний через механічну передачу з двигуном 7, і механічний диференційний пристрій 11 (планетарний механізм), з'єднаний першим входом з двигуном через

механічну передачу, а другим входом – з виходом механізму переривчастої дії 9, а вихід диференційного пристрою з'єднаний з призмою 5 [14]. Окрім того, початок і кінець експонування зображення навколишнього простору синхронізовані з початком і кінцем зони робочих кутів оптичного компенсатора.

У момент початку зони робочих кутів призми датчик кута 4 видає блоку управління 6 команду, що дозволяє відкриття електронного затвора МФПП. Одночасно з кінцем зони робочих кутів призми починається обертання мальтійського хреста 9, яке передається на другий вхід планетарного механізму 11. Швидкості обертання з обох входів планетарного механізму складаються. Відбувається прискорений поворот призми в первинне положення.

Таким чином, робочий поворот призми на  $30^\circ$  відбувається протягом 3/4 часу формування кадру, тобто за 0,03 с, а прискорений поворот на  $60^\circ$  відбувається в решту часу 0,01 с. У порівнянні з попереднім варіантом час експонування збільшується в 2,25 разу.

До недоліків систем кругового огляду шляхом обертання всієї камери слід віднести проблему передачі інформації з рухомого МФПП на нерухому платформу з пропускну здатністю гігабітного рівня.

На рис. 6 наведена структурна схема, що охоплює можливі варіанти побудови системи кругового огляду шляхом обертання скануючого елемента навколо вертикальної оптичної осі телевізійної камери.

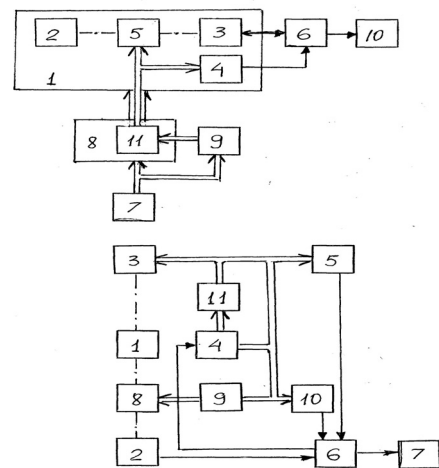


Рис. 6. Структурна схема системи кругового огляду шляхом обертання скануючого елемента:

1 – об'єктив, 2 – МФПП, 3 – скануючий елемент, 4 – двигун, 5, 10 – датчики кутів, 6 – блок управління МФПП, 7 – зовнішній інтерфейс, 8 – компенсатор повороту зображення, 9 – редуктор, 11 – мальтійський хрест

У першому варіанті система будується на базі камери, що містить об'єктив 1, в фокальній площині якого розміщено МФПП 2, на вході якої розміщено скануючий елемент (дзеркало, призма AP-90°). Оптична вісь камери орієнтована вертикально відносно земної системи координат, а скануючий елемент обертається навколо цієї осі, забезпечуючи таким чином сканування навколишнього простору. «Старт-стопний» режим

забезпечується кроковим двигуном 4, а кількість кадрів  $K$  визначається залежністю (1).

У початковий момент за допомогою датчика кута 5 скануючий елемент займає положення, при якому горизонталь земної системи координат паралельна довгій стороні МФПП. Виконується сканування простору, і результати сканування через блок управління 6 і зовнішній інтерфейс 7 передаються до зовнішньої ЕОМ для подальшого опрацювання і відображення на дисплеї. Після цього через блок управління з ЕОМ передається команда, за якою двигун повертає скануючий елемент на заданий кут. При цьому зображення в площині фоточутливої площадки МФПП також повертається на цей кут.

При програмній компенсації повороту зображення діагональ скоригованого кадру має бути не більше мінімального розміру МФПП [15].

Якщо позначити множину пікселів вихідного зображення як  $\{P[m,n]\}$ , а множину пікселів скоригованого зображення як  $\{P^*[m,n]\}$ , то процес компенсації повороту і формування скоригованого зображення можна звести до поелементного перетворення вигляду

$$P^*[m,n] = P[m^*,n^*],$$

де координати  $m^*$  і  $n^*$  визначаються як результат афінного перетворення:

$$\begin{aligned} m^* &= (n-N/2) \sin \varphi_k + (m-M/2) \cos \varphi_k, \\ n^* &= (n-N/2) \cos \varphi_k - (m-M/2) \sin \varphi_k \end{aligned}$$

де  $\varphi_k = 2k\pi/K$ ,  $k$  – номер кадру, а  $N$  і  $M$  – кількість пікселів матриці в рядку і в стовбці.

Цей варіант побудови системи характеризується мінімальними габаритами, але вимагає застосування швидкодіючої ЕОМ для обробки зображень, що складають панораму.

У другому варіанті побудови системи компенсація повороту зображення здійснюється оптико-механічним методом: між об'єктивом 1 і МФПП 2 або між скануючим елементом 3 і об'єктивом 1 розміщується компенсатор повороту зображення 8 (призма Аббе, Пехана або система трьох дзеркал), кінематично зв'язаний з двигуном 4 через редуктор 9 [16].

Спочатку в системі забезпечується синхронність обертання скануючого елемента 3 і компенсатора повороту зображення 8. Для цього за сигналами датчика кута 5 повороту скануючого елемента і датчика кута 10 повороту компенсатора скануючий елемент 3 і компенсатор 8 займають положення, при яких зображення вертикалі орієнтується вздовж осі симетрії чутливої площадки МФПП.

Виконується сканування простору, і на виході МФПП формується відеосигнал, що через блок управління 6 і зовнішній інтерфейс 7 подається до зовнішнього пристрою. З блока управління 6 подається сигнал на вхід двигуна 4, за яким через першу механічну передачу обертається компенсатор 8, а через другу механічну передачу обертання передається скануючому елементу 3. Механічні передачі спроектовані таким чином, що

компенсатор і скануючий елемент обертаються в різні боки на різні кути: якщо скануючий елемент повертається на кут  $2\beta_z$ , то компенсатор повертається на кут  $\beta_z$ . Спільне і зустрічне обертання скануючого елемента 3 і компенсатора 8 веде до того, що при круговому скануванні зображення вертикалі фіксується відносно МФПП.

Недоліки цього варіанта побудови системи пов'язані з місцем розташування компенсатора повороту зображення. Якщо він розміщується між скануючим елементом і об'єктивом, то це збільшує відстань вхідної зіниці об'єктива від скануючого елемента і веде до збільшення габаритів скануючого елемента. Якщо ж компенсатор розміщується між об'єктивом і МФПП, то це збільшує фокусну відстань об'єктива і веде до зменшення поля зору камери і збільшення часу на формування панорами. В обох випадках (у порівнянні з першим варіантом побудови системи) введення компенсатора веде до збільшення висоти пристрою на  $(1,2\dots 1,4)D$ , де  $D$  – діаметр вихідної зіниці об'єктива.

В іншому варіанті побудови системи кругового огляду шляхом обертання скануючого елемента компенсація повороту зображення здійснюється механічним методом: між двигуном 4 і скануючим елементом 3 встановлюється чотирипелюстковий мальтійський хрест 11; МФПП 2 орієнтується таким чином, що осі його симетрії утворюють з віссю симетрії ББМ кути  $45^\circ$ , а горизонтальна складова поля зору камери дорівнює  $90^\circ$  і формується меншою стороною матриці [17].

У процесі сканування мальтійський хрест 11 робить чотири зупинки, при яких елемент 3 займає чотири фіксовані положення, і ось поля зору камери фіксується під кутами  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $-135^\circ$  і  $-45^\circ$  до осі симетрії ББМ. Оскільки горизонтальна складова поля зору камери становить  $90^\circ$ , то чотири положення забезпечують круговий огляд навколишнього простору. Коли ось поля зору камери орієнтується під кутами  $45^\circ$  і  $-135^\circ$ , то блок управління 6 здійснює зчитування інформації з МФПП по рядку вздовж більшої сторони матриці і по стовбцю вздовж меншої сторони матриці. Коли вісь поля зору камери орієнтується під кутами  $135^\circ$  і  $-45^\circ$ , то блок управління 6 здійснює зчитування інформації з МФПП по рядку вздовж меншої сторони матриці і по стовбцю вздовж більшої сторони матриці. Ознакою для зміни порядку зчитування є сигнал з датчика кута 5. Результати зчитування через блок управління 6 і зовнішній інтерфейс 7 передаються до зовнішньої ЕОМ для подальшої обробки і відображення на чотирьох дисплеях. На першому дисплеї відображається обстановка в передній півсфері, на другому – у задній півсфері, а на інших – праворуч і ліворуч ББМ.

Якщо в системі використовується стандартна матриця із співвідношенням сторін  $h : l = 3 : 4$ , то вертикальна складова поля зору камери  $2\beta_g$  становить  $2\beta_g = 1,5\beta_z$ , тобто  $67,5^\circ$ , а загальне поле зору камери  $2\beta$  має бути  $112,5^\circ$ . Виходячи з цього, фокусна відстань  $f'$  об'єктива камери визначається залежністю  $f' = 5h/18$ .

Таким чином, цей варіант побудови системи зберігає переваги пристрою з програмною компенсацією

повороту зображення і усуває недоліки системи з оптико-механічним методом компенсації. Система характеризується малими габаритами по висоті, що спрощує її розміщення на борту ББМ.

На основі проведеного аналізу сучасного стану систем кругового огляду для військової техніки можна зробити такі **висновки**.

1. Сучасний ринок військових спеціальних систем пропонує широкий вибір систем кругового огляду для військової техніки.

2. Кожний з розглянутих варіантів побудови цих систем має свої переваги і недоліки.

3. При виборі тієї чи іншої системи для оснащення військової техніки потрібно виходити із завдань, що виконуються цією технікою, і її конструктивних особливостей, пов'язаних з розміщенням системи на борту ББМ, БТР, танка або робототехнічного комплексу.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Основні напрями розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.06.2017 № 398-р.
2. Цудиков М. Б. Панорамный видеомониторинг объектов // Известия Тульского госуниверситета. 2011. Вып. 5. С. 9–12.
3. Прудников М. В., Шлишевский В. Б. Панорамные оптико-электронные устройства кругового и секторного обзора // Вестник Сибирского госуниверситета геосистем и технологий. 2016. Вып. 1 (33). С. 148–161.
4. Толкачев Д. С. Алгоритм формирования кругового панорамного изображения в системах разнесенных в пространстве видеокамер : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Таганрог, Южный федеральный университет, 2013. 20 с.
5. Тайвань разработал систему камер кругового обзора. URL: <https://topwar.ru/88562> (дата звернення: 01.03.2018).
6. Командиры танков научатся видеть сквозь корпус. URL: <https://technews2.pp.ua>ironvision> (дата звернення; 01.03.2018).
7. Battle View 360 система дополнительной реальности, делающая «прозрачной» броню танков и другой техники для членов их экипажей. URL: [/https://www.dailytechinfo.org](https://www.dailytechinfo.org) (дата звернення: 01.03.2018).
8. Бронеавтомобиль «Викинг» на базе КАМАЗ-4911 «Extreme». URL: <https://auto-nowosti.ru> (дата звернення: 01.03.2018).
9. Скрипник В. Limpid Armor – украинская система кругового обзора для бронированной техники на базе гарнитуры Microsoft HoloLens. URL: <https://vk.com>wall-75361481> (дата звернення 01.03.2018).
10. Лисовицкий А. Из чего состоит Microsoft HoloLens и как все это работает. URL: <https://holographica.space/articles/micro-soft-hololens-10-6983> (дата звернення 01.03.2018).
11. Данилкин Ф. А., Котов В. В. Методы обработки многокадровых моделей. Тула : ТулГУ, 2000. 96 с.
12. Патент № 2445644 (РФ). Способ кругового обзора матричным фотоприемным устройством и устройство для его осуществления. МКИ G01S 17/88. 2012. Бюл. № 8.
13. Патент № 2608845 (РФ). Устройство кругового обзора. МКИ G01S 3/78. 2017. Бюл. № 3.
14. Ларкин Е.В., Котов В.В., Котова Н.А. Система технического зрения работа с панорамным обзором // Известия Тульского госуниверситета. Технические науки. 2009. Вып. 2. С. 161–166.
15. Патент № 2355005 (РФ). Устройство для кругового обзора. МКИ G02B 26/10. 2009. Бюл. № 13.
16. Заявка на корисну модель № U201802466 від 12.03.2018 (Україна). Пристрій для кругового обзору. МПК G01S 5/16.

*Стаття надійшла до редколегії 11.04.2018*

**Рецензент С. В. Лапицький**, д-р техн. наук, проф.  
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)