

Andrzej SZELMANOWSKI¹
Sławomir MICHALAK²
Andrzej PAZUR³

NAHELMOWY SYSTEM CELOWNICZY NSC-1 ORION DLA POLSKICH ŚMIGŁOWCÓW WOJSKOWYCH

W pracy przedstawiono występujący w formie demonstratora technologii nabełmowy system celowniczy NSC-1 Orion, który został opracowany i zbudowany w ramach projektu badawczego na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa pt. „System nabełmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszec”. System ten jest przeznaczony do nabełmowego sterowania położeniem stanowiska ruchomego z karabinem 12,7 WKM-B oraz innych elementów uzbrojenia śmigłowca. Umożliwia nabełmowe wyświetlanie parametrów pilotażowych zarówno w dzień, jak i w nocy. Projekt obejmujący budowę systemu NSC-1 Orion, jako głównego elementu systemu nabełmowego sterowania uzbrojeniem, został zrealizowany przez polskie konsorcjum naukowo-przemysłowe reprezentowane przez Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (Warszawa) jako lidera projektu. Osiągnięty poziom światowy oraz zastosowane nowatorskie technologie w tym rozwiązaniu zyskały uznanie na XX Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego w Kielcach, gdzie 6 września 2012 r. nabełmowy system celowniczy NSC-1 Orion uzyskał prestiżowe wyróżnienie DEFENDER.

Słowa kluczowe: system celowniczy, śmigłowiec, sterowanie

1. Wprowadzenie

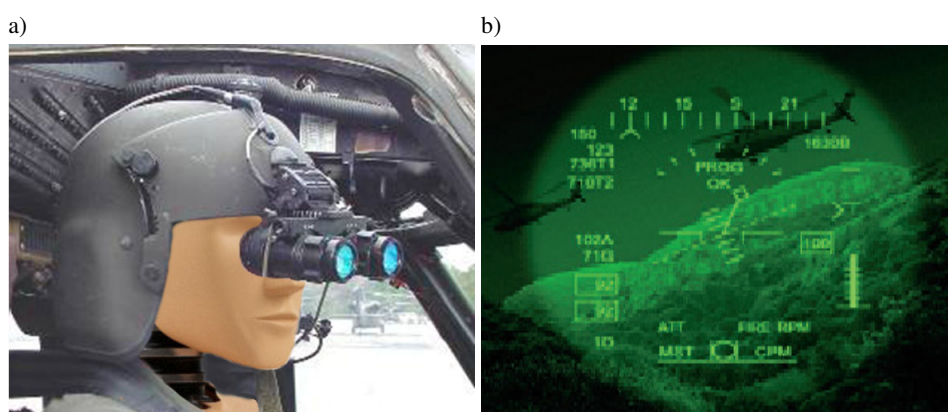
Nabełmowe systemy zobrazowania i wskazywania celu (tzw. zintegrowane celowniki nabełmowe) stają się obecnie [1-3] podstawowym wyposażeniem nowoczesnych wielozadaniowych samolotów i śmigłowców bojowych. Stanowią one także istotny element przetargowy programów modernizacji starszych

¹ Andrzej Szelmanowski, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa, e-mail: andrzej.szelmanowski@itwl.pl

² Autor do korespondencji/corresponding author: Sławomir Michalak, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa, tel.: (22) 6851043, e-mail: slawomir.michalak@itwl.pl

³ Andrzej Pazur, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa, e-mail: andrzej.pazur@itwl.pl

technologicznie statków powietrznych. Głównym celem ich zastosowania jest zwiększenie tzw. świadomości sytuacyjnej pilota i bezpieczeństwa lotu, a także efektywności i skuteczności użycia uzbrojenia pokładowego oraz zdolności przetrwania załóg na współczesnym polu walki [4]. Nahełmowe systemy prezentacji danych w wersji klasycznej wykorzystują daytime wyświetlacze okularowe i gogle noktowizyjne (rys. 1.), stanowiące standardowe wyposażenie m.in. wojskowych śmigłowców bojowych AH-1 Cobra i AH-64 Apache [5]. Umożliwiają one nie tylko bezpośrednie (tj. wyświetlane przed oczami pilota) informowanie o parametrach pilotażowo-nawigacyjnych (co jest bardzo ważne podczas lotów manewrowych), ale także podają komendy dyrektywne (nakazujące czynności niezbędne do wykonania zadania) lub ostrzeżenia o sytuacjach awaryjnych lub niesprawnościach (otrzymywane z układów kontroli stanu technicznego systemów pokładowych). Nahełmowe systemy prezentacji danych są wykorzystywane także do sterowania uzbrojeniem ruchomym statku powietrznego (np. w zakresie nahełmowego wskazywania celu dla działka lub rakiety kierowanej) oraz w systemach poszukiwawczo-ratowniczych (do sterowania położeniem kątowym głowicy obserwacyjno-celowniczej lub reflektora podwieszanego).



Rys. 1. Nahełmowy system celowniczy ANVIS dla śmigłowca AH-1 Cobra (a) oraz zobrazowanie okularowe w noktowizji (b)

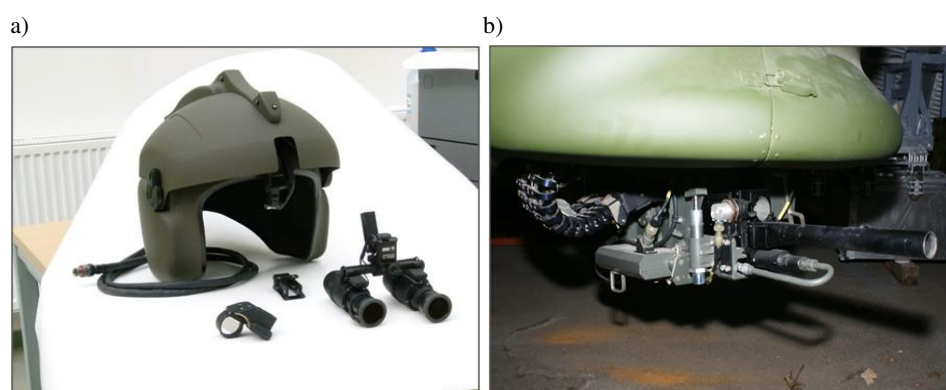
Fig. 1. The helmet-mounted ANVIS sight system for AH-1 Cobra helicopter (a) and noctovision view in the eyepiece (b)

Prace rozwojowe systemów nahełmowej prezentacji danych i sterowania uzbrojeniem pokładowym to konstrukcje hełmów przystosowanych do działania w cyberprzestrzeni, np. system nahełmowy HMDS firmy VSI dla samolotu F-35 [3]. W Polsce podobny projekt, finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, obejmował budowę systemu NSC-1 Orion jako głównego elementu systemu nahełmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszec. Projekt ten został zrealizowa-

ny przez polskie konsorcjum naukowo-przemysłowe w składzie: Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych (Warszawa) jako lider projektu, Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego „PZL-Świdnik” S.A. (Świdnik), Zakłady Mechaniczne „Tarnów” S.A. (Tarnów), FAS Mariusz Ficoń (Bielsko-Biała) oraz Przemysłowe Centrum Optyki/Bumar Żołnierz S.A. (Warszawa). Osiągnięty poziom światowy oraz zastosowane nowatorskie technologie w tym rozwiązaniu zyskały uznanie na XX Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego w Kielcach, gdzie 6 września 2012 r. nahelmowy system celowniczy NSC-1 Orion uzyskał prestiżowe wyróżnienie DEFENDER.

2. Nahelmowy system celowniczy NSC-1 Orion

Wychodząc naprzeciw potrzebom i standardom światowym, w Zakładzie Awioniki ITWL (we współpracy z firmą PCO i FAS w ramach konsorcjum naukowo-przemysłowego) opracowano i zbudowano [6] nahelmowy system celowniczy NSC-1 Orion (rys. 2.). Za pomocą zbudowanego nahelmowego systemu celowniczego NSC-1 Orion można sterować położeniem kątowym stanowiska ruchomego z karabinem 12,7 WKM-B (w wersji zbudowanej w ramach demonstratora technologii) oraz innych elementów systemu uzbrojenia pokładowego, m.in. ruchomej głowicy obserwacyjno-celowniczej Toplite, a także koordynatorów kierowanych pocisków raketowych (w wersji rozwojowej). W celu zapewnienia działania system ten jest sprzężony z komputerem misji KM-1 (zabudowanym na śmigłowcu W-3PL Głuszc) oraz wymaga nahelmowego układu określania położenia kąowego hełmu i nahelmowego układu zobrazowania danych procesu celowania (w tym tzw. krzyża celowniczego umożliwiającego powstanie osi celowania dla oka pilota).



Rys. 2. Elementy nahelmowego systemu celowniczego NSC-1 Orion (a) i stanowisko ruchome z karabinem WKM-B (b) dla śmigłowca W-3PL Głuszc

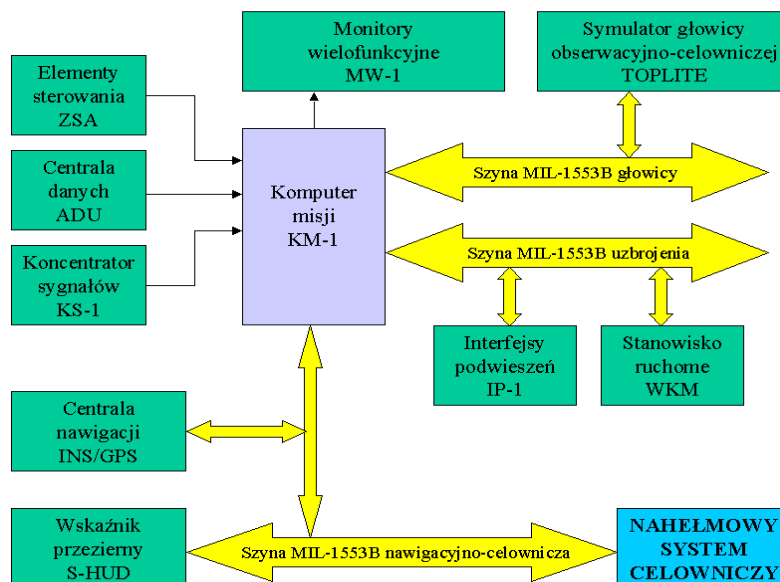
Fig. 2. Elements of the helmet-mounted NSC-1 Orion sight system (a) and the mobile stand with WKM-B rifle (b) for W-3PL Głuszc helicopter

Budowa nabełmowego systemu celowniczego w postaci systemu NSC-1 Orion, ze względu na jego specyfikę i rolę na wojskowym statku powietrznym w realizowaniu zadań [7], była związana z wieloma poważnymi problemami badawczymi. Obejmowały one zarówno zakres prac teoretycznych (m.in. opracowanie koncepcji działania systemu i wykorzystywanej zasady działania), jak i badań funkcjonalnych zbudowanego układu w wersji demonstratora technologicznego [8]. Wśród nich występowały problemy związane z:

- połączeniem budowanego systemu ze zintegrowanym systemem awionicznym śmigłowca W-3PL Głuszec (wymaganym dla zapewnienia dostarczania danych nawigacyjno-celowniczych do systemu oraz zarządzania systemem nabełmowym),
- wyświetlaniem nabełmowym danych (sposobem zobrazowania danych celowniczych na nabełmowym wyświetlaczu przeziernym),
- miniaturyzacją gabarytów i masy wyświetlacza nabełmowego i gogli noktowizyjnych (zapewnieniem jak najmniejszego obciążenia kręgosłupa szyjnego pilota),
- zapewnieniem płynności obracania i dokładności pozycjonowania ruchomego stanowiska strzeleckiego (oraz pozostałego kierowanego nabełmowo uzbrojenia pokładowego śmigłowca W-3PL Głuszec).

Głównym zagadnieniem badawczym było określenie możliwości i ograniczeń metod funkcjonowania nabełmowych systemów celowniczych (stosowanych na wybranych wojskowych statkach powietrznych lub nowo opracowanych), analizowanych w realizowanym projekcie budowy systemu NSC-1 Orion [7]. Celem przeprowadzonych prac była ocena tych metod (przedstawionych w ich realizacjach technicznych wykonanych w ITWL) pod kątem dokładności wyznaczania położenia kąтового hełmu pilota i wybór najbardziej korzystnej w stosunku do posiadanych w kraju możliwości technologicznych [8]. W wyniku przeprowadzonych analiz opracowano projekt koncepcyjny systemu nabełmowego sterowania uzbrojeniem z nabełmowym systemem celowniczym NSC-1 Orion. Schemat blokowy zbudowanego nabełmowego systemu sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszec przedstawiono na rys. 3.

W odniesieniu do zastosowanej zasady działania nabełmowy system celowniczy NSC-1 Orion jest autorskim, opracowanym w ITWL rozwinięciem metody elektrooptycznej (korygowanej przez jej hybrydyzację z układem inercyjno-magnetycznym). Zostało ono zrealizowane z wykorzystaniem optoelektronicznych elementów wskazujących położenie hełmu pilota oraz algorytmów opartych na sztucznej sieci neuronowej do wyznaczania jego położenia kąтового. Jako układ działający w ramach systemu nabełmowego sterowania uzbrojeniem zbudowanego dla śmigłowca W-3PL Głuszec system NSC-1 Orion realizuje funkcje nabełmowego procesu celowania i sterowania pracą środków bojowych (stanowiskiem ruchomym z karabinem 12,7 mm WKM-B) oraz współpracuje z głowicą obserwacyjno-celowniczą Toplite. Nabełmowy system celowniczy NSC-1 Orion jako system wydzielony korzysta z informacji pochodzących

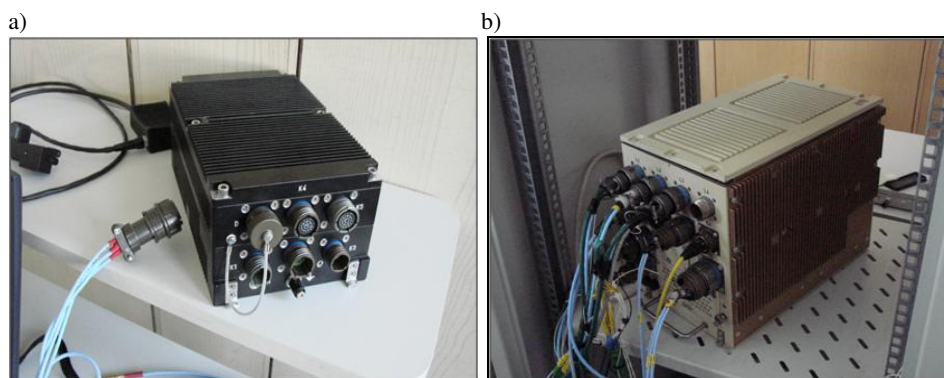


Rys. 3. Schemat połączenia nahelmowego systemu celowniczego jako nowego systemu z zintegrowanym systemem awionicznym śmigłowca W-3PL Głuszcak

Fig. 3. Schematic of the connection of the helmet-mounted sight system as a new system integrated with avionics system of W-3PL Głuszcak helicopter

od zintegrowanego systemu awionicznego (zabudowanego na pokładzie śmigłowca W-3PL Głuszcak). W szczególności system ten współpracuje z dalmierzem laserowym głowicy obserwacyjno-celowniczej Toplite oraz pokładowym elektroenergetycznym układem zasilania. Współdziałanie systemu NSC-1 Orion z systemem awionicznym i innymi układami pomiarowymi na śmigłowcu jest realizowane za pomocą interfejsów: MIL-1553B, ARINC-429, RS-485, ETHERNET 10/100 oraz USB. Elementem integrującym system nahelmowy NSC-1 Orion jest komputer graficzny KG-1HC (rys. 4.) współpracujący z komputerem misji KM-1, stanowiącym główny element zarządzający pracą zintegrowanego systemu awionicznego śmigłowca W-3PL Głuszcak.

Podstawą montażową demonstratora technologii jest makieta kabiny śmigłowca W-3PL Głuszcak (wykonana przez WSK „PZL-Świdnik”), na której zostały zabudowane wybrane elementy zintegrowanego systemu awionicznego, niezbędne do uruchomienia systemu nahelmowego i sprawdzenia jego współdziałania ze zintegrowanym systemem awionicznym (opracowanym przez ITWL), oraz adaptowane na potrzeby projektu stanowisko ruchome z karabinem WKM-B (wykonane przez ZM „Tarnów”). Nahelmowy system celowniczy NSC-1 Orion spełnia w systemie nahelmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszcak funkcje: wizualizacji symboli celowniczych na nahel-



Rys. 4. Komputer graficzny KG-1HC napełmowego systemu celowniczego NSC-1 Orion (a) i komputer misji KM-1 (b) dla śmigłowca W-3PL Głuszc

Fig. 4. KG-1HC graphic computer of the helmet-mounted NSC-1 Orion sight system (a) and the computer of KM-1 mission (b) for W-3PL Głuszc helicopter

mowym wyświetlaczu przeziernym (uwzględniającej aktualnie używane uzbrojenie oraz jego dane balistyczne), wycelowania wybranego systemu uzbrojenia ruchomego na śmigłowcu do celu zewnętrznego (przez operatora systemu), pomiaru kątów azymutu i elewacji hełmu pilota względem kabiny śmigłowca i przesłania ich w postaci cyfrowej do aplikacji wypracowującej dane balistyczno-celownicze w komputerze misji. W sterowaniu systemem uzbrojenia zbudowany demonstrator technologii systemu napełmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszc obejmuje adaptowane ruchome stanowisko strzeleckie (z 12,7 mm karabinem WKM-B) oraz stanowisko do symulacji wybranych parametrów funkcjonalnych głowicy obserwacyjno-celowniczej Toplite (symulator SGT-1 zbudowany w ITWL).

3. Podstawowe funkcje i dokładność pozycjonowania hełmu

W obszarze rozwiązań technologicznych przedstawiony system NSC-1 Orion jest oparty na innowacyjnych rozwiązaniach niespotykanych w skali światowej [6]. Zastosowane rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne w zbudowanym systemie napełmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszc są na najwyższym poziomie technologicznym. Przełomowym rozwiązaniem w realizowanym projekcie jest zastosowanie technologii sztucznych sieci neuronowych do określania położenia kąтового hełmu pilota (opracowanej w ITWL) oraz zintegrowanego wyświetlacza dziennie-nocnego WDN-1 (zbudowanego w PCO), wykorzystywanego do celów napełmowego zobrazowania informacji pilotażowo-nawigacyjnej i celowniczej z implementacją techniki noktowizyjnej (zminiaturyzowane gogle noktowizyjne PNL-3M zbudowane w PCO).

Działanie systemu napełmowego NSC-1 Orion polega na takim sterowaniu uzbrojeniem śmigłowca, w którym ruch głowy pilota w zakresie azymutu i ele-

wacji powoduje odpowiedni ruch osi celowania ruchomego stanowiska strzeleckiego z karabinem 12,7 mm WKM-B. Umożliwia to prowadzenie ognia bez odrywania rąk od elementów sterowania i nahelmowego wskazywania celu oraz szybkie przełączanie systemu na sygnały głowicy obserwacyjno-celowniczej wykorzystywane do strzelania precyzyjnego. Wstępne badania dokładności kreślenia kątów położenia przestrzennego hełmu pilota dla nahelmowego systemu celowniczego NSC-1 Orion były wykonywane na stanowisku pomiarowym, zbudowanym w ITWL do uczenia sieci neuronowej wykorzystywanej w metodzie elektrooptycznej i hybrydowej [6]. Stanowisko takie dla badanej aplikacji z siecią neuronową zapewnia: zautomatyzowane zadawanie i pomiar kątów azymutu i elewacji osi celowania, zautomatyzowany pomiar położenia przestrzennego hełmu poprzez wyznaczenie kątów azymutu i elewacji osi wizowania hełmu za pomocą systemu pomiaru, przesłanie tych kątów w postaci cyfrowej do aplikacji pomiarowej w celu archiwizacji i dalszej analizy, określanie dokładności wyznaczania położenia kąтового.

Stanowisko w wersji uproszczonej (z modelowaniem położenia hełmu na obrotnicy PAN/TILT) pozwala na zadawanie położenia przestrzennego hełmu poprzez zmianę jedynie jego kątów azymutu i elewacji względem dwóch prostopadłych osi obrotu, bez uwzględniania przemieszczeń bocznych. Wykonane badania dla metody hybrydowej wykazały, że dokładność tak wyznaczanych kątów azymutu i elewacji hełmu (dla azymutu do $\pm 80^\circ$ i elewacji do $\pm 12^\circ$) jest rzędu $\pm 0,5^\circ$ (dla azymutu) oraz $\pm 0,2^\circ$ (dla elewacji). Końcowe badania dokładności określenia kątów były wykonywane na stanowisku w wersji pełnej, zabudowanym w kabine śmigłowca W-3PL Głuszec. Stanowisko w wersji pełnej (z hełmem umieszczonym na głowie operatora systemu) pozwala na rzeczywiste zadawanie położenia kąтового hełmu z uwzględnieniem ruchów bocznych głowy i tułowia pilota występujących w procesie celowania. Wykonane badania dla metody hybrydowej wykazały, że dokładność tak wyznaczanych kątów azymutu i elewacji hełmu (dla azymutu do $\pm 80^\circ$, dla elewacji do $\pm 12^\circ$) jest rzędu $\pm 0,6^\circ$ (dla azymutu) oraz $\pm 0,3^\circ$ (dla elewacji).

Na podstawie wyników badań wykonanych w ITWL stwierdzono, że obecnie najbardziej dogodną do zastosowania w nahelmowym systemie celowniczym NSC-1 Orion jest metoda hybrydowa. Stanowi ona jeden ze sposobów zwiększenia dokładności wyznaczania położenia kąтового hełmu przez połączenie kilku metod składowych (elektrooptycznej i inercjalnej). System ten może być optymalizowany w zakresie liczby i rodzaju sygnałów oraz sposobu ich przetwarzania (np. używając filtru Kalmana). Niebagatelną zaletą systemu NSC-1 Orion jest zbudowanie go na podstawie zintegrowanego systemu awionicznego śmigłowca W-3PL Głuszec, wykorzystującego cyfrowe szyny danych MIL-1553B (w zarządzaniu pracą systemu nahelmowego) i MIL-1760 (w sterowaniu pracą systemu uzbrojenia). Umożliwia to zabudowanie go na innych, nowych lub modernizowanych śmigłowcach bojowych ze zintegrowanym systemem awionicz-

nym [8]. Zbudowany nahełmowy system celowniczy NSC-1 Orion jako demonstrator technologii wspomaga proces testowania nowych metod (oraz urządzeń do ich realizacji technicznej) i może stanowić podstawę do dalszego ich rozwoju w ramach przemysłu krajowego.

4. Podsumowanie

Nahełmowy system celowniczy NSC-1 Orion został zbudowany do nahełmowego sterowania ruchomym stanowiskiem strzeleckim z karabinem 12,7 mm WKM-B oraz współdziałania z głowicą obserwacyjno-celowniczą Toplite (zabudowanymi na pokładzie śmigłowca W-3PL Głuszec). System ten jest elektronicznie sprzężony ze zintegrowanym systemem awionicznym śmigłowca W-3PL Głuszec. Dzięki temu jest on przygotowany do pracy w tzw. systemie sieciocentrycznym, umożliwiającym realizację zaawansowanego szkolenia lotniczego personelu latającego i spełniającym warunki użycia go do realizacji misji bojowych na współczesnym polu walki w każdych warunkach dobowych (dzienno-nocnych). W wersji rozwojowej system ten może sterować położeniem kątowym głowicy obserwacyjno-celowniczej (z możliwością nahełmowego zobrazowania informacji z niej otrzymywanej) oraz może być wykorzystany do nahełmowego wskazywania celu dla pocisków kierowanych (typu „powietrze-powietrze” i „powietrze-ziemia”).

Nowoczesność systemu NSC-1 Orion polega na tym, że jest zbudowany w architekturze otwartej, przeznaczonej do zabudowy na śmigłowcach posiadających odpowiedni poziom technologiczności (m.in. W-3PL Głuszec). Do realizacji funkcji nahełmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca system ten określa w tych samych układach współrzędnych położenie hełmu, głowicy i stanowiska ruchomego. Niezbędne dane dla nahełmowego systemu celowniczego NSC-1 Orion są pobierane z części nawigacyjnej zintegrowanego systemu awionicznego zabudowanego na śmigłowcu W-3PL Głuszec. Aby zapewnić ergonomiczność i skrócenie procesu przygotowania do użycia uzbrojenia pokładowego, parametry pilotażowo-nawigacyjne oraz dane dla procesu celowania są zobrazowane na zintegrowanym wyświetlaczu dzienno-nocnym WDN-1, zamontowanym na hełmie pilota. System współpracuje z najnowszymi (opracowanymi w PCO) zminiaturyzowanymi goglami noktowizyjnymi PNL-3M, zmniejszającymi obciążenie kręgosłupa szyjnego pilota.

Zbudowany system nahełmowego sterowania uzbrojeniem jest wykonany z uwzględnieniem zadań stawianych przed współczesnymi śmigłowcami bojowymi. Nahełmowa prezentacja danych pilotażowo-nawigacyjnych zastosowana w systemie NSC-1 Orion bezpośrednio przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa lotu i walorów bojowych śmigłowca W-3PL Głuszec. System ten otrzymał Nagrodę DEFENDER na XX Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego MSPO'2012 w Kielcach.

Literatura

- [1] Materiały reklamowe firmy BOEING: Joint Helmet-Mounted Cueing System, 2008.
- [2] Materiały reklamowe firmy LOCKHEED MARTIN: A new technology Joint Helmet Mounted Cueing System for F-16 aircraft, 2009.
- [3] Materiały reklamowe firmy VISION SYSTEMS INTERNATIONAL: World leader in tactical aircraft helmet mounted display systems, 2012.
- [4] Girolamo H., Rash C., Gilroy T.: Advanced information display for the 21st century warrior. USAART, 1997.
- [5] Rash C., Russo M., Letowski T., Schmeisser E.: Helmet mounted displays: Sensation, perception and cognition issues. USAARL, 2009.
- [6] Zubko W., Milewski W., Pietnoczko B.: System nahelmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszec. Demonstrator technologii. Opis techniczny i instrukcja użytkowania. BT ITWL, Warszawa 2012.
- [7] Szelmanowski A., Michalak S., Pazur A.: Wstępne założenia taktyczno-techniczne na nahelmowy system celowniczy (NSC) dla śmigłowców z zabudowanym systemem ZSA (np. W-3PL Głuszec). BT ITWL, Warszawa 2010.
- [8] Zubko W., Milewski W., Pietnoczko B.: Badania systemu nahelmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowca W-3PL Głuszec. Badania laboratoryjne. Badania konstrukcyjne, elektryczne i funkcjonalne. BT ITWL, Warszawa 2012.

HELMET-MOUNTED SIGHT NSC-1 ORION SYSTEM FOR POLISH MILITARY HELICOPTERS

Abstract

In the paper the demonstration of the helmet-mounted Sight System NSC-1 Orion developed and built within a framework of project for national defense and security named "A Helmet-mounted system to control the armament system of W-3PL Głuszec helicopter" is presented. The NSC-1 Orion system is dedicated to helmet-mounted control of the homing position of turret gun 12,7 WKM-B and other armament elements of the helicopter. Furthermore, it allows to helmet-mounted display the pilotage parameters during the day and night flights. The project has focused on the designing of the NSC-1 Orion system as the main element of the helmet-mounted system of the armament control and it has been realized by the Polish scientific-industrial consortium represented by the Air Force Institute of Technology (Warsaw) as the project leader. The achieved world level of the NSC-1 Orion system and innovative technologies used in this solution receive recognition at the 20th International Defence Industry Exhibition in Kielce, where on 6th September, 2012, the NSC-1 Orion sight helmet-mounted system has received a prestigious award DEFENDER.

Keywords: sight system, helicopter, control

DOI:10.7862/rm.2013.30

Otrzymano/received: 15.09.2013

Zaakceptowano/accepted: 22.10.2013