

Marek Jaworowicz¹⁾, Paweł Dobrzyński¹⁾, Bronisław Wajszczyk²⁾

WYBRANE ASPEKTY BADAŃ I WDRAŻANIA ZAUTOMATYZOWANEGO SYSTEMU DOWODZENIA NA PRZYKŁADZIE PRZECIWLOTNICZEGO SYSTEMU RAKietowo-ARTYLERYJSKIEGO PILICA*

SOME ASPECTS OF INVESTIGATING AND IMPLEMENTING AN AUTOMATED COMMAND SYSTEM DISCUSSED ON THE BASIS OF THE ANTI-AIRCRAFT ARTILLERY-MISSILE SYSTEM PILICA*

STRESZCZENIE W artykule przedstawiono wyniki prac projektowych i badań aparatury wspomagania procesu kierowania ogniem (AWPKO) wykonanych pod nadzorem szefostwa Obrony Przeciwlotniczej MON. Konsole i symulatory tworzą zintegrowany, działający w czasie rzeczywistym system dowodzenia i kierowania ogniem zestawów artyleryjskich i raketowo-artyleryjskich w ugrupowaniu osłony bazy lotniczej i są gotowe do badań doświadczalno-integracyjnych systemu PILICA. Mogą one znaleźć zastosowanie w szkoleniu instruktorów i użytkowników, a także być podstawą do opracowania aparatury symulacyjnej i badawczej w procedurze odbioru technicznego i produkcji seryjnej.

Słowa kluczowe:

zautomatyzowany system dowodzenia, przeciwlotniczy system PILICA, konsole, symulatory.

ABSTRACT This article presents the results of design work and experimental investigations on an apparatus used to support fire control systems. They were carried out under the supervision of the Anti-Aircraft Authority, MOD. The developed command consoles together with simulators make up a fully integrated, performing in real time, fire command and control system of artillery and missile sets deployed in the protection of an airbase and are ready for experimental-integration investigations of the system PILICA. They can be used to train instructors and future users of the system. They can also be a base for developing a specialized simulation and test apparatus to be used in technical acceptance procedures and series production.

Keywords:

automated command system, anti-aircraft system PILICA, consoles, simulators.

DOI: 10.5604/0860889X.1139631

¹⁾ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa, 00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2, e-mail: {marek.jaworowicz; pawel.dobrzyński}@wat.edu.pl

²⁾ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, 00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2, e-mail: bronislaw.wajszczyk@wat.edu.pl

* Artykuł był prezentowany w języku polskim na konferencji KOSOP 2014 i został włączony do ni-skonkładowego zbioru *Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej*, AMW, Gdynia 2014. Dwujęzyczne wydanie ma służyć dotarciu do większego grona odbiorców, także anglojęzycznych. / This article was presented at the KOSOP 2014 conference and included in a low-circulation publication *Fire Control Systems in Air Defence*, AMW, Gdynia, 2014 [available in the Polish]. The bilingual edition is intended to reach a larger amount of readers, including English language users.

WSTĘP

Doświadczenia naszych wojsk w operacjach NATO potwierdzają konieczność zapewnienia bezpieczeństwa naziemnym obiektom punktowym, czyli bazom powietrznym, lotniskom polowym, składom paliw i amunicji, obiektom koszarowym, przed atakami środków napadu powietrznego (ŚNP), takimi jak samoloty lotnictwa taktycznego, rakiety skrzydlate, bezzałogowe aparaty latające i grupy terrorystyczne. Z uwagi na charakterystyki zakłóceń oraz taktykę działania ŚNP ich zwalczanie jest trudne i wymaga realizacji procedur dowodzenia i kierowania ogniem w reżimie deficytu czasu niezbędnego do optymalnego przydziału celów i postawienia zadań ogniowych, przy jednoczesnym spełnieniu priorytetowego wymogu zapewnienia bezpieczeństwa własnym oraz sojusznicznym samolotom i śmigłowcom.

Ważnym komponentem budowanego systemu osłony baz lotniczych jest PSRA (przeciwlotniczy system rakietowo-artyleryjski), kryptonim PILICA. Zostanie on oparty na zaprojektowanych w kraju zestawach rakietowo-artyleryjskich JODEK-SP, których SKO (systemy kierowania ogniem) są zintegrowane z aparaturą zautomatyzowanego wspomagania dowódcy w procesie dowodzenia i kierowania ogniem AWPKO (aparatura wspomaganie procesu kierowania ogniem). Demonstrator technologii JODEK-SP opracowano i przebadano w ramach projektu O R00 0136 12, a demonstrator technologii AWPKO w ramach projektu rozwojowego O R00 0009 04. Obydwa DT

INTRODUCTION

The experience of our troops gained during NATO operations has proved the necessity to provide protection for land based objects, i.e. air bases, airfields, PLO (petrol, oil and lubricants) and ammunition depots against air attack (Polish abbrev. ŚNP), such as tactical aviation aircraft, cruise missiles, drones and terrorist groups. Interference characteristics and, the tactics used by ŚNPs cause difficult problems in fighting them. This requires fire command and control procedures which take into account the time necessary to optimally allocate targets and firing tasks. At the same time the priority requirement of safety for friendly planes and helicopters must be satisfied.

An important component of the air base protection system now being developed is an anti-aircraft missile-tube artillery system (Polish abbrev. PSRA) bearing the code-name PILICA. It will be based on missile tube artillery sets JODEK-SP designed in Poland. Their fire control systems are integrated with a system of automated command support in the process of fire command and control AWPKO (fire control support apparatus). The technology demonstrator JODEK-SP was developed and tested under the parameters of the project O R00 0136 12, and the technology demonstrator AWPKO under the framework of the project O R00 0009 04. Both of these TDs (technology demonstrators) were tested in exercise range conditions in

(demonstratory technologii) zostały przebadane w warunkach poligonowych przez zespół badawczy z Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej.

W celu prawidłowego testowania AWPKO musiano opracować specjalistyczny symulator otoczenia informacyjnego ZSyD, który składał się ze ściśle współpracujących ze sobą elementów. Głównym zadaniem symulatora było zapewnienie takiej wymiany danych pomiędzy elementami systemu, aby były ze sobą spójne, tożsame i obciążone specyficznymi dla danego typu źródła cechami i opóźnieniami. Tworząc środowisko informacyjne dla aparatury dowodzenia PSRA PILICA, opracowano system aplikacji programowych, którego zadaniem była symulacja sytuacji operacyjnej poprzez wytworzenie w czasie rzeczywistym informacji tożsamej dla wielu symulowanych źródeł danych o obiektach powietrznych. Wykonano i zintegrowano następujące aplikacje programowe:

- symulator obiektów powietrznych (SOP);
- symulator źródła rozpoznanego obrazu radiolokacyjnego (SSRlok);
- symulator baterii efektorów rakieta-artylerijskich (SBE).

Aplikacją kluczową w tym systemie jest SOP, pozwalający na generowanie w czasie rzeczywistym wielu obiektów powietrznych, zarówno własnych, jak i obcych. Dane wytwarzane z SOP są podstawą do wytwarzania:

- tras generowanych przez symulator radaru (SRAD) w standardzie ASTERIX;

cooperation with the Faculty of Mechatronics and Aviation, Military University of Technology.

In order to properly test the AWPKO it was necessary to develop a specialist information environment simulator from an integrated command system (Polish abbrev ZSyD), comprising elements closely co-operating with one another. The main purpose of the simulator was to make sure that data exchanged between the elements of the system was cohesive, identical and had features and delays characteristic of a given type of source. When creating an information environment for the command apparatus PSRA, PILICA a system of software applications was developed. Its main task was to simulate an operational situation using, real time data identical for many simulated sources of data on air objects. The following software applications were developed and integrated:

- an air object simulator (Polish abbrev. SOP);
- a simulator of a source of reconnaissance-based radio-location display;
- an effector simulator of a missile and tube artillery battery (Polish abbrev. SBE).

The key application in this system is SOP, which allows for generating in real time, many air objects, both friendly and foe. Data derived from SOP is the basis for making:

- routes generated by a radar simulator (Polish abbrev. SRAD) in the standard ASTERIX;

- danych ze szczebla nadrzędnego (SRAP) w postaci depech LINK-11B;
- danych z KC (kanału celowania) w postaci meldunków maszynowych.

Specyfika aparatury dowodzenia PSRA PILICA wymaga zapewnienia współpracy pomiędzy wieloma niezależnymi urządzeniami oraz współpracy z innymi elementami ugrupowania. Złożoność aparatury zmusza, by na etapie prowadzonych badań nad systemem i na etapie szkolenia obsługa możliwa było wytworzenie informacji wydawanych przez poszczególne sensory w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

PRZEZNACZENIE APARATURY AWPKO

Projektowany system osłony baz lotniczych PILICA powinien zapewnić:

- zwalczanie samolotów lotnictwa taktycznego, aerodynamicznych raket manewrujących oraz bezzałogowych aparatów latających (BAL) na małych i bardzo małych wysokościach;
- zwalczanie celów powietrznych na podstawie danych z sensorów lokalnych i zewnętrznych oraz danych z systemu dowodzenia;
- uzyskanie dużej skuteczności rażenia;
- uzyskanie dużej odporności na zakłócenia aktywne i pasywne;
- prowadzenie działań w dzień i w nocy, w różnych warunkach atmosferycznych i strefach klimatycznych;
- prowadzenie działań ogniowych autonomicznych i manewrowych;
- włączenie do działań w narodowym i sojuszniczym zautomatyzowanym systemie dowodzenia.

- data from a higher echelon (Polish abbrev. SRAP) in the form of LINK-11B messages;
- data from a target acquisition channel (Polish abbrev. KC) in the form of machine-generated messages.

The characteristics of the command apparatus PSRA PILICA requires that cooperation is ensured among many independent appliances and cooperation with other elements in the array. The complexity of the apparatus requires that, at a certain stage of investigations on the system and at the stage occupied with training crews, particular sensors were capable of generating information in conditions close to real life.

THE DESIGNATION OF THE APPARATUS AWPKO

The system PILICA being designed for protection of air bases should be capable of:

- fighting tactical aviation aircraft, and aerodynamic cruise missiles as well as unmanned flying objects (Polish abbrev. BAL) at low and very low altitudes;
- fighting air targets using data from local and external sensors as well as data from the command system;
- obtaining high hit effectiveness;
- obtaining high resistance to passive and active interference;
- operating during day and night, in various climatic and weather;
- conducting autonomous fire and maneuver operations;
- operating in a national and allied automated command situation.

System powinien charakteryzować się krótkim czasem reakcji ogniowej w odpowiedzi na rekomendowane ze szczebla nadrzędnego zadanie zniszczenia celów powietrznych na bardzo małych wysokościach i odległościach, a także możliwością automatycznego wykrycia i wprowadzenia do systemu rekomendacji (przydziału) celów obiektu wykrytego przez autonomiczny SKO kanałów celowania.

Przyjęta struktura funkcjonalno-informacyjna systemu PILICA przedstawiona na jest na rysunku 1. W jej skład wchodzi dwa podsystemy (moduły):

- stanowisko dowódcy plutonu — konsola RAP (rozpoznanej sytuacji radiolokacyjnej) i konsola KO (kierowania ogniem);
- podsystem ogniowy — sześć kanałów celowania (KC1-KC6) z zestawami ZUR-23-2SP.

Źródłami informacji wejściowej do systemu są:

- stanowisko dowodzenia dywizjonu plot. (RDST SD);
- lokalna stacja lotniskowa typu MM-SR-SOŁA (LAP — *Local Air Picture*).

Pierwotnym odbiorcą informacji wejściowej do systemu jest konsola RAP, której funkcjonalność dowódcy plutonu działającego w składzie dywizjonu osłony bazy lotniczej powinna zapewniać:

- możliwość wymiany informacji w systemie dowodzenia i kierowania walką z nadrzędnym SD (SD dywizjonu lub SD osłony bazy) bądź SAMOC w standardzie LINK-11B;

The system should be characterized by a short fire response-time in an order to destroy air targets, at very low altitudes and ranges recommended by an upper echelon. It should also have the capability for automatic detection of feed for object detected by target acquisition channels of the autonomous fire control system into a target recommendation (target allocation) system.

The adopted functional-information structure of the system is presented in figure 1. It consists of two sub-systems (modules):

- a platoon leader command post — console RAP (showing radio-location reconnaissance-based situation) and console KO (fire control);
- a fire subsystem — six target acquisition channels (KC1-KC6) with sets ZUR-23-2SP.

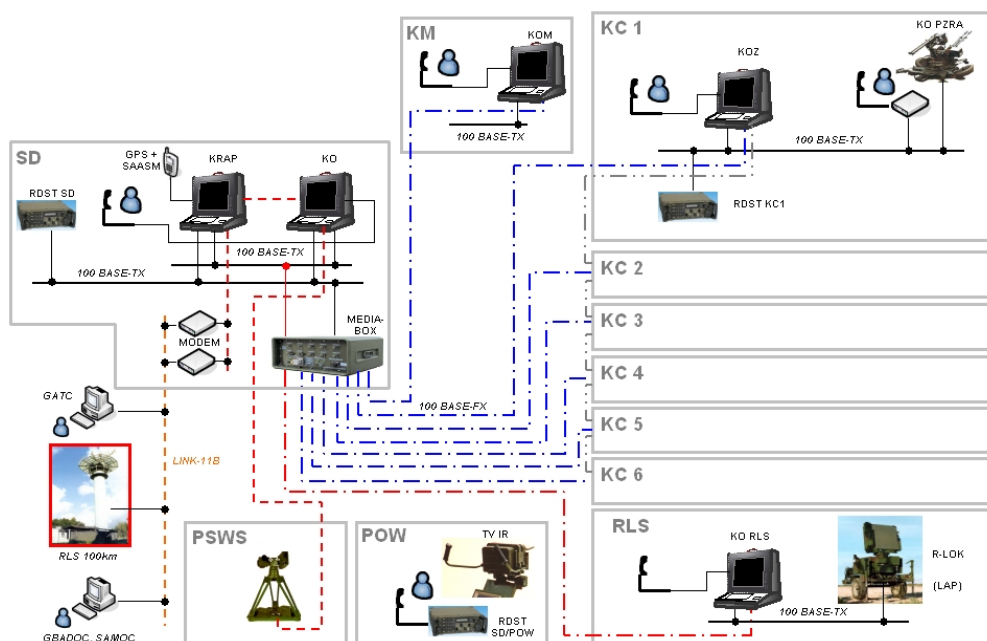
The system input data sources are:

- an anti-aircraft squadron command post (Polish abbrev. RDST SD);
- local aerodrome station type MMSR-SOŁA (LAP — *Local Air Picture*).

The first receiver of input data fed into the system is the console RAP. Its functionality should provide a platoon leader in charge of the platoon which is an element of an airbase protection squadron with the following:

- capability to exchange data within the combat command and control system with the higher command post (squadron or base protection command post) or SAMOC in the standard LINK-11B;

- możliwość pozyskiwania informacji o sytuacji powietrznej z lokalnej stacji r-lok (RLS SOŁA) i z innych sensorów pracujących w dywizjonie lub ze stacji kontroli ruchu lotniczego (łączość przewodowa lub radioliniowa);
- przesyłanie w standardzie I-LINK rozkazów i dedykowanej informacji o parametrach celów do zniszczenia do konsoli KO.
- capability to acquire data on air situation from a local radio-location station (Polish abbrev. RLS SOŁA) and other sensors working in the squadron or from an air traffic control station (land based or radio-link communication);
- capability to transmit in the standard I-LINK, orders and dedicated information concerning target destruction parameters to the console KO.

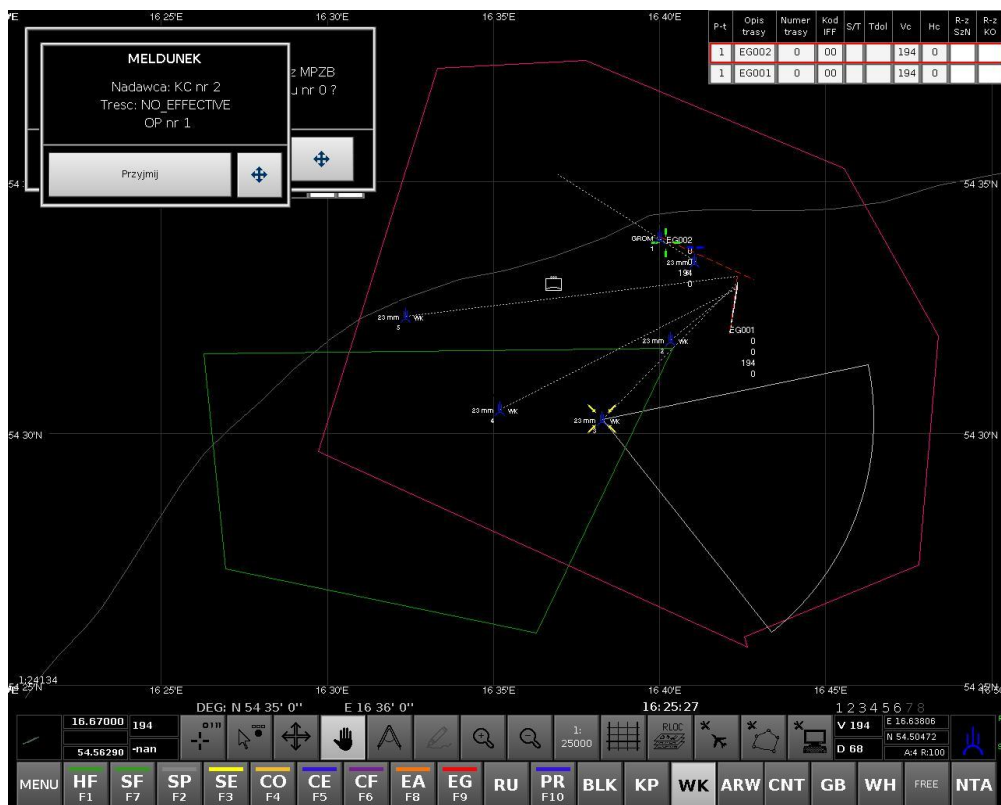


Rys. 1. Schemat funkcjonalno-informatyczny systemu PILICA: SD — stanowisko dowodzenia, PSWS — pasywny system wykrywania i śledzenia, POW — posterunek obserwacji wzrokowej, KM — konsola monitorowania, SD — stanowisko dowodzenia, RLS — lokalna stacja radiolokacyjna

Fig. 1. The functional-information diagram of the system PILICA: SD — command post, PSWS — passive detection and tracking system, POW — visual observation post, KM — monitoring console, SD — command post, RLS — local radio-location station

Wymianę informacji pomiędzy stanowiskiem dowódcy plutonu a kanałami celowania zapewniają sieci światłowodowa i radiowa z radiostacjami typu FASTNET, które umożliwiają dwukierunkową transmisję danych i mowy w trybie konferencyjnym.

The exchange of data between the platoon leaders post and target acquisition channels fiber-optic net and a radio net with radios type FASTNET are used, which allow for bi-directional data transmission and voice communication in the conference mode.



Rys. 2. Przykładowe zobrazowanie odebranego meldunku na ekranie konsoli KO

Fig. 2. An example of a received message displayed on the console KO

Aparatura AWPKO powinna dać dowódcy plutonu pełną świadomość sytuacyjną w obszarze osłanianego obiektu (bazy lotniczej) oraz powinna wspomagać jego proces decyzyjny poprzez zaimplementowane algorytmy optymalizacji i automatyzacji w środowisku czasu rzeczywistego. Przyjęto, że w skład AWPKO wchodzi następujące elementy funkcjonalne i konstrukcyjne (sprzętowe i programowe):

- stanowisko dowodzenia (SD) — konsola rozpoznanej sytuacji radiolokacyjnej (RAP) dowódcy plutonu, konsola kierowania ogniem (KO) dowódcy plutonu, oprogramowanie, środki łączności;

The apparatus AWPKO should provide a platoon leader with full awareness of the situation in the area of the protected object (air base) and should support his decision making process through implemented algorithms of optimization and automation in the real time environment. It was assumed that the AWPK is composed of the following design and functional elements (hardware and software):

- a command post (Polish abbrev. SD) — a console of the radio-location reconnaissance-based situation of the platoon leader, fire control console, software, communications means;

- posterunek obserwacji wzrokowej (POW) — nahełmowy lub lornetkowy wskaźnik położenia celu dla systemu dowodzenia, alerter IR plutonu (np. o funkcjonalności typu ADATS);
- pojazd terenowy;
- odbiornik GPS z możliwością współpracy z modułem SAASM;
- układ zasilania zestawu z agregatem prądotwórczym;
- zestaw części zapasowych i narzędzi ZCZ wraz z testerami zespołów AWPKO.

Rezultatami zrealizowanych zadań badawczych są moduły sprzętowe konsol RAP i KO oraz algorytmy i moduły programowe:

- analizy obecności obiektów powietrznych w strefie strzału i startu rakiet;
- wyliczania prawdopodobieństwa trafienia dla dwudziestu możliwych celów;
- grafiki danych z aplikacji konsoli KO;
- dwustronnej komunikacji z konsolą RAP;
- symulatora baterii zestawów ZUR-23-2KG;
- symulatora stacji r-lok.

Powyższe algorytmy i moduły mogą być adaptowane do konkretnych rodzajów i charakterystyk obiektów powietrznych (wymuszeń dla systemu) oraz armat i rakiet. Przyjęto wymagania funkcjonalne dla konsoli RAP, która powinna zapewniać między innymi:

1. Odbiór RAP/LAP ze źródeł informacji o sytuacji powietrznej (nadrzędny ZSyD, lokalna stacja radiolokacyjna, aktywne i pasywne środki występujące w systemie); możliwość odbioru sytuacji powietrznej

- a visual observation post (Polish abbrev. POW) — a helmet-mounted or binocular target position finder for the command system, IR platoon alerter (e.g. having ADATS type functionality);
- an off-road vehicle;
- a GPS receiver, capable of co-working with SAASM module;
- a power supply system together with a generator;
- a set of spare parts and tools (Polish abbrev. ZCZ) together with tester sets for the AWPKO.

The results of the realized investigations are hardware modules for consoles RAP and KO as well as software algorithms and modules of:

- analysis of the presence of air objects in the area where missiles are fired and launched;
- calculation of hit probability for twenty possible targets;
- graphic display of data from the console KO applications;
- two-way communication with the console RAP;
- a simulator of the battery of ZUR-23-2KG sets;
- a radio-location simulator.

The above algorithms and modules can be adapted to some specific types and characteristics of air objects (force actions on the system), guns and missiles. Functional requirements for were adopted for the console RAP. The console should, among others be capable of:

1. Reception RAP/LAP from data sources relating to an air situation (higher ZSyD, local radio-location

- pozyskiwanej z lokalnej stacji radiolokacyjnej oraz z innych sensorów pracujących w dywizjonie lub ze stacji kontroli ruchu lotniczego (łączność przewodowa lub radiowa) w standardach Link-11B, I-Link, Asterix oraz w protokole wykorzystywanym w systemie ŁOWCZA/REGA.
2. Zobrazowanie RAP/LAP — danych o plotach i trasach (wyświetlenie pełnego formularza opisu obiektu/trasy: numer trasy, identyfikacja, odpowiedź IFF (Mod 1, Mod 2, Mod 3, Mod 4, Mod 5), wysokość, prędkość, kurs, liczba Ma, źródło, jakość informacji, współrzędne obiektu w układzie zgodnym z wybraną zasadniczą siatką współrzędnych, wektor prędkości o długości będącej aproksymacją położenia po określonym czasie, skład, call-sign). Operator musi mieć możliwość wyboru/definiowania, które z danych mają być zobrazowane.
 3. Możliwość wymiany i automatycznego zobrazowania informacji, w tym rozkazów, meldunków, poczty elektronicznej oraz informacji o sytuacji powietrznej, z nadrzędnym SD w protokołach Link-11B, I-Link, Asterix, ADatP.
 4. Wymianę danych jednocześnie z czterema kierunkami/obiektami współpracującymi, z których każdy może pracować w innym protokole jako urządzenie końcowe przez interfejsy szeregowo do obsługi protokołów wybranych z poniższej listy (wybór protokołu programowego):
 - Link-11B — podstawowy protokół w relacji z przełożonym zapewniający zautomatyzowaną wymianę informacji taktycznej station, active and passive means included in the system); to receive air situation obtained from a local radio-location station or other sensors working in the squadron or from a traffic control station (land-based or wireless communication) in the standards Link-11B, I-Link, Asterix or in the protocol ŁOWCZA/REGA.
 2. Display RAP/LAP — plots and routes (display of the whole object/route description form: number of route, identification, response IFF (Mod 1, Mod 2, Mod 3, Mod 4, Mod 5), altitude, speed, course, Ma number, source, data quality, object coordinates in conformity with the selected coordinates system, speed vector whose length is an approximation of the position after a specific period of time, composition, call-sign). An operator has to be capable of selecting/defining data that is to be displayed.
 3. Exchanging and automatically displaying data, including orders, reports, electronic mail and data on air situation, with an upper command post in the protocols Link-11B, I-Link, Asterix, ADatP.
 4. Simultaneously exchanging data with four co-working directions/objects, each of which can work as a terminal in a different protocol, through in-series interfaces supporting protocols chosen from the list below (choice of software protocol):
 - Link-11B — the main protocol in communication with a superior, capable of automated tactical information exchange (air situation, unit status, warnings about

(sytuacji powietrznej, statusu jednostki, ostrzeżeń o zagrożeniu z powietrza, statusu kontroli uzbrojenia oraz informacji związanych z kierowaniem ogniem);

- ASTERIX — do odbioru informacji o sytuacji powietrznej z sieci OPNET oraz narodowych stacji radiolokacyjnych;
- I-LINK — do odbioru informacji o sytuacji powietrznej oraz wysyłania informacji o zagrożeniu z powietrza, statusie kontroli uzbrojenia, informacji związanych z kierowaniem ogniem z systemu ORCHIDEA.

Na etapie analiz przyjęto wymagania funkcjonalne dla konsoli dowodzenia KO, która powinna zapewniać:

1. Zobrazowanie RAP/LAP — danych o plotach i trasach (wyświetlenie pełnego formularza opisu obiektu/trasy: numer trasy, identyfikacja, odpowiedź IFF (Mod 1, Mod 2, Mod 3, Mod 4, Mod 5), wysokość, prędkość, kurs, liczba Ma, źródło, jakość informacji, współrzędne obiektu w układzie zgodnym z wybraną zasadniczą siatką współrzędnych, wektor prędkości o długości będącej aproksymacją położenia po określonym czasie, skład, call-sign). Operator musi mieć możliwość wyboru/definiowania, które z danych mają być zobrazowane.
2. Stawianie zadań ogniowych do zwalczania celów powietrznych z wykorzystaniem komend kierowania ogniem (FCO) na podstawie danych z sensorów lokalnych i zewnętrznych oraz komend kierowania walką z systemu dowodzenia, w tym stawianie grupie PZRA zadania do jednego celu:

air threats, armament control status and data relating to fire control);

- ASTERIX — for receiving information on air situation from the OPNET network and national radio-location stations;
- I-LINK — for receiving information on air situation and transmitting information on air threats, armament control status, data relating to fire control from the ORCHIDEA system.

At the stage of analyses, functional requirements for the command console KO were adopted. The console should, among others, be capable of:

1. Display RAP/LAP — data on plots and routes (display of the whole object/route description form: number of route, identification, response IFF (Mod 1, Mod 2, Mod 3, Mod 4, Mod 5), altitude, speed, course, Ma number, source, data quality, object coordinates in conformity with the selected coordinates system, speed vector whose length is an approximation of the position after a specific period of time, composition, call-sign). The operator has to be capable of selecting/defining data that is to be displayed.
2. Setting fire tasks for fighting air targets, using fire control orders (FCO), based on data from local and external, as well as orders from the command and control system, including setting a task relating to one target for a group of PZRA (anti-aircraft missile and tube artillery set):

- prowadzenie co najmniej ognia zaporowego grupy PZRA na podstawie danych z wybranego PZRA;
 - wprowadzanie zakazów prowadzenia ognia do danego celu.
3. Ręczny i półautomatyczny rozdział celów (częściową/całkowitą akceptację rekomendacji rozdziału celów).
 4. Zobrazowanie możliwości wykrycia na małych wysokościach dla poszczególnych PZRA.
 5. Kontrolę stanu podległych środków ogniowych (stan zadania, zwalczanie, wynik zwalczania itp.).
 6. Kontrolę gotowości części rakietowej i części artyleryjskiej, kontrolę trybu pracy (artyleryjski lub rakietowy, informacja o wejściu celownika w tryb pomiarowy dalmierza laserowego lub tachometryczny rodzaj pracy albo włączenie stolika startowego rakiet GROM).
 7. Kontrolę położenia osi optycznych PZRA i nastaw celowniczego (V, D).
 8. Kontrolę zapasu środków bojowych (z podziałem na hot i cold) dla poszczególnych PZRA.
 9. Możliwość zobrazowania wskazań urządzenia IFF PZRA.
 10. Kontrolę stanu sprawności wszystkich środków ogniowych i rozpoznania.
- to conduct at least barrage fire by a group of PZRA, based on data from a selected PZRA;
 - to forbid engaging a given target with fire.
3. Manual and semi-automatic allocation of targets (partial/full acceptance of target allocation of targets).
 4. Displaying detection capabilities at low altitudes for the particular PZRAs.
 5. Controlling subordinate fire assets (task state, engagement, result of engagement, etc.).
 6. Checking readiness of missile assets and tube artillery pieces, checking operation mode (tube artillery or missile mode, information that a sight device has been switched to the laser range finding mode or to tachometric mode of work or that the launch console for GROM missiles has been switched off).
 7. Checking the position optical axes for a PZRA and the fire parameters set by the sight device operator (V, D).
 8. Inspecting combat means in stock (divided into hot and cold) for the particular PZRAs.
 9. Displaying IFF device readings in a PZRA.
 10. Inspecting the condition of all the combat and reconnaissance assets.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYMULATORA (SOP/SSRlok)

W czasie realizacji projektu AWPKO zostały zdefiniowane podstawowe wymagania trenażera. Powinien on:

- zapewniać pracę obsługi na wszystkich stanowiskach systemu w warunkach odzwierciedlających realną pracę bojową;

THE GENERAL CHARACTERISTICS OF THE SIMULATOR(SOP/SSRlok)

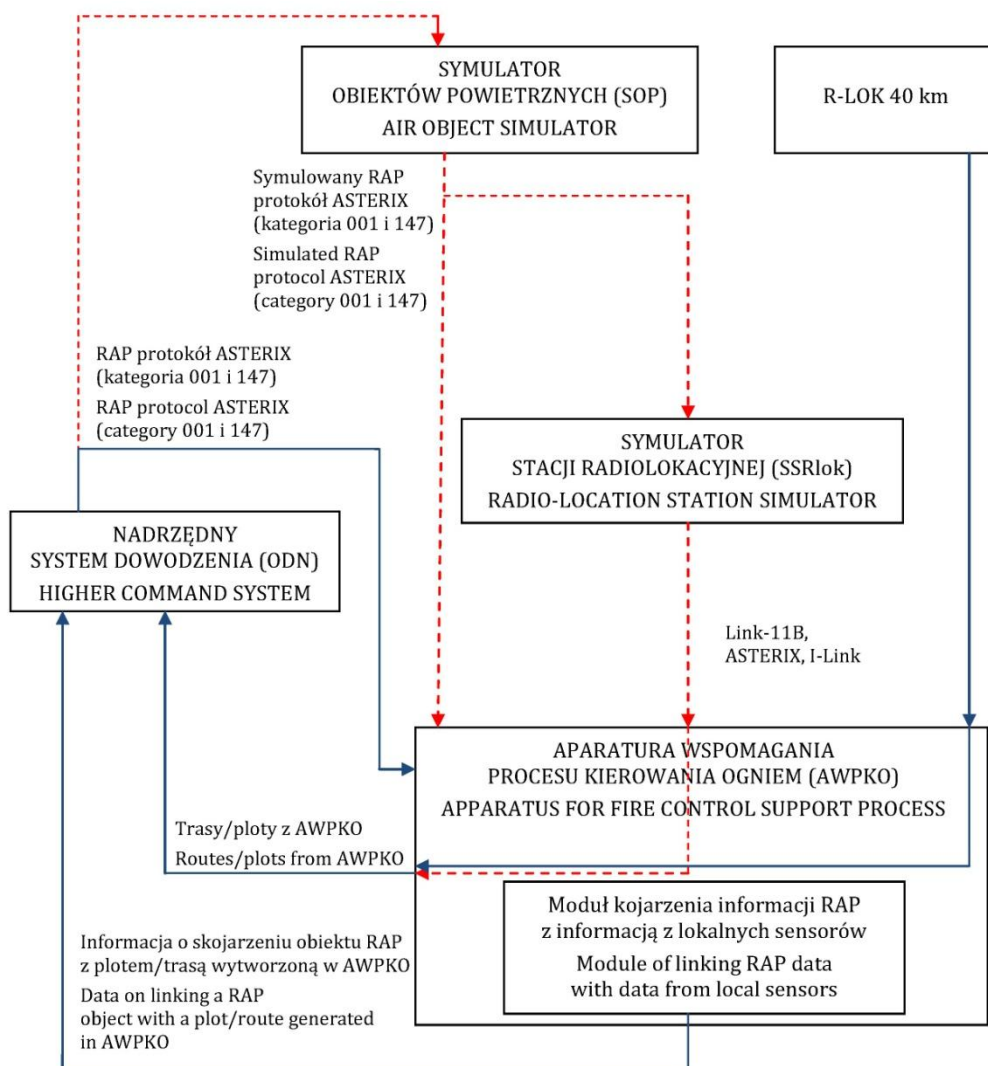
In the course of the AWPKO project the main requirements for a simulator were defined as:

- ensure performance of crewmembers at all stations of the system in conditions reflecting real combat performance;

- wykorzystywać infrastrukturę komunikacyjną systemu;
 - wysyłane do poszczególnych elementów systemu symulowane dane przysyłać zgodnie z obowiązującymi protokołami dla tego elementu ugrupowania bojowego;
 - przygotowywać symulowaną sytuację powietrzną i odtwarzać ją w czasie realnej pracy bojowej;
 - przygotowywać różne warianty scenariuszy treningów;
 - prowadzić rejestrację wyników pracy bojowej poszczególnych elementów systemu w celu przygotowania na tej podstawie scenariusza treningu;
 - przysyłać sytuacje symulowane do poszczególnych elementów systemu z uwzględnieniem ich specyfiki;
 - modyfikować wybrane parametry scenariusza treningu w zależności od realizowanych przez operatorów działań;
 - przysyłać informacje zgodnie z przyjętymi w systemie protokołami;
 - opracowywać podsumowania wyników szkolenia na podstawie przygotowanych wskaźników i kryteriów oceny;
 - umożliwiać symulacje dla następujących modeli lotu obiektów powietrznych: samolotów bojowych, samolotów transportowych, śmigłowców, statków bezpilotowych, rakiet;
 - odświeżać informacje o pozycji obiektów powietrznych w czasie od 100 ms do 1 sekundy;
 - wykonywać podstawowe testy obiegu informacji oraz działania PSRA PILICA.
- use communication infrastructure of the system;
 - transmit simulated data to particular elements of the system, following the protocols assigned to this particular element of the combat group;
 - prepare a simulated air situation and recreate it in the course real-life combat performance;
 - prepare various scenarios for training;
 - keep records of combat performance results for the particular elements of the system in order to prepare a training scenario based on them;
 - transmit simulated situations to the particular elements of the system taking into consideration their characteristics;
 - modify selected parameters of the training scenario according to the tasks carried out by the operators;
 - transmit information in accordance with the protocols adopted in the system;
 - make summaries of training results based on prepared standards and evaluation criteria;
 - allow for simulations in relation to the following flight models of an air object: combat aircraft, transport planes, drones, missiles;
 - refresh data on air object positions in the period of time from 100 ms to 1 second;
 - carry out basic tests relating to data circulation and performance of the PSRA PILICA.

Schemat blokowy współpracy symulatora obrazu sytuacji radiolokacyjnej z aparaturą wspomaganą procesu kierowania ogniem przedstawiono na rysunku 3.

A block diagram of co-working between the radio-location situation display simulator and the apparatus used to support fire control process is shown in figure 3.



Rys. 3. Schemat blokowy współpracy symulatora obrazu sytuacji radiolokacyjnej z aparaturą wspomagania procesu kierowania ogniem

Fig. 3. A block diagram of co-working between the radio-location situation display simulator and the apparatus used to support fire control process

BADANIA POLIGONOWE APARATURY

Badania poligonowo-integrujące demonstratora technologii AWPKO zostały przeprowadzone na przełomie września i października 2010 roku na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych w Ustce-Wicku Morskim przez zespół badawczy 2014 (LV)

EXERCISE RANGE TRIALS OF THE APPARATUS

The exercise range trials of the technology demonstrator AWPKO were carried out between September and October, 2010 in the Air Force Central Exercise Range at Ustka-Wicko Pomorskie by

Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa WAT oraz pracowników Centrum Techniki Morskiej S.A. pod nadzorem przedstawicieli szefostwa OPL MON.

Zakres sprawdzeń (wybrane elementy) oraz stanowisko badawcze przedstawiają tabela 1. oraz fotografie 1. i 2.

a research team from the Department of Mechatronics and Aviation, MUT and workers from Centrum Techniki Morskiej S.A. under the supervision of representatives from the Air Defence Authority MOD.

The scope of testing (selected elements) and the test bed are presented in table 1 and photos 1 and 2.

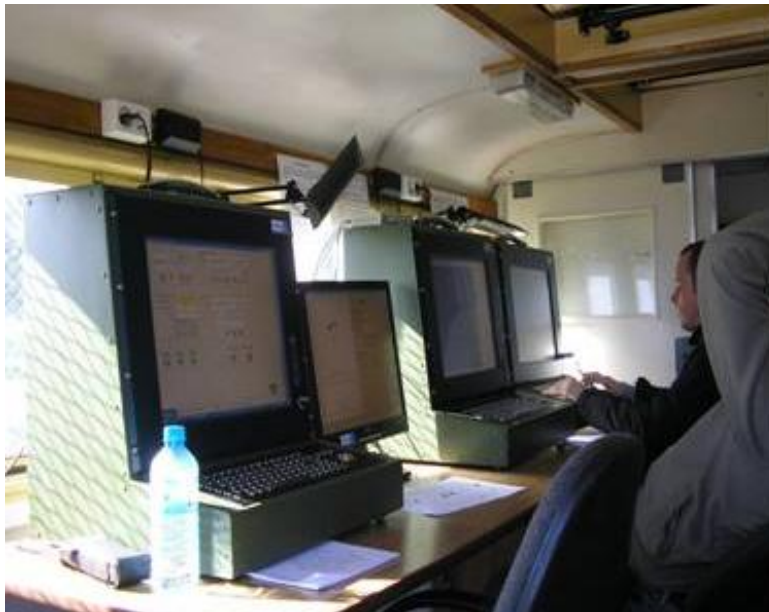
Tabela 1. Wybrane sprawdzenia demonstratora technologii AWPKO

Table 1. Selected tests of the technology demonstrator AWPKO

RODZAJ TESTU / TYPE OF TEST
1. Sprawdzenie funkcjonalności odbioru i zobrazowania przez AWPKO informacji o sytuacji powietrznej przekazywanej w protokole I-LINK Checking AWPKO's functionality of reception and display of data on air situation transmitted in the protocol I-LINK
wymiana danych o sytuacji powietrznej w łączu I-Link exchange of data on air situation using I-Link
archiwizacja danych wymienianych w łączu I-Link storing data exchanged in I-Link
2. Sprawdzenie funkcjonalności odbioru i zobrazowania przez AWPKO informacji o sytuacji powietrznej przekazywanej w protokole ASTERIX Checking AWPKO functionality of reception and display of data on air situation using protocol ASTERIX
wymiana danych o sytuacji powietrznej w łączu ASTERIX exchange of data on air situation using ASTERIX
archiwizacja danych wymienianych w łączu ASTERIX storing data exchanged in ASTERIX
3. Sprawdzenie wymiany danych z konsolą KO Checking data exchange with the console KO
wymiana danych niezwiązanych z trasami oraz komendami i statusami uzbrojenia exchange of data not connected with routes or orders and armament status
archiwizacja danych niezwiązanych z trasami oraz komendami i statusami uzbrojenia storing data not connected with router or orders and armament status
4. Sprawdzenie funkcjonalności odbioru, zobrazowania i obsługi przez AWPKO komend kierowania walką i rozkazów SSTO z systemów dowodzenia Checking AWPKO's functionality of reception, displaying and handling orders relating to combat management and orders SSTO from command systems
obsługa komend i statusów uzbrojenia z nadrzędnego systemu dowodzenia handling orders and armament status from a higher command
obsługa komend i statusów uzbrojenia z lokalnego systemu dowodzenia handling orders and armament status from a local command system



Fot. 1. Wóz dowodzenia AS-2 z aparaturą AWPKO i zestaw ZU-23-2KG na stanowisku badań
Photo 1. Command and control vehicle AS-2 together with the apparatus AWPKO and the ZU-23-2KG set at the test range



Fot. 2. Konsole AWPKO w wozie dowodzenia AS-2
Photo 2. AWPKO consoles on command and control vehicle AS-2

WNIOSKI

Głównym celem stworzonego trenera (SOP/SSRlok) i symulatora baterii (SBE) była weryfikacja poprawności dwukierunkowej komunikacji elementów PSRA PILICA. Kontrolę poprawności odzwierciedlenia stanów wewnętrznych KC realizowano, obserwując zmiany stanu zmiennych wewnętrznych oraz zmiennych w strukturze informacyjnej, jaka jest wypełniana w sposób ciągły przez SBE. Struktura ta odzwierciedlała automatycznie stany wszystkich najważniejszych urządzeń (GROM, IFF, ARTYLERIA itp.) oraz meldunków sformalizowanych. Po stronie SBE sprawdzanie poprawności otrzymywanych danych przeprowadzono, wykorzystując terminal tekstowy.

Testowanie danych o obiektach powietrznych przesyłanych do KC pierwotnie realizowano z wykorzystaniem programu komputerowego pracującego w tym samym środowisku, w którym pracuje oprogramowanie konsoli KO. Za pomocą programu ręcznie redagowano i wysyłało dane o obiektach powietrznych widzianych w AWPKO i rozkazy o nich. Do badania poprawności otrzymywanych z symulatora ZUR danych wykorzystano dedykowany program monitorujący, który umożliwia podgląd przesyłanych przez KC do AWPKO danych. Program był uruchamiany w środowisku konsoli KO AWPKO, dlatego pozwalał na weryfikację poprawności pracy driverów sieciowych.

Jednym z głównych kierunków badań integrujących była weryfikacja poprawności szybkich meldunków unormowanych, które są podstawowym narzędziem meldowania KC o przyjęciu lub

CONCLUSIONS

The main purpose of developing such a trainer (SOP/SSRlok) and a battery simulator (SBE) was to verify the correctness, and suggest accuracy or efficiency of the two-way communication of the elements in the PSRA PILICA. The correctness of reflecting inner states KC was verified by observing changes in states of inner variables and variables in the information structure which is continuously filled in by SBE. This structure automatically reflects states of all the most important appliances (GROM, IFF, ARTILLERY etc.) and formalized messages. As for SEB the correctness of the received data was verified using a text terminal.

Initially data on air objects transmitted to KC was tested using software working in the same environment in which the software of the console KO works. Making use of the software, data on air objects seen in the AWPKO and orders relating to it were processed manually and then transmitted. In order to test the correctness of data received from the simulator ZUR dedicated monitoring software was used. It allows for viewing data transmitted from the KC to the AWPKO. The software was started in the environment of the console KO AWPKO. For this reason it was possible to verify the performance correctness of network drivers.

One of the main directions in the integration investigations was verification of correctness of standardized fast messages which are the main tool used by the KO to report acceptance or rejection of a combat order or the state

odrzuconiu rozkazu bojowego lub stanu realizacji bieżącego rozkazu otrzymanego z AWPKO. W celu weryfikacji poprawności generowanych meldunków i ich właściwej interpretacji przez oprogramowanie konsoli KO przy współpracy programów symulujących i drivera sieciowego większość wątków programu symulatora baterii realizowała meldowanie automatyczne.

Rezultatami końcowymi prac badawczo-doświadczalnych nad AWPKO, SOP/SSRlok i SBE są:

- wykonany i przebadany demonstrator technologii aparatury AWPKO (konsola rozpoznanej sytuacji powietrznej RAP i konsola kierowania ogniem KO z dokumentacją techniczną oprogramowania i części sprzętowej);
- kody źródłowe modułów programowych z dokumentacją;
- dokumentacja badań poligonowych wraz z metodami;
- wnioski zespołu badawczego dla gestora w zakresie weryfikacji WZTT na aparaturę AWPKO;
- wstępny kosztorys części sprzętowej i oprogramowania konsol doświadczalnych prototypu AWPKO dla firmy wdrażającej.

Wymienione urządzenia doświadczalne, oprogramowanie oraz dokumentacja techniczna są uruchomione i przechowywane w Laboratorium Systemów Kierowania Ogniem Katedry Mechatroniki Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa WAT.

Konsole doświadczalne aparatury AWPKO mogą znaleźć zastosowanie w szkoleniu

of execution of the current order received from the AWPKO. In the course of verifying the correctness of generated messages and their proper interpretation by the console KO software in cooperation with simulation software and a network driver most of the elements in the battery simulator software executed reporting automatically.

The final results of the experimental investigations on AWPKO, SOP/SSRlok and SBE:

- the developed and tested technology demonstrator of the AWPKO apparatus (console of reconnaissance-based air situation RAP and fire control console KO together with technical documentation relating to software and hardware);
- source codes for software modules together with documentation;
- the documentation relating to exercise range trials together with methodology guidelines;
- conclusions of the investigation team concerned with the initial tactical-technical assumptions (Polish abbrev. WZTT) for the AWPKO to be submitted to the contractor;
- initial financial calculations concerned with the hardware and software for the experimental consoles in the prototype AWPKO for a firm responsible for implementation.

The experimental appliances, software and technical documentation are operated and stored in the Fire Control Systems Laboratory, Department of Mechatronics, Faculty of Mechatronics and Aviation, MUT.

instruktorów i przyszłych użytkowników systemu PILICA wyposażonego w armaty 23 mm lub 35 mm KDA oraz być podstawą do opracowania specjalistycznej aparatury symulacyjnej i badawczej w procedurze odbioru technicznego aparatury i jej produkcji seryjnej.

The experimental consoles used in the AWPKO apparatus can be employed for training instructors and future users of the system PILICA equipped with 23 mm or 35 mm guns and for developing specialized simulation and R&D apparatus to be used in technical acceptance tests of the apparatus and a series production.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Dobrzyński P., *Aparatura wspomaganie procesu kierowania ogniem systemu „PILAWA” — uproszczona instrukcja eksploatacji*, proj. nr O R00 0009 04, WAT, Warszawa 2009 [*Simplified apparatus for supporting fire control process in the system „PILAWA” — simplified operating manual* — available in the Polish].
- [2] Dobrzyński P., *Projekt oprogramowania symulatora baterii przeciwlotniczych zestawów raketowo-artyleryjskich systemu „PILICA”*, proj. nr O R00 0009 04, WAT, Warszawa 2009 [*A proposal of software for a simulator of an anti-aircraft battery of missile and tube artillery sets in the „PILICA” system* — available in the Polish].
- [3] Jaworowicz M. i inni, *Sprawozdanie merytoryczne z wykonanych badań stosowanych i prac rozwojowych*, proj. nr O R00 0009 04, WAT, Warszawa 2011 [*A report concerning applied research and development investigations* — available in the Polish].
- [4] Pietkiewicz T., Wajszczyk B., *Model informacyjny symulatora obrazu sytuacji operacyjnej na potrzeby programowego demonstratora nowoczesnych technik integracji informacji atrybutowej*, VI Konferencja „Urządzenia i systemy radioelektroniczne”, UiSR '13, Jachranka 2013 [*A model of an operational situation display developer for a demonstrator of modern attributive information technologies* — available in the Polish].
- [5] *Rozkaz dowódcy Sił Powietrznych nr 46 z dnia 23.02.10 r. w sprawie wprowadzenia do użytku w Siłach Powietrznych „Wykazu klauzul tajności informacji radiolokacyjnej wymienianej pomiędzy stacją radiolokacyjną a otoczeniem zewnętrznym”* [Order by the Commander in Chief of the Air Force as of 23 December, 2010 on introducing to the Air Force 'The list of radio-location security clearance levels concerning information exchanged between a radio-location station and external community' — available in the Polish].