

PAZUR Andrzej¹
KOWALCZYK Henryk
SZELMANOWSKI Andrzej

ANALIZA ISTNIEJĄCYCH ROZWIĄZAŃ SYSTEMÓW NAHEŁMOWEGO ZOBRAZOWANIA I STEROWANIA DLA OPTIMALIZACJI FUNKCJI I SPOSOBU UŻYCIA NAHEŁMOWEGO SYSTEMU CELOWNICZEGO

W referacie przedstawiono wyniki przeprowadzonych w ITWL analiz w zakresie dostępnych nahełmowych systemów celowniczych pod względem ich funkcji i części składowych. W części ogólnej omówiono wybrane typy układów komputerowego wspomagania pilota w zakresie nahełmowego zobrazowania i sterowania systemami uzbrojenia. W części szczegółowej przedstawiono wyniki analizy ich sposobu działania oraz wytyczne do optymalizacji ich funkcji i sposobu użycia w sytuacji bojowej.

A STUDY ON THE EXISTING HELMET-MOUNTED DISPLAY AND CONTROL SYSTEMS WITH RESPECT TO THE OPTIMIZATION OF FUNCTIONS AND APPLICATIONS OF A HELMET-MOUNTED CUEING SYSTEM

The intended aim of the paper is to present results of the AFIT-conducted study on available helmet-mounted cueing systems in scope of their functions and component parts. Discussed in the 'Generalities' are some selected types of computer-assist systems to provide a pilot with helmet-mounted display and armament systems control capabilities. The particularities-devoted part covers both analyses on the ways these systems perform their functions and some guidelines on the optimization of their functions and how they can be applied under combat conditions.

1. WSTĘP

Na podstawie przeprowadzonych analiz dostępnych rozwiązań konstrukcyjnych firm specjalizujących się w zakresie budowy i badań zintegrowanych komputerowych systemów awionicznych wykorzystywanych na pokładach wojskowych samolotów i śmigłowców stwierdzono, że zasadniczym ich elementem jest nahełmowy system celowniczy, który wspomaga pilota w zakresie poprawy tzw. świadomości sytuacyjnej, zwiększania jego

¹ Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, POLSKA; Warszawa 01-494; Księcia. Bolesława 6.
Tel: 22 685-12-03, Fax: 22 685-10-43, E-mail: andrzej.pazur@itwl.pl

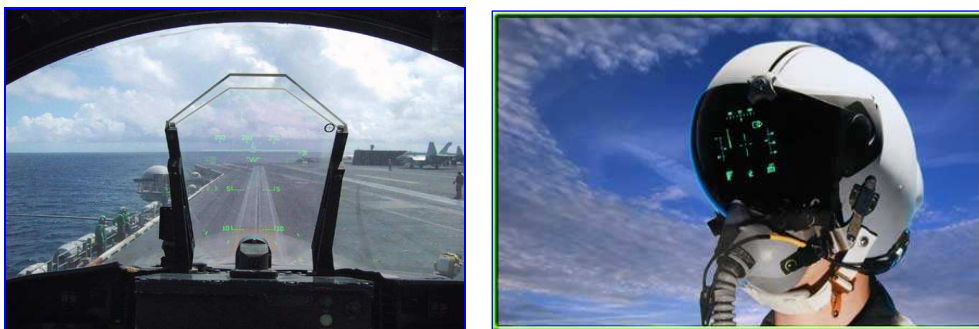
możliwości sterowania uzbrojeniem oraz dostarczania mu informacji o wynikach kontroli stanu technicznego statku powietrznego i warunkach sytuacji bojowej. Pod pojęciem tym należy rozumieć zakres wiedzy pilota o aktualnym położeniu geograficznym, przestrzennym, umiejscowieniu w korytarzach powietrznych statku powietrznego pilotowanego jak i wiedzę o położeniu innych statków powietrznych i ich zamiarach w otoczeniu jego własnego samolotu lub śmigłowca. Sytuacja zaczyna się jeszcze bardziej komplikować, gdyż załoga powinna mieć także świadomość tzw. sytuacji taktycznej. Pod tym pojęciem rozumieć należy zestaw informacji dostarczany pilotom na temat położenia i zamiarów sił własnych oraz sił przeciwnika (w tym tzw. zagrożeń – potencjalnych i bezpośrednich). Precyzyjna nawigacja pozwalająca na jednoznaczne określenie swojego położenia i pewność położenia wykrytego/zwalczanego obiektu. Skuteczne i precyzyjne uzbrojenie, odporność na ogień broni strzeleckiej i pociski raketowe z przenośnych zestawów przeciwlotniczych oraz zdolność przetrwania na polu walki to główne zalety zintegrowanych nabełmowych systemów celowniczych. W latach siedemdziesiątych trendem w lotnictwie wojskowym było zastosowanie hełmu lotniczego z zamontowanym wyświetlaczem typu *Helmet Mounted Display (HMD)*. Rolę podstawowych wyświetlaczy informacji z pokładowych systemów informacyjnych dla załóg wojskowych statków powietrznych pełniły wtedy wskaźniki przezierny, znane jako *Head-Up Display (HUD)*. Obecnie głównym elementem zobrazowania są nabełmowe systemy celownicze typu *Joint Helmet Mounted Cueing System (JHMCS)*, umożliwiające prezentację informacji o znaczeniu bojowym, takich jak najważniejsze parametry lotu i dane celownicze do wszystkich systemów uzbrojenia bezpośrednio w polu widzenia pilota. Dodatkowo system *JHMCS* pozwala na wykonywanie lotów w nocy dzięki noktowizji, a obraz otoczenia odwzorowywany jest zgodnie z ruchami głowy oraz kierunkiem wzroku pilota. System umożliwia również obserwację przestrzeni przez kadłub samolotu, poprzez odpowiednie dopasowanie obrazów otrzymywanych z kamer umieszczonych na zewnątrz statku powietrznego. Funkcja ta jest bardzo pomocna szczególnie w walce powietrznej i podczas lądowania. Hełm z systemem *JHMCS* spełnia rolę interfejsu integrującego pilota z samolotem, a obraz cyfrowy wyświetlany na wizjerze hełmu z układem celowniczo – obserwacyjnym pozwala pilotowi np. samolotu myśliwskiego *F-35* śledzić inne samoloty w tzw. przestrzeni wirtualnej, gdyż zanim bezpośrednio dostrzeże on maszynę wroga znajdującą się w znacznej odległości, najpierw na wirtualnym wyświetlaczu zobaczy odpowiedni punkt z opisem. W ten sposób użycie hełmu z systemem *JHMCS* pozwala wyeliminować z kabiny wskaźnik przezierny *HUD* i przyczynia się do optymalizacji wykonywania zadań załogi. Analiza możliwości integracji i zarządzania nabełmowego systemu celowniczego na pokładach samolotów i śmigłowców wojskowych potwierdziła, że taki system może być zintegrowany z *ZSA (Zintegrowany System Awioniczny)*, który jest zabudowany na śmigłowcu *W-3PL „Głuszc”*. Najbardziej widocznym efektem optymalizacji jest nowe wyposażenie kabiny, czy szerzej tzw. interfejs „człowiek – maszyna”. Dzięki integracji i przetwarzaniu komputerowemu wyświetlane będą wynikowe wskazania informacji z wielu różnych źródeł danych. Załoga zamiast obserwować szereg wskaźników, porównywać ich parametry, nadzorować pracę systemów może skupić się na realizacji zadania. Zastosowanie wyświetlacza nabełmowego w systemie celowniczym pozwoli na uzyskanie możliwości jednoczesnej obserwacji przestrzeni wokół śmigłowca i kontroli parametrów lotu. Zadania te będzie można realizować zarówno w dzień jak i w nocy, także na tle obrazu widocznego poprzez gogle noktowizyjne. Wybór trybu pracy

ZSA, sposobu zobrazowania, wybór i sterowanie uzbrojeniem, zarządzanie śmigłowcem i jego systemami możliwe będzie bez odrywania rąk od organów sterowania lotem (tzw. HOCAS). Wszystkie niezbędne dane do użycia uzbrojenia będą wyświetlane na wskaźniku przeziernym HUD. Jednym z proponowanych wariantów struktury nahełmowego systemu celowniczego dla zintegrowanego systemu awionicznego śmigłowca W-3PL „Głuszc” jest polski system wyświetlacza nahełmowego SWPL-1.

2. ANALIZA SYSTEMÓW NAHEŁMOWEGO STEROWANIA UZBROJENIEM W ZAKRESIE FUNKCJI I SPOSOBU UŻYCIA NA POKŁADZIE WSPÓŁCZESNEGO STATKU POWIETRZNEGO

2.1 Analiza systemu nahełmowego (DASH)

System DASH był to pierwszy zintegrowany kask z zamontowanym wyświetlaczem i systemem celowniczym Helmet Sight (DASH) patrz (rys. 1.). System działa poprzez pomiar linii wzroku pilota w stosunku do samolotu i przekazuje informacje poprzez czujniki do systemów nawigacyjnych, które przekazywane są na wyświetlacz (awionika i systemy broni są docelowe). Na wizjerze hełmu wyświetla niezbędne informacje, tzn. kurs wystrzelonych rakiet, stan uderzenia przeciwrakietowego, dane pilotażowo – nawigacyjne i sygnały o występujących zagrożeniach (alarmy). Hełm DASH daje pilotowi możliwość sterowania systemami statku powietrznego bez odrywania rąk od organów sterowania (przepustnicy, dżążka). Wspomaga pilota w wykrywaniu, śledzeniu celu, identyfikacji i uderzenia bronią własną wcześniej niż przeciwnik. DASH można zastosować do każdego myśliwca / śmigłowca oraz do każdego rodzaju uzbrojenia (pociski raketowe) najnowszej generacji. DASH oferuje opcjonalne kamery CCD oraz magnetowid, które rejestrują każdy lot i pozwalają na jego odczyt i analizę [1].



Rys. 1. Widok wskaźnika przeziernego HUD i wyświetlacza systemu celowniczego DASH

System DASH montowany jest na pokładzie platform różnych typu myśliwców m.in. (F-15A/B/C/D; F-15I, F-16C/D, Su-27 i Mig-29). Istnieje ponad 1000 hełmów i 750 systemów tej produkcji.

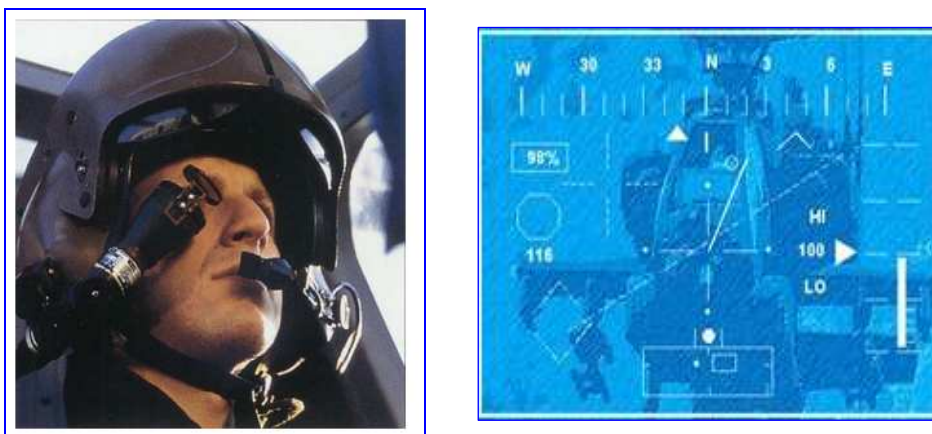
Funkcje systemu DASH obejmują:

- wskaźnik przezierny HUD,
- viper 20 ° Circular FOV (prawe oko),

- wyświetlacz nahełmowy,
- wyświetlacz katodowy CRT,
- układ śledzenia położenia kąтового hełmu,
- zintegrowany system pomiarowy: linia – wzrok pilota (LOS),
- zintegrowany zestaw kamer z magnetowidem.
-

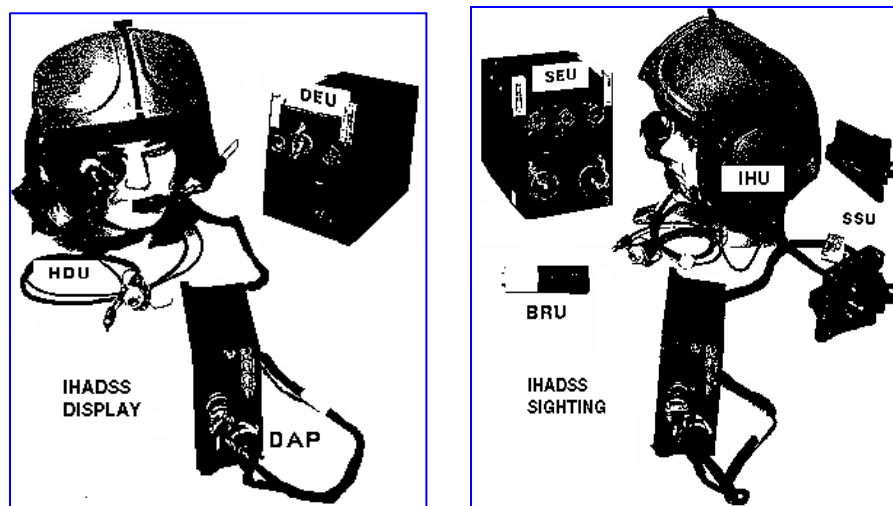
2.2 Analiza zintegrowanego systemu nahełmowego (IHADSS)

System prezentacji obrazów i obserwacji tylko do prawego oka IHADSS był pierwszym zintegrowanym HMD, gdzie kask, układ śledzenia położenia kąтового hełmu i wyświetlacza zostały zaprojektowane jako jeden system (rys. 2). Czujniki w NVGs zostały zastąpione sensorem podczerwieni (FLIR). Night Vision System (PNVS), montowany jest na dziobie samolotu. Obrazy z tego czujnika są wyświetlane o miniaturowej średnicy 1 cala katody kineskopu (CRT) i optycznie przekierowane do oka. Honeywell M142 zintegrowanego systemu nahełmowego (IHADSS) jest jednym z wiodących na świecie zintegrowanych systemów kasków. Jest on używany w armii USA śmigłowcach AH-64A Apache, AH-64D Apache Longbow, oraz na włoskiej Agusta A-129. Hełm umożliwia wyświetlanie (NOE) tzn. nawigacji w nocy lub przy niekorzystnych warunkach pogodowych, przy pomocy elektro - optycznego systemu śledzenia głowy [2].



Rys. 2. Widok zintegrowanego hełmu M142 z systemem IHADSS

Obserwacja IHADSS polega na kontroli systemów uzbrojenia poprzez przemieszczanie głowy pilota. IHADSS wyświetla zdjęcia, dane patrząc w podczerwieni (FLIR) /, rejestruje obraz telewizyjny i symbolikę osiągow. Typowe właściwości IHADSS zapewniają obszar widzenia 30° (V) x 40° (H) FOV, jednostka (1x), powiększenie, 10 - mm żrenicy wyjściowej, nominalne ± 3 dioptrii optyczny zakres ostrości oraz 10-mm optyczna redukcja oka (rys. 3).



Rys. 3. System zobrazowania hełmu M142 (po lewej) i system celowniczy(po prawej)

Funkcje systemu IHADSS obejmują:

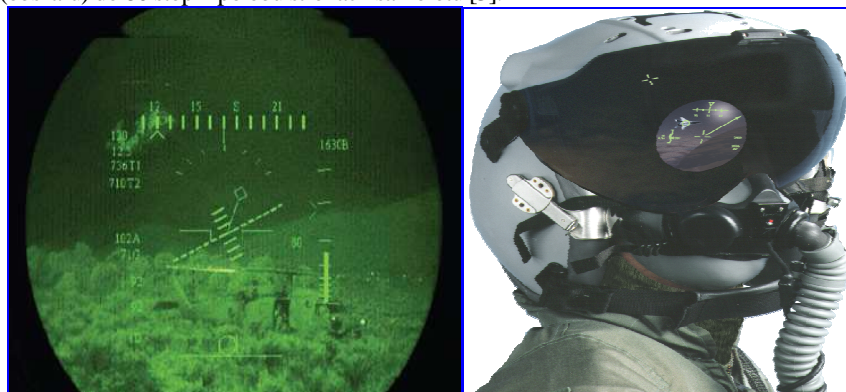
- HDU - hełm z wyświetlaczem,
- DAP - panel sterowania,
- DEU - interfejs,
- IHU – elementy integrowanego hełmu,
- SSU – sensory FLIR,
- SEU – celownik,
- BRU – siatka celownicza.

2.3 Analiza zintegrowanego systemu nahelmowego typu (JHMCS)

Joint Helmet Mounted cueing System (JHMCS) to dzieło US Air Force i US Navy Helmet Mounted Display (HMD), który posiada w swoich zasobach ponad 3200 takich systemów (rys. 4.). System JHMCS bardzo dokładnie wyświetla pilotowi parametry lotu oraz parametry systemu uzbrojenia. System zapewniający pilotom "Pierwsze spojrzenie, pierwszy strzał" (high off-boresight) oraz możliwości wyboru uzbrojenia. Pilot wskazuje głową na cel, wybiera rodzaj broni i oddaje strzał. System może również być wykorzystane do zwalczania celów naziemnych.

JHMCS jest to interfejs dwukierunkowy, czujniki elektromagnetyczne zabudowane na pokładzie statku powietrznego podają sygnał dla pilota o potencjalnych celach i obszarze zagrożenia. Sygnalizacja sygnałów niebezpieczeństwa i symbole np. rakiet i parametry ich osiągnięć są graficznie wyświetlane automatycznie na wyświetlaczu pilota. W przeciwieństwie do systemu DASH, który jest zintegrowany z hełmem, zespół JHMCS dokonał zmian w kaskach typu HGU-55/P, HGU-56/P lub HGU-68/P. JHMCS wykonał nowe pakiety cyfrowe i oprogramowanie celem szybszego przetwarzania danych. Zastosował ten sam rodzaj elektromagnetycznego czujnika pozycji hełmu jako łącznika oraz pakiet CRT (wyświetlacz katodowy) mający większe możliwości, ale ograniczony co do monochromatycznych prezentacji kaligraficznych symboli. JHMCS obsługuje raster zeskanowanych

obrazów do wyświetlania w podczerwieni (FLIR). Przesyła zdjęcia do prowadzenia operacji w nocy, zapewnia kolimowanie symboli i obrazów do pilota (rys. 5). Kolimowanie polegało na ustawieniu wszystkich elementów optycznych dokładnie w jednej linii a przy zastosowaniu gogli noktowizyjnych (lornetek) te linie dodatkowo musiały być idealnie równoległe do siebie. JHMCS dokonał integracji systemu w celu wykonywania zadań w nocy oraz pozwolił na skuteczne wyznaczenie docelowej strefy (obszaru) do 80 stopni po obu stronach samolotu [3].



Rys. 4. Widok z obrazowania parametrów lotu z wykorzystaniem gogli noktowizyjnych (po lewej) i system celowniczy JHMCS (po prawej)

Funkcje systemu JHMCS obejmują:

- Modułowa konstrukcja nastawienie Night Vision - NVCD / QuadEye™, Anvis, viper 20° okular FOV (prawe oko),
- wyświetlacz nahełmowy,
- wyświetlacz katodowy CRT,
- układ śledzenia położenia kąowego hełmu,
- zintegrowany system pomiarowy: linia – wzrok pilota (LOS),
- zintegrowany zestaw kamer z magnetowidem.
-



Rys. 5. Widok z obrazowania systemu celowniczego JHMCS

JHMCS zabudowany jest na samolotach F-16 i F/A-18, działa na wielu platformach Sił Powietrznych na całym świecie. JHMCS jest optymalny w locie, wymiennosc modułów zwiększa wydajność operacyjną w tym zdolność do rekonfiguracji w locie, aby spełnić wymagania widzialności w nocy.

2.4 Analiza systemu nawigacyjno – celowniczego (ANVIS/HUD-24)

System przystosowany do lotów dziennych / w nocy Anvis HUD daje pilotom możliwość przez 24-godziny zdolność operacyjną z jednego zintegrowanego systemu (rys. 6). Pilot może wykonywać zadania zarówno w dzień jak i w nocy. System nahałmowego sterowania uzbrojeniem zabudowany w kasku pilota łączy w sobie standardowy Anvis (tj. okulary) na którym pojawia się obraz z lotu samolotu/śmigłowca, dane pilotażowo – nawigacyjne oraz jego uzbrojenie.



Rys. 6. Widok hełmu z systemem ANVIS i widok zobrazenia parametrów celu w nocy

Innowacyjny i wysoce niezawodny system nahałmowego sterowania uzbrojeniem funkcjonuje na 5000 śmigłowcach różnego typu i 25 różnych platformach Sił Powietrznych na całym świecie [4].

2.5 Analiza zintegrowanego systemu celowniczego typu (HMDS)

Firma VSI opracowała state-of-the-art Helmet Mounted Display System (HMDS) dla samolotu myśliwskiego F-35 Joint Strike Fighter (JSF) (rys. 7). System F-35 Gen II HMDS dostarcza najważniejszych informacji lotu dla pilota w całym profilu misji, w pełni wykorzystując zaawansowaną architekturę awioniki samolotu F-35. HMDS oraz noktowizor został zabudowany bezpośrednio na kasku, zapewniając w pełni zintegrowane rozwiązanie wykonywania lotów w dzień lub w nocy, takie rozwiązanie pozwoliło na zwiększenie świadomości sytuacyjnej pilota i zdolności taktycznej. F-35 Gen II HMDS jest to biocular off-the-display, który zapewnia dane pilotażowe dzięki tzw. pole-of-View video / obraz symboliki do obu oczu. Ze względu na możliwość precyzyjnego śledzenia głowy i małe opóźnienia przetwarzania grafiki, wszystkie informacje zapewnia wirtualny (HUD). W rezultacie, samolot myśliwski F-35 jest pierwszym myśliwcem taktycznym bez wskaźnika przeziernego (HUD).



Rys. 7. Widok hełmu z systemem celowniczym HMDS

Nowoczesny hełm pilota myśliwca F-35 (rys. 8) to pękata skorupa, świecące zielone oczy i konstrukcja zaprojektowana z kompozytów tak aby nie zmienić położenia środka ciężkości pilota. Hełm ma wyświetlacz HMDS ze szkłem wizjera wykonanym z bardzo twardego poliwęglanu, na którym piloci mogą zsunąć zamiennie jedną z dwóch szyb: ciemniejszą – przeciwsłoneczną, oraz jaśniejszą chroniącą oczy przed promieniowaniem lasera [5].



Rys. 8. Widok hełmu z zamontowanym systemem celowniczym HMDS samolotu F-35

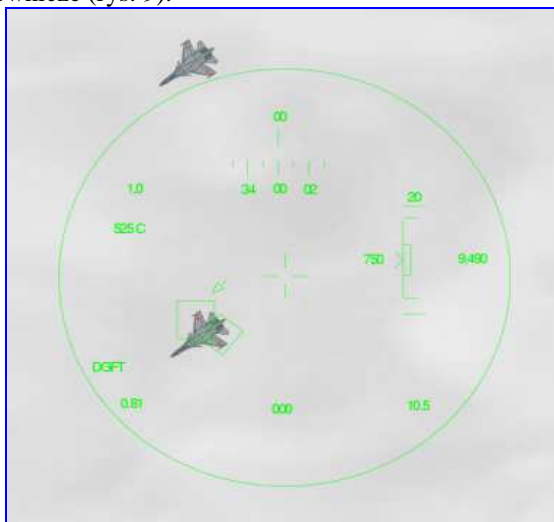
Funkcje systemu HMDS obejmują:

- wirtualny HUD,
- lometka $40^\circ \times 30^\circ$ FOV,
- monitor ekranowy, modułowy czujnik pomiarowy, interfejs.
- wyświetlacz AMLCD,
- wysoka dokładność opto - magnetyczna układu śledzenia,
- adaptacyjne śledzenie – poruszającego się celu,

- zintegrowany system pomiarowy: linia – wzrok pilota (LOS),
- zintegrowany zestaw kamer z magnetowidem - dzień / noc.

3. PROPOZYCJA ZESTAWU FUNKCJI I SPOSOBU UŻYCIA NAHEŁMOWEGO SYSTEMU CELOWNICZEGO DLA ŚMIGŁOWCA W-3PL „GŁUSZEC”

Jednym z proponowanych wariantów struktury nahełmowego systemu celowniczego dla zintegrowanego systemu awionicznego (ZSA) śmigłowca W-3PL „Głuszec” jest polski system wyświetlacza nahełmowego SWPL-1. Autonomiczna wersja wyświetlacza nahełmowego znacząco wpłynie na poprawę bezpieczeństwa w czasie lotu w trudnym terenie (np. górach) lub w nocy z wykorzystaniem noktowizji. Głównym celem zabudowy nahełmowego systemu celowniczego na pokład śmigłowca W-3PL „Głuszec” będzie podniesienie poziomu bezpieczeństwa lotów oraz świadomości sytuacyjnej pilota poprzez poprawę zobrazowania i sterowania uzbrojeniem pokładowym w czasie realizacji misji bojowej. Nahełmowy system celowniczy przeznaczony będzie do współpracy z system nahełmowego sterowania uzbrojeniem śmigłowców lotnictwa Sił Zbrojnych RP z zabudowanym systemem ZSA. Zadaniem systemu będzie przekazywanie zarówno w dzień lub nocy informacji o znaczeniu bojowym, takie jak najważniejsze parametry lotu i dane celownicze do wszystkich systemów uzbrojenia. Funkcja noktowizji pozwoli na odwzorowanie obrazu otoczenia w warunkach nocnych, zgodnie z ruchami głowy pilota oraz kierunkiem jego wzroku [6]. Nahełmowy system celowniczy dla śmigłowca W-3PL „Głuszec” powinien mieć możliwość wyświetlania podstawowych informacji dostarczanych przez system ZSA. Wyświetlacz nahełmowego systemu celowniczego powinien wyświetlać min. dane sterowania środkiem ruchomym uzbrojenia za pomocą informacji pochodzącej z układu śledzenia położenia hełmu, zobrazowanie wzajemnego położenia osi głowicy obserwacyjno - celowniczej i hełmu, justowanie położenia systemu nahełmowego, położenia przestrzennego śmigłowca, rodzaj i wybór uzbrojenia oraz symbole i dane celownicze (rys. 9).



Rys. 9. Widok planszy sterowania uzbrojeniem w chwili ataku

4. WNIOSKI

Nahelkowe systemy celownicze oferowane obecnie przez wiodących producentów dostarczają nie tylko podstawowego zestawu narzędzi służących przetwarzaniu i udostępnianiu danych w czasie rzeczywistym, stają się one czynnikiem sprawczym dla urzeczywistnienia nowych idei i nowego podejścia do funkcjonowania statku powietrznego, w czasie realizacji zadań bojowych. Z przeprowadzonej analizy wynika, że istniejące rozwiązania systemów nahelkowych sterowania uzbrojeniem pod kątem funkcji i eksploatacji pozwoliły na odciążenie i poprawę świadomości sytuacyjnej pilota w dzień i w nocy oraz umożliwiły zwiększenie zdolności przetrwania na polu walki. Nowoczesne wyposażenie celownicze i środki bojowe dały możliwości szybkiego ataku oraz poczucia bezpieczeństwa, które jest domeną w Siłach Powietrznych na całym świecie. Nahelkowy system celowniczy zapewnia zmniejszenie obciążenia załogi poprzez ograniczenie liczby kontrolowanych wskaźników, uzyskanie nowoczesnego pola informacji zarówno pilotażowo - nawigacyjnych jak i obserwacyjno – celowniczych. Otwarta architektura zintegrowanego systemu awionicznego i pełne panowanie nad oprogramowaniem integracyjnym pozwala na przygotowywanie integracji i zarządzanie nahelkowym systemem celowniczym dla polskiego śmigłowca *W-3PL „Głuszc”*, tworząc zupełnie nowy system, który w przyszłości będzie zastosowany w lotnictwie polskim.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Elbit Systems Ltd: *Helicopter Day/Night Display and Sight Helmet system*. Israel 2008.
- [2] Rash E. C. i inni: *A Limited Rotary Wing Flight Investigation of Hyperstereo in Helmet - Mounted Display Designs* USAARL Report No.2009-15, 2009.
- [3] Russo B. M. i inni: *Helmet-Mounted Displays Sensation, Perception and Cognition Issues*. USA 2009.
- [4] Elbit Systems Ltd: *System nawigacyjno - celowniczy ANVIS/HUD-24*, Israel 2008.
- [5] Vision Systems Interational, Llc: *JHMCS- Joint Helmet Mounted Cueing System*. USA 2008.
- [6] Borowski J. i inni: *System wyświetlania parametrów lotu SWPL-1 dla śmigłowców Mi-17*. Archiwum ITWL, Warszawa 2010.