

SZELMANOWSKI Andrzej¹
BOROWSKI Jerzy
MICHAŁOWSKI Piotr

Możliwości nahałmowej wizualizacji obrazów z głowic obserwacyjno-celowniczych stosowanych w środkach transportu lotniczego

Zintegrowane systemy awioniczne, systemy zobrazowania nahałmowego

Streszczenie

W referacie przedstawiono jedną z ciekawszych i użytecznych aplikacji nahałmowych systemów celowniczych, która może być wykorzystana do wizualizacji danych o parametrach lotu oraz obrazów pozyskiwanych z lotniczych głowic obserwacyjno-celowniczych (w wydaniu zaawansowanym na śmigłowcach wojskowych), czy też układów uproszczonych w postaci zestawu kamer umożliwiających obserwacje w zakresie telewizyjnym i podczerwieni (dla śmigłowców cywilnych). Dokonano analizy zobrazowania otrzymywanego z kamery wizyjnej głowicy obserwacyjno-celowniczej na wyświetlaczu miniaturowym (jako przykładu zobrazowania tzw. wirtualnej rzeczywistości stosowanej w systemach nahałmowej prezentacji danych). Systemy takie przeznaczone być mogą do wspomagania działania wybranych służb państwowych, takich jak straż pożarna, policja, służba graniczna, czy w końcu służba ochrony środowiska (np. patrole ekologiczne w zakresie zanieczyszczenia Zatoki Gdańskiej). Realizacja tego tematu została przyjęta do finansowania przez MNiSzW w ramach projektu badawczego rozwojowego.

CAPABILITIES TO SHOW DATA/IMAGES FROM ELECTRO-OPTICAL SURVEILLANCE/TARGETING PODS UPON HELMET-MOUNTED DISPLAY SYSTEMS USED IN AIR TRANSPORT SYSTEMS – A FEASIBILITY STUDY

Abstract

The paper presents one of more interesting and useful applications of helmet-mounted sighting systems, which could be used to display flight data/parameters, images from electro-optical aerial surveillance/targeting systems built in either military helicopters (advanced version) or used by civilian helicopters as simplified sets of cameras that allow observations in TV/IR ranges. Analysed are images received from a visual camera (included in the electro-optical surveillance/targeting system) and then mapped out on a miniature display, the case being an example of presenting the so-called virtual reality as applied in helmet-mounted display systems. Such systems may be applied to support operations performed by police, border guard, fire brigades, rescue services and, finally, those for environment control and protection (e.g. eco patrols to monitor water pollution in the Bay of Gdańsk). This project has been financed by the Ministry of Science & Higher Education of Poland as a research project (R&D).

1. WPROWADZENIE

Jednym z elementów zwiększenia bezpieczeństwa lotniczych systemów transportowych jest zastosowanie tzw. systemów nahałmowego zobrazowania danych, wspomagających komunikację systemu antropotechnicznego „człowiek – statek powietrzny” [1]. W zakresie sposobu zobrazowania systemy prezentacji danych pilotażowo-nawigacyjnych przeszły znaczną ewolucję, począwszy od przyrządów umieszczanych w kokpicie, wymagających od pilota odwracania wzroku (stosowanych w myśliwcach bojowych latających do końca wojny w Wietnamie), aż po system HUD (ang. Head-Up Display) stosowany aktualnie w F-16 oraz innych współczesnych samolotach i śmigłowcach wojskowych.

Nahałmowe systemy celownicze umożliwiają nie tylko bezpośrednie (tj. wyświetlane przed oczami pilota) informowanie o parametrach nawigacyjnych i sterowania uzbrojeniem ale także podają komendy dyrektywne nakazujące czynności niezbędne dla wykonania zadania lub ostrzeżenia o sytuacjach awaryjnych lub niesprawnościach (otrzymywane z systemów kontroli stanu technicznego statku powietrznego). Obecnie piloci samolotów F-16 mają do dyspozycji obraz cyfrowy wyświetlany na wizjerze hełmu z układem celowniczo-obrazującym JHMCS (ang. Joint Helmet-Mounted Cueing System). W wersji uproszczonej system ten prezentuje wyłącznie dane celownicze (rys. 1.), natomiast informacje dotyczące parametrów lotu piloci odczytują z wyświetlacza HUD [2].

¹Air Force Institute of Technology, POLAND; Warsaw 01-494, Księcia Bolesława 6. Phone: +48 22 685-10-43, 685-12-03, Fax: +48 22 685-10-43
E-mail: andrzej.szelmanowski@itwl.pl



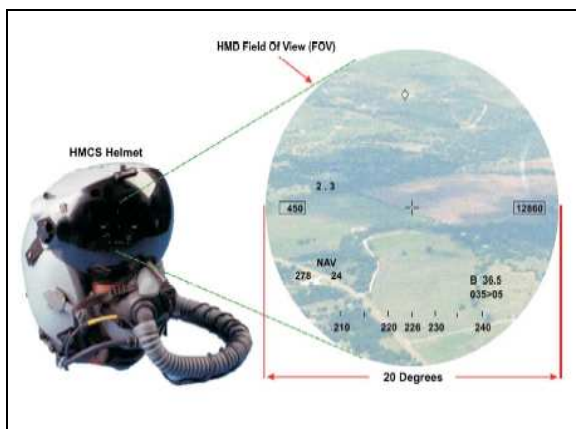
Rys. 1. Widok nahełmowego zintegrowanego systemu celowniczego JHMCS



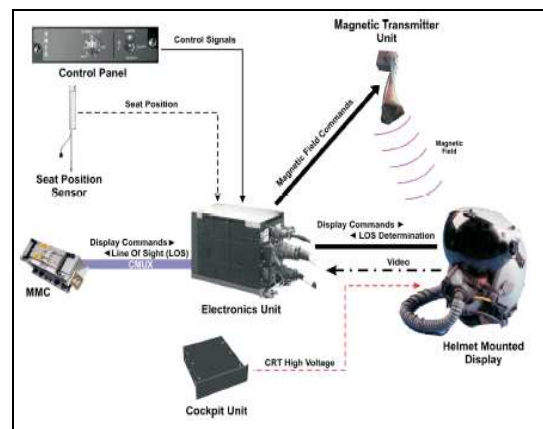
Rys. 2. Widok samolotu F-16 z podwieszoną głowicą obserwacyjną PANTERA

Samolot F-16 posiada podwieszany zasobnik z głowicą obserwacyjno-celowniczą typu PANTERA (rys. 2.). Wśród najważniejszych funkcji głowicy zasobnika PANTERA występują: generowanie obrazów wideo o dużej rozdzielczości umożliwiających detekcję i akwizycję celów lotniczych i naziemnych; śledzenie wskazanych przez pilota (nahełmowy system celowniczy) celów dla wykorzystania uzbrojenia precyzyjnego i bomb konwencjonalnych; wskazywanie laserowe celów dla laserowo naprowadzanych bomb (LGB); określanie laserowo odległości do celu dla zwiększenia dokładności uzbrojenia precyzyjnego oraz funkcji nawigacyjnych; podświetlanie w zakresie podczerwieni celów obserwowanych przy wykorzystaniu gogli noktowizyjnych (NVG).

System JHMCS samolotu F-16 (rys. 3.) jest złożonym urządzeniem elektrooptycznym, przeznaczonym do wyświetlania informacji nawigacyjno-celowniczej z przodu oka pilota, używany w pierwszym rzędzie dla operacji wykonywanych w warunkach dziennych. Integracja systemu jest zrealizowana na bazie bloku integracji elektronicznej Unit Electronics (EU), przy wykorzystaniu cyfrowej szyny danych według standardu MIL-1553B, bloku obliczeń linii wizowania Line Sight, bloku obliczeń graficznych Graphics oraz bloku rozsyłania komunikatów w sieci tzw. wideo / rejestrowanie (rys. 4.).



Rys. 3. Widok zobrażenia nahełmowego dla systemu celowniczego JHMCS



Rys. 4. Widok elementów współpracujących z systemem celowniczym JHMCS

Prowadzone obecnie prace rozwojowe w zakresie systemów nahełmowego zobrażenia danych wskazują na możliwości wykorzystania informacji obrazowej pozyskiwanej z głowic obserwacyjno-celowniczych coraz szerzej wykorzystywanych do zadań rozpoznania lotniczego (zabudowywanych na wojskowych i cywilnych statkach powietrznych). Główną informacją otrzymywanych z tych systemów jest obraz w zakresie widzialnym TV lub IR (podczerwieni) z naniesionymi parametrami nawigacyjnymi (m.in. kąt elewacji, azymutu, współrzędne wybranego obiektu wzdłuż linii celowania głowicy). W bardziej zaawansowanych rozwiązaniach wprowadzane są funkcje tzw. autotrackingu czyli automatycznego śledzenia celu (wtedy z głowicy można otrzymać odległość do celu). Możliwe też jest sprzężenie z systemem uzbrojenia, co zapewnia automatyczne celowanie.

W systemach nahełmowych prezentowane być mogą także obrazy rzeczywiste wspomagane informacją taktyczną, a także ostrzeżenia o sytuacji zagrożenia m.in. kolizją. Technicznym rozwiązaniem takiego podejścia mogą być hełmy lotnicze przystosowane do pracy w tzw. cyberprzestrzeni (np. system nahełmowy dla samolotu F-35) [3].

W Polsce, przy podobnych pracach (prowadzonych przez m.in. ITWL i BUMAR ŻOŁNIERZ S.A.) w ramach modernizacji wojskowych statków powietrznych z awioniką analogową, pojawił się problem sposobu pozyskiwania danych do wizualizacji nahełmowej, zapewnienia wymaganej dokładności oraz ich przetworzenia do wersji zobrażenia nahełmowego (według standardu GLASS COCKPIT).

2. WIZUALIZACJA DANYCH W UKŁADACH PRZEZIERNYCH

System JHMCS zapewnia pilotowi działanie bojowe w postaci „pierwsze spojrzenie – pierwszy strzał” bez potrzeby bezpośredniego angażowania się w walkę powietrzną. System umożliwia pilotowi dokładne wycelowanie broni na pokładzie statku powietrznego oraz ustawienie czujników na cele naziemne wroga, bez konieczności wprowadzania statku powietrznego w strefę zagrożenia lub miejsce docelowe, jak w procesie celowania przy wykorzystaniu wskaźnika przeziernego HUD. Najważniejsze informacje i symbole nawigacyjno-celownicze, jak np. parametry lotu są wyświetlane bezpośrednio na wizjerze hełmu pilota w sposób przezierny (tj. napisy i symbole graficzne są nałożone na widok otoczenia pilota widzianego gołym okiem). Informacje te zapewniają pilotowi zwiększenie jego świadomości sytuacyjnej, umożliwiającą mu osiągnięcie przewagi w powietrzu.

Przykładem nahałmowego systemu celowniczego w wersji przeziernej stosowanego na śmigłowcach wojskowych jest system TOPOWL (rys. 5.) zabudowany na śmigłowcu TIGER HAC (rys. 6.). Umożliwia on m.in. nahałmowe kierowanie środkami uzbrojenia pokładowego (stanowiskiem ruchomym i kierowanymi pociskami raketowymi).



Rys. 5. Widok hełmu z elementami systemu zobrazowania nahałmowego TOPOWL

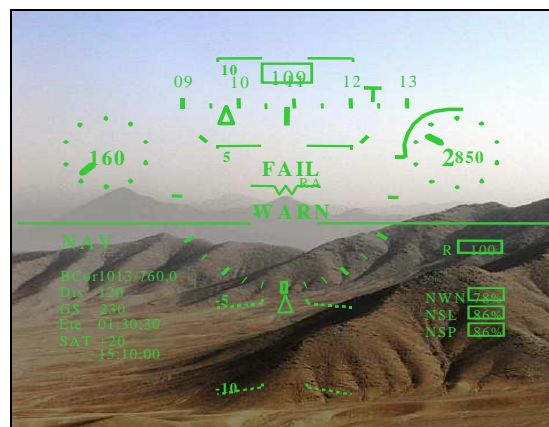


Rys. 6. Widok śmigłowca TIGER HAC z głowicą obserwacyjno-celowniczą

Wychodząc naprzeciw potrzebom i standardom światowym w Zakładzie Awioniki ITWL (we współpracy z firmą BUMAR ŻOŁNIERZ S.A. oraz WZL-1 S.A.) opracowano i zbudowano system wyświetlania parametrów lotu SWPL-1 [4]. Widok elementów zbudowanego systemu nahałmowego przedstawiono na rys. 7., zaś jego przykładowego zobrazowania na rys. 8. System przeznaczony jest dla I pilota (dowódcy załogi) oraz II pilota i umożliwia zobrazowanie wybranych parametrów pilotażowych, nawigacyjnych oraz kontroli pracy zespołu napędowego.



Rys. 7. Widok hełmu z elementami systemu zobrazowania okularowego SWPL-1



Rys. 8. Widok zobrazowania okularowego dla systemu SWPL-1 w trybie NAV

Zobrazowanie parametrów lotu w warunkach dziennych jest realizowane z wykorzystaniem przeziernego wyświetlacza nahałmowego DWN-1. W warunkach nocnych, zobrazowanie parametrów lotu jest realizowane z wykorzystaniem gogli noktowizyjnych i nocnego wyświetlacza nahałmowego NWN-1.

System umożliwia również generowanie sygnałów ostrzegania WARN o sytuacji niebezpiecznej na pokładzie śmigłowca oraz generowanie sygnałów FAIL informujących pilota o niesprawności systemów pokładowych. Informacja źródłowa z pokładowych systemów śmigłowca przekazywana jest do układu dopasowania sygnałów UDS-1. W układzie tym następuje przekształcanie i standaryzacja sygnałów analogowych i binarnych oraz realizacja funkcji logicznych związanych z generowaniem sygnałów WARN i FAIL. Przetworzone sygnały przekazywane są do komputerów graficznych KG-1. Komputer graficzny jest głównym elementem systemu realizującym algorytmy selekcji

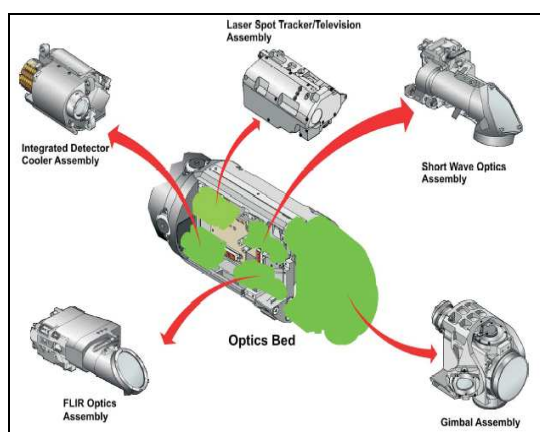
i transformacji danych oraz generującym sygnały zobrazowania informacji do przeziernego wyświetlacza nahełmowego. Współpracuje również z pokładowym odbiornikiem nawigacji satelitarnej GPS i pokładowym systemem danych aerodynamicznych typu ADU-3200 z wykorzystaniem cyfrowej szyny danych w standardzie ARINC-429.

System SWPL-1 umożliwia niezależne sterowanie i zobrazowanie informacji przekazywanej dla dowódcy załogi i II pilota. Piloci mają możliwość niezależnego wyboru trybu pracy i związanej z tym odpowiedniej planszy zobrazowania w zależności od aktualnej potrzeby i realizowanego zadania. Sterowanie pracą systemu możliwe jest przy wykorzystaniu pulpitu sterującego oraz elementów komutacji zabudowanych na organach sterowania śmigłowca Mi-17-1-V [4].

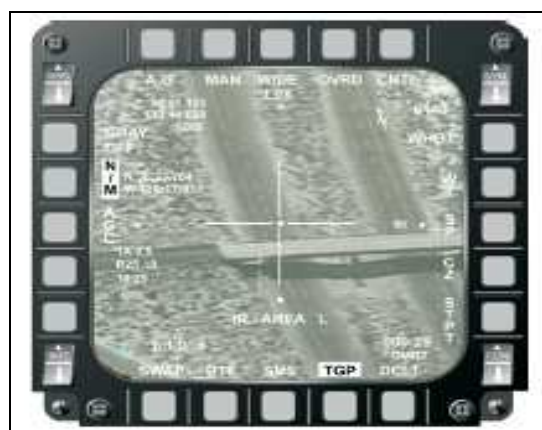
3. WIZUALIZACJA OBRAZÓW W UKŁADACH NIEPRZEZIERNYCH

Dotychczasowe systemy wizualizacji obrazów eksploatowane w lotnictwie wojskowym bazują na pozyskiwaniu obrazów z kamer zabudowanych w zasobnikach podwieszanych pod kadłub statków powietrznych oraz z monitorów wielofunkcyjnych służących do wizualizacji pozyskanych obrazów (przetworzonych lub wzbogaconych informacyjnie w pokładowych komputerach graficznych).

Przedstawiony we wstępie zasobnik samolotu F-16 z głowicą PANTERA (rys. 9.) wśród głównych elementów zawiera m.in. układ optoelektroniczny (Electro Optical sensory Targeting Pod) oraz układ obserwacji w podczerwieni (Forward Looking Infra-Red).



Rys. 9. Widok elementów głowicy PANTERA zabudowanej na samolocie F-16



Rys. 10. Widok zobrazowania monitorowego pozyskanego z głowicy PANTERA

Funkcje zasobnika m.in. detekcję i akwizycję celów lotniczych i naziemnych (rys. 10.) są realizowane w dzień i w nocy w czasie lotu samolotu za pomocą układu optoelektronicznego. Sensory zawarte są w pokładowym układzie kamer w zakresie widzialnym (CCD) dla funkcji realizowanych w ciągu dnia oraz w układzie podczerwieni (FLIR) dla funkcji umożliwiających obserwację w dzień i w nocy. Wskazywanie i wykrywanie celów naziemnych jest realizowane za pomocą sensorów laserowych (detekcja, oznaczanie, identyfikacja celów).

Podobne funkcje spełnia głowica obserwacyjno-celownicza TOPLITE zabudowana na śmigłowcu W-3PL GŁUSZEC (rys. 11.). Pozyskiwany obraz przez układ optyczny w zakresie widzialnym oraz w zakresie podczerwieni jest przekazywany do monitora (rys. 12.) wchodzącego w ukończenie głowicy TOPLITE. Do sterowania trybami zobrazowania służy specjalizowany pulpit sterowania pracą głowicy. Głowica TOPLITE posiada funkcje zaawansowanego śledzenia celu (tzw. autotracking) oraz określania odległości do wybranego (śledzonego) celu przy wykorzystaniu dalmierza laserowego.



Rys. 11. Widok głowicy TOPLITE zabudowanej na śmigłowcu W-3PL GŁUSZEC



Rys. 12. Widok zobrazowania monitorowego pozyskanego z głowicy TOPLITE

Jedną z ciekawszych aplikacji w zakresie zobrazowania nahałmowego jest wizualizacja obrazu otrzymywanego z głowicy obserwacyjno-celowniczej bezpośrednio na okularze lub wizjerze pilota. Z uwagi na charakter wizualizacji informacji, zobrazowanie takie jest nieprzeziernie, choć może być realizowane na ciekłokrystalicznych wyświetlaczach posiadających dwie funkcje wyświetlania przeziernego lub nieprzeziernego (obrazowego), wybierane sygnałem sterowania z pulpitu sterowania zobrazowaniem nahałmowym.

W Zakładzie Awioniki ITWL przeprowadzono udane próby „przechwycenia” zobrazowania przesyłanego z głowicy obserwacyjno-celowniczej TOPLITE do monitora głowicy oraz jego wizualizacji nahałmowej (rys. 13.) przy wykorzystaniu standardowych wyświetlaczy okularowych (stanowiących element stanowiska badawczego). Pozyskany z głowicy obraz prezentowany na wyświetlaczach okularowych (rys. 14.) zawiera pełny zakres parametrów procesu celowania określanych przez głowicę. W ten sposób uzyskano funkcję tzw. zobrazowania odległościowego. Przewiduje się, że rozwinięciem podjętych prac będzie system nahałmowego zobrazowania i sterowania położeniem głowicy. System taki stanowił będzie tzw. „elektroniczny peryskop”, mogący mieć zastosowanie nie tylko w lotnictwie, ale także w przemyśle motoryzacyjnym i transporcie morskim.



Rys. 13. Widok hełmu z elementami systemu okularowej wizualizacji obrazowej



Rys. 14. Widok zobrazowania okularowego pozyskanego z głowicy TOPLITE

Podstawowym zakresem pracy głowicy obserwacyjno-celowniczej jest możliwość automatycznego śledzenia wybranego (wskazanego przez operatora systemu celowniczego) obiektu jako celu. Głowica TOPLITE umożliwia funkcję tzw. autotrackingu z podaniem współrzędnych nawigacyjnych obserwowanego celu oraz odległości do niego (przy wykorzystaniu dalmierza klaserowego).

Jednym ze sposobów realizacji programowej takiego zakresu jest wykorzystanie algorytmów automatycznego wyszukiwania obiektu na podstawie ekstrakcji i porównania jego konturu na kolejnych obrazach otrzymywanych z głowicy. Ekstrakcja konturu z obrazu zaszumianego o wysokim poziomie szumów (występującym w czasie lotu statku powietrznego w warunkach zachmurzenia, zamglenia, zadymienia, itp.) może być zrealizowana w oparciu o właściwości operacji splotu obrazów oraz operatora gradientu. Wprowadzając tzw. wektor gradientu $W(i,j)$ dla obrazu wygładzonego przez spłot z funkcją wygładzającą $G(i,j)$ można otrzymać poszukiwany kontur obrazu przy wykorzystaniu metody tzw. regularyzacji [5]. Najistotniejszym elementem proponowanej metody jest równanie opisujące tzw. energię stanu obrazu i konturu w postaci:

$$E = \sum_{i,j} \sum_{k,l} \{l(i,j) l(i+k, j+k) [W(i,j) \circ W(i+k, j+l)] [(W(i,j)^2 + (W(i+k, j+l))^2)]\} \quad (1)$$

gdzie: E – energia stanu funkcji obrazu oraz konturu; $l(i,j)$ – binarny obraz konturu przyjmujący wartość „1” gdy kontur znajduje się w punkcie o współrzędnych (i,j) .

Powyższe równanie zawiera skalarny iloczyn wektorów gradientu obrazu w otoczeniu punktów, w których występuje kontur. Taka forma przedstawienia energii stanu powoduje, że wektor przeciwny do jej gradientu wskazuje kierunek zmian obrazu, w którym pola gradientu funkcji stają się coraz bardziej równoległe. Wyrównanie wektorów gradientu w punktach, w których występuje kontur powoduje wygładzanie samego konturu.

W celu wyeliminowania niekorzystnego globalnego minimum energii (które mogłoby wystąpić w przypadku zaistnienia w obrazie nieskończenie wielkiego gradientu) można wprowadzić człony równania zawierające kwadraty gradientów. Bez tych elementów również uzyskuje się efekt wygładzenia konturów, ale przy zwiększaniu liczby iteracji pojawia się zjawisko wydłużania wektorów gradientu.

Ważną częścią opisywanej metody regularyzacji jest metoda detekcji konturów [5], która wykorzystuje operator $L(i,j)$ w postaci:

$$L(i,j) = (V_i^2 V_{ii} + 2 V_i V_j V_{ij} + V_j^2 V_{jj}) / \sqrt{V_i^2 + V_j^2} \quad (2)$$

Lokalizacja poszukiwanego konturu pokrywa się z miejscami, w których wartość operatora $L(i,j)$ przechodzi przez zero. Oznacza to, że kontur wybranego obiektu znajduje się tam, gdzie iloczyn wartości funkcji $L(i,j)$ dla dwóch sąsiadujących

ze sobą punktów przyjmuje wartość mniejszą od zera. Podstawową zaletą metody regularyzacji w wersji iteracyjnej jest możliwość jej implementacji w postaci komórkowej sieci neuronowej, co stwarza podstawę wykorzystania ekstrakcji konturów w automatycznych systemach rozpoznawania obrazów (np. do zastosowania w układach optycznych na pokładzie statku powietrznego).

Zastosowanie powyższego algorytmu pozwala na ekstrakcję konturów obiektu wskazanego przez operatora systemu, a dalej jego automatyczne śledzenie jako jedną z najważniejszych funkcji głowicy obserwacyjno-celowniczej.

4. MOŻLIWOŚCI WIZUALIZACJI Z UKŁADÓW WIELOKAMEROWYCH

Współczesne wojskowe systemy awioniczne, a w szczególności nawigacyjno-celownicze wykorzystują coraz częściej systemy nahełmowej prezentacji danych obrazowych, w tym najnowocześniejsze konstrukcje tych systemów są budowane z wykorzystaniem układów wielokamerowych [6].

Dla przykładu prace nad tzw. hełmem II generacji (rys. 15.) budowanego dla samolotu F-35 z nahełmowym systemem wizualizacji obrazowej postępowały równie szybko jak rozwój samego myśliwca. Obecnie przewiduje się, że coraz więcej pilotów nowoczesnych samolotów wojskowych będzie uczyło się latania z hełmem wyposażonym w funkcje HMDS z wizualizacją obrazową (rys. 16.).

Jak wynika z dostępnych opisów [3] system HMDS dla samolotu myśliwskiego F-35 jest jednym z najnowocześniejszych rozwiązań w tym zakresie. Zastosowany system zobrazowania przestrzennego wykorzystuje układ wielu kamer zabudowany na poszyciu statku powietrznego. Zintegrowany z hełmem wyświetlacz HMDS odwzorowuje obraz otoczenia zgodnie z ruchami głowy pilota. Oznacza to, że na wizjerze hełmu wyświetlany jest obraz rzeczywisty, dokładnie odpowiadający kierunkowi wzroku pilota.

Zobrazowanie takie umożliwia pilotowi patrzenie dosłownie przez kadłub samolotu. System HMDS zabudowany na samolocie F-35 odpowiednio dopasowuje obraz z zestawu kamer DAS (Distributed Aperture System), umieszczonych na zewnątrz samolotu. Dzięki niemu pilot otrzymuje obraz całego otoczenia samolotu. Przykładowo, spojrzenie w dół powoduje, że wyświetlacz HMDS pokazuje obraz poniżej kadłuba (funkcja ta jest niezbędna nie tylko w walce, ale także podczas lądowań na pokładzie lotniskowca, szczególnie w warunkach nocnych).



Rys. 15. Widok nahełmowego zintegrowanego systemu celowniczego JHMCS



Rys. 16. Widok wnętrza kabiny samolotu F-35 z układem wielokamerowym

Jednym z ważniejszych elementów w zapewnieniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa pilota użytkującego system nahełmowej prezentacji danych jest indywidualnie dopasowany hełm. Jest to niezwykle ważne zarówno pod względem bezpieczeństwa jak i wyświetlanych w hełmie danych, ponieważ funkcjonalność HMDS opiera się na precyzyjnym umieszczeniu przyrządów optycznych. W nahełmowych systemach wizualizacji obrazowej projektory wyświetlają dane na wizjerze bezpośrednio przed oczami pilota. Ponieważ hełmy z wizualizacją nahełmową są nową konstrukcją, stąd w procesie szkolenia piloci powinni ćwiczyć latanie z systemem HMDS najpierw w symulatorze, a następnie w warunkach prawdziwego lotu z użyciem tego systemu.

5. PODSUMOWANIE

Wykorzystanie nahełmowych systemów prezentacji danych na współczesnych statkach powietrznych w sposób istotny poprawia bezpieczeństwo pilotowania. Ma to szczególne znaczenie podczas wykonywania trudnych misji w nocy lub w warunkach ograniczonej widoczności. W takich przypadkach obserwacja otoczenia bez konieczności odrywania wzroku dla obserwacji przyrządów w kabynie znacznie ułatwia proces pilotowania oraz zwiększa szansę wykonania trudnych zadań [7]. Zastosowania systemów zobrazowania nahełmowego obejmują szeroki zakres od prostej wizualizacji parametrów lotu aż do złożonych interfejsów systemu sterowania uzbrojeniem, umożliwiając zobrazowanie „rzeczywistości wirtualnej” na wyświetlaczach lub wizjerach nahełmowych, w tym prezentację obrazów otrzymywanych z głowicy obserwacyjno-celowniczej.

Zastosowanie nahałmowego systemu celowniczego powoduje zwiększenie tzw. świadomości sytuacyjnej pilota oraz zwiększenie możliwości bojowych, jakie daje system JHMCS w środowisku misji Powietrze-Powietrze oraz Powietrze-Ziemia. W ten sposób realizowane są potrzeby pilotów, uwzględniające warunki współczesnej walki powietrznej. Pierwsze systemy typu JHMCS są obecnie rozbudowywane (np. w układy wielokrotnego obrazu, które oferują szerokie pole widzenia z możliwością widzenia w nocy).

Jak wynika z przeprowadzonych analiz [6], połączenie systemów zobrazowania nahałmowego z systemami nahałmowego sterowania uzbrojeniem pozwala w zdecydowany sposób uzyskać przewagę technologiczną i bojową w powietrzu (rys. 17.).



Rys. 17. Wizualizacja zastosowania nahałmowego systemu celowniczego typu JHMDS jako decydującego elementu w wywalczeniu przewagi w powietrzu

Zaproponowany przez ITWL nahałmowy system wyświetlania parametrów lotu SWPL-1 stanowi jedyny dostępny na rynku polskim system nahałmowej prezentacji danych z zakresem zastosowania na polskich śmigłowcach wojskowych. Istniejące na rynkach zachodnich (przedstawione wyżej jako przykładowe) systemy zobrazowania nahałmowego są wykorzystywane na pokładach statków powietrznych tylko do zadań zobrazowania parametrów lotu (w wersji minimalnej) lub obrazowej (w wersji pełnej), ale zgodnie z posiadaną wiedzą, na rynku polskim nie ma dostępnych urządzeń tego rodzaju. Stąd system SWPL-1 wspomaga proces testowania nowych urządzeń i może stanowić bazę do dalszego ich rozwoju w ramach przemysłu krajowego, w tym wyposażenia w ten system modernizowanych śmigłowców wojskowych (np. dla PKW Afganistan).

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kowalski C.: *Pokładowe systemy zobrazowania informacji*, Warszawa, WAT 1986.
- [2] Materiały reklamowe firmy LOCKHEED MARTIN: *F-16 Fighting Falcon*, 2006.
- [3] Materiały reklamowe firmy LOCKHEED MARTIN: *A new technology Joint Helmet-Mounted System for F-35 aircraft*, 2009.
- [4] Borowski J., Szporcka Z.: *Sprawozdanie z pracy: System Wyświetlania Parametrów Lotu SWPL-1 dla śmigłowców Mi-17. Opis techniczny i Instrukcja Użytkowania*, Warszawa, BT ITWL 2011.
- [5] Niedziela T., Krukar W.: *Metoda ekstrakcji konturów obiektów z obrazów mocno zaszumionych*, Warszawa, PN ITWL 2004.
- [6] Girolamo H., Rash C., Gilroy T.: *Advanced Information Display for the 21st Century Warrior*, USAART 1997.
- [7] Rash C.: *Helmet Displays in Aviation / Mounted Display: Design Issues for Rotary-Wing Aircraft*, USAART 1998.