

KOMPUTEROWY SYSTEM ZARZĄDZANIA GOTOWOŚCIĄ OPERACYJNĄ ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI DLA POLSKICH ŚMIGŁOWCÓW WOJSKOWYCH

Mariusz ZIEJA¹, Andrzej PAZUR², Andrzej SZELMANOWSKI³

1. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa
tel.: 22262851132, e-mail: mariusz.zieja@itwl.pl
2. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa
tel.: 22262851603, e-mail: andrzej.pazur@itwl.pl
3. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa
tel.: 22262851603, e-mail: andrzej.szelmanowski@itwl.pl

Streszczenie: Dla efektywnego wspomagania procesu eksploatacji statków powietrznych użytkowanych w Siłach Zbrojnych RP zostały wprowadzone systemy informatyczne m.in. system SI SAMANTA, zawierający dane o niesprawnościach instalacji i systemów pokładowych, a także system SI TURAWA, umożliwiający określanie statusu wybranych parametrów eksploatacyjnych. W artykule przedstawiono komputerowy system ewidencji danych zintegrowanego systemu łączności, który eksploatowany jest na śmigłowcach *Mi8/Mi17/Mi24*. Gromadzone dane eksploatacyjne systemu dają możliwość wyznaczania i oceny parametrów eksploatacyjnych, w tym niezawodności oraz gotowości operacyjnej.

Słowa kluczowe: system SI SAMANTA, system SI TURAWA, zintegrowany system łączności, gotowość operacyjna.

1. WSTĘP

W stosowanych na świecie rozwiązaniach, do wspomagania zarządzania procesem eksploatacji wojskowych statków powietrznych (SP) oraz systemów pokładowych tworzone są wyspecjalizowane komputerowe systemy informatyczne. Umożliwiają one gromadzenie danych dotyczących procesu eksploatacji SP, określając historię stanów poszczególnych elementów składowych w jego cyklu życia, oraz predykcję stanów tych elementów, przy wykorzystaniu różnych metod obliczeniowych m.in. statystycznych i probabilistycznych. Przykładem tego są systemy wdrożone w lotnictwie Sił Zbrojnych RP SI SAMANTA i SI TURAWA, przeznaczone do wieloaspektowej analizy i oceny procesów eksploatacji wszystkich rodzaju SP oraz kompleksowej analizy i oceny bezpieczeństwa lotów.

Do gromadzenia szczegółowych danych i określania wartości wybranych parametrów eksploatacyjnych w zakresie zintegrowanego systemu łączności (ZSŁ) na śmigłowcach *Mi8/Mi17/Mi24* oraz *W3PL* w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (ITWL) opracowano i zbudowano system komputerowy w postaci bazy danych. Baza danych systemu ZSŁ z chwilą dostarczenia urządzeń do ITWL jest systematycznie uaktualniana o informacje dotyczące m.in. nalotu (praca poszczególnych urządzeń),

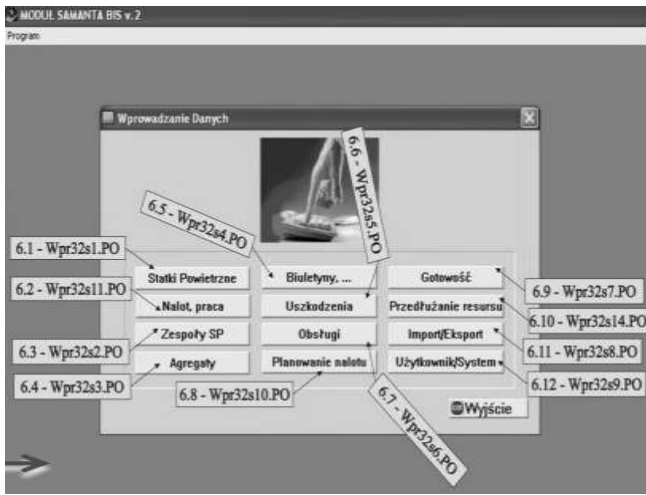
daty wykonania obsługi serwisowych i specjalnych, napraw, a także opisów uszkodzeń systemu. Dane eksploatacyjne pozyskiwane są z jednostek lotniczych (JW) użytkujących system ZSŁ dostarczane są wraz z protokołami technicznymi oraz metrykami sprzętu lotniczego. Baza danych może stanowić oddzielny moduł składowy wkomponowany w system SI SAMANTA oraz w system SI TURAWA, dając możliwość wykorzystania danych do wyznaczania i oceny parametrów eksploatacyjnych, w tym niezawodności oraz gotowości operacyjnej systemu ZSŁ.

2. SYSTEMY INFORMATYCZNE ORAZ OCENA ICH WYKORZYSTANIA W SIŁACH ZBROJNYCH RP

2.1. System informatyczny SI SAMANTA

System przeznaczony jest do szczegółowej oceny poziomu niezawodności i jakości procesu eksploatacji SP poprzez bieżącą analizę charakterystyk i wskaźników niezbędnych do jego racjonalizacji i sterowania poziomem niezawodności. Głównymi zadaniami systemu SI SAMANTA jest ocena systemu eksploatacji z punktu widzenia wykrywalności i skuteczności zapobiegania uszkodzeniom, ocena gotowości technicznej każdego SP niezależnie od wersji, wyposażenia i typu, ocena poziomu bezpieczeństwa lotów w aspekcie technicznym. Wspomaganie merytoryczne prac Komisji Badania Wypadków Lotniczych Lotnictwa Państwowego (KBWLLP) w lotnictwie wojskowym, szacowanie rzeczywistych zasobów pracy (resursów) SP, wspomaganie procesów sterowania zasobami resursowymi oraz prognozowanie wybranych charakterystyk i wskaźników eksploatacyjnych oraz bezpieczeństwa lotów. Moduł główny oraz wprowadzanie danych do systemu SI SAMANTA przedstawiono na rysunku 1.

Dane gromadzone w systemie SI SAMANTA wprowadzane są z dwóch źródeł, tj.: Administratora centralnego banku danych i Użytkownika. W systemie zbierane są dane ewidencyjno-eksploatacyjne SP i ich agregatów wraz z ich rotacją np. przybycie, ubycie, kasacja, przyjęcie i zdjęcie ze stanu ewidencyjnego jednostki lotniczej oraz zabudowanie i wybudowanie z SP.

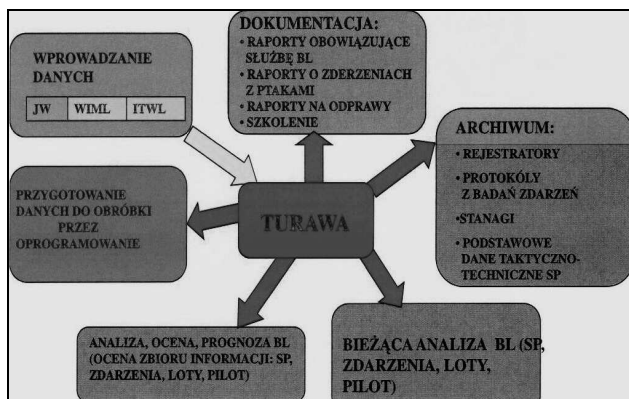


Rys. 1. Okno systemu informatycznego SI SAMANTA

Przedmiotem analiz jest stan techniczny oraz praca poszczególnych egzemplarzy i typów SP, zespołów, agregatów liczona w godzinach lotu, zużycie paliwa, dane o obsłudze, uszkodzeniach, oraz informacje o stanie realizacji biuletynów eksploatacyjnych, konstrukcyjnych, informacyjnych (stanowiących zbiór informacji lotniczych, technicznych włącznie ze zmianami do ich zapisów). Dotyczy to również kart pracy i wykonania usług z podziałem na poszczególne lata i kwartały w danym roku, wymiany podzespołów SP w celu określenia stanów eksploatacyjnych każdego egzemplarza SP w każdym dniu kalendarzowym [1].

2.2. System informatyczny SI TURAWA

System przeznaczony jest do bezpośredniej analizy i oceny bezpieczeństwa lotów każdego SP lotnictwa wojskowego. Pozwala na bieżące śledzenie zdarzeń lotniczych, ich przyczyn i skutków, ocenę poziomu wyszkolenia personelu latającego oraz ocenę realizacji podejmowanych działań profilaktycznych (rys. 2). Zapewnia racjonalne sterowanie bezpieczeństwem lotów poprzez połączenie poszczególnych użytkowników w jeden spójny system pracujący w sieci komputerowej, a także gromadzi szczegółowe informacje o przebiegu procesu szkolenia lotniczego i bezpieczeństwie lotów każdego z członków personelu latającego, począwszy od dnia jego ewidencji w systemie, aż do zakończenia jego służby.



Rys. 2. Okno systemu informatycznego SI TURAWA

System pozyskuje dane o procesie szkolenia lotniczego i innych zadaniach wykonywanych w czasie lotów w sposób ciągły, bezpośrednio z eskadr, dywizjonów i baz lotniczych.

Daje możliwość śledzenia „historii przebiegu szkolenia” każdego członka personelu latającego w aspekcie bezpieczeństwa lotów. Generuje informacje z banku danych dla każdego użytkownika, zgodnie z wcześniej przydzielonymi mu uprawnieniami oraz wprowadza na każdym szczeblu nadrzędnym JW dokumenty o charakterze nakazowym i śledzenia ich realizacji. System umożliwia szczegółowe prowadzenie analizy bezpieczeństwa lotów, obejmujące cały personel latający na wszystkich typach SP eksploatowanych w lotnictwie wojskowym RP.

Zastosowanie najnowszych rozwiązań z zakresu projektowania baz danych, pozwala na zapewnienie otwartej architektury systemu. Implementacja trójwarstwowej architektury umożliwia rozszerzanie zakresu jego funkcjonowania na pozostałe elementy procesu szkolenia lotniczego oraz daje możliwość współpracy np. z systemem analizy i oceny niezawodności [1].

3. WYZNACZANIE GOTOWOŚCI OPERACYJNEJ SERWERA KOMUNIKACYJNEGO SK-1

Dotychczas do wyznaczania danych wchodzących w zależności opisujące gotowość operacyjną (1) serwera SK-1 systemu ZSŁ wykorzystywano informacje zgromadzone w systemie informatycznym, prowadzonym w Zakładzie Awioniki ITWL.

$$G_O(t, \tau) = G_F(t) \cdot G_Z(\tau) \quad (1)$$

gdzie: $G_F(t)$ – gotowość funkcjonalna serwera SK-1, opisywana przez prawdopodobieństwo znajdowania się serwera SK-1 w stanie zdadności funkcjonalnej, $G_Z(\tau)$ – gotowość zadaniowa serwera SK-1, opisywana przez prawdopodobieństwo znajdowania się serwera SK-1 w stanie zdadności zadaniowej.

Dane wejściowe do modelowania, wprowadzane do zależności matematycznych opisujących gotowość funkcjonalną (2) i gotowość zadaniową (3) serwera wyznaczane były na podstawie informacji o danych rozpoczęcia i zakończenia obsługi serwisowych oraz napraw, a także rodzaju uszkodzenia i sposobie naprawy [2, 3, 4].

$$G_F(t) = \frac{E[T_Z(t)]}{E[T_Z(t)] + E[T_N(t)]} \quad (2)$$

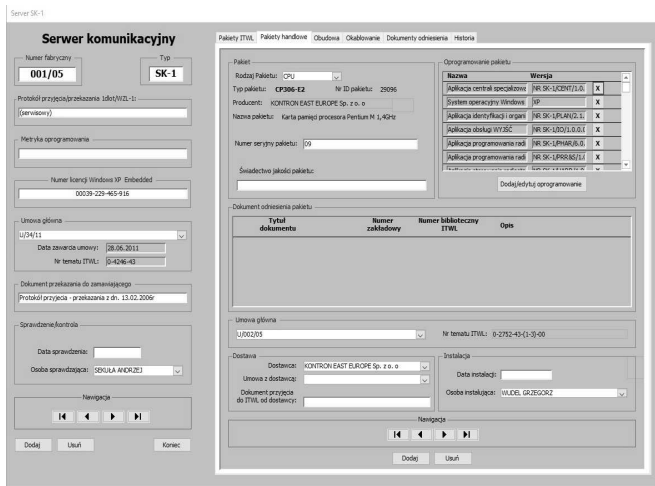
gdzie: $E[T_Z(t)]$ – wartość oczekiwana zmiennej losowej czasu zdadności serwera SK-1, $E[T_N(t)]$ – wartość oczekiwana zmiennej losowej czasu niezadadności serwera SK-1.

$$G_Z(\tau) = \frac{N - M(\tau)}{N} \quad (3)$$

gdzie: N – liczba wszystkich przejść serwera SK-1 pomiędzy stanami eksploatacyjnymi, $M(\tau)$ – liczba przejść serwera SK-1 do stanów niezadadności (obsługa, serwis, naprawa).

Wadą opisanego powyżej sposobu analiz i wyznaczania parametrów niezawodnościowych i gotowości operacyjnej był brak wyczerpujących informacji otrzymywanych z JW eksploatujących system ZSŁ.

W nowym podejściu, opracowywanym w ITWL, wykorzystano probabilistyczny model eksploatacji serwera SK-1 przy wykorzystaniu prawdopodobieństw jego przebywania w stanach zdadności i niezadadności. Z uwagi na specyfikę pracy serwera zabudowanego na pokładzie SP, do opisu wybrano 5 podstawowych stanów eksploatacyjnych. Informacje niezbędne do identyfikacji tych stanów pozyskiwano z bazy danych ZSŁ, która umożliwia wprowadzanie danych eksploatacyjnych serwera (rys. 3).

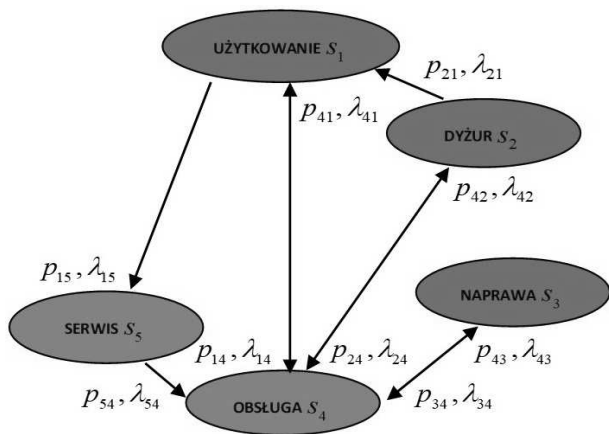


Rys. 3. Okno systemu informatycznego bazy danych ZSŁ

Wyróżniono następujące stany eksploatacyjne serwera komunikacyjnego SK-1: S_1 – użytkowanie w locie (ze stanu tego serwer SK-1 może przechodzić tylko do stanu obsługi S_4 i serwisowania S_5), S_2 – dyżur na ziemi (ze stanu tego serwer SK-1 może przechodzić tylko do stanu użytkowania S_1 lub obsługi S_4), S_3 – naprawa w ITWL (ze stanu tego serwer SK-1 może przechodzić tylko do stanu obsługi S_4), S_4 – obsługa w JW (ze stanu tego serwer SK-1 może przechodzić tylko do stanu użytkowania S_1 , dyżuru S_2 lub naprawy S_3), S_5 – serwisowanie w warunkach ITWL (ze stanu tego serwer SK-1 może przechodzić tylko do stanu obsługi S_4).

Należy zaznaczyć, że obecnie w ITWL opracowywany jest model 6 stanowy z wydzielonym procesem diagnozowania realizowanego w JW.

Dla zilustrowania schematu przejść serwera SK-1 między stanami eksploatacyjnymi przedstawiono je w postaci grafu przejść (rys. 4.).



Rys. 4. Graf przejść serwera SK-1 między poszczególnymi stanami eksploatacyjnymi

Do analizy procesu eksploatacji serwera SK-1, jako głównego elementu systemu ZSŁ wybrano modelowanie według metody łańcuchów Markowa (z rozszerzeniem na łańcuchy semi-Markowa dla procesów charakteryzowanych przez czasy pozostawiania serwera w poszczególnych stanach eksploatacyjnych o rozkładzie innym niż wykładniczy) [5, 6].

Otrzymane zależności prawdopodobieństwa przejść oraz prawdopodobieństwa graniczne przebywania w poszczególnych stanach pozwalają wyznaczyć współczynniki określające gotowość zadaniową.

Formuły opisujące wyznaczanie gotowości operacyjnej systemu ZSŁ w chwili t przedstawiono na podstawie rozwiązania równań macierzowych łańcuchów semi-Markowa dla serwera SK-1 [5, 6, 7].

Na podstawie informacji zgromadzonych w bazie danych ZSŁ charakteryzujących poszczególne stany eksploatacyjne serwera SK-1, wyznaczono wartości prawdopodobieństw przejść $p_{ij}(t)$ między wybranymi stanami. Prawdopodobieństwa przejść $p_{ij}(t)$ można przedstawić w następującej postaci (4):

$$p_{ij}(t) = P\{X(t) = S_j \mid X(0) = S_i\}, \quad i, j = 1, 2, 3, 4, 5, \quad i \neq j \quad (4)$$

Prawdopodobieństwa powyższe można wyznaczyć korzystając z zależności (5):

$$p_{ij}(t) = \frac{n_{ij}(t)}{n_i(t)} \quad (5)$$

gdzie: $n_{ij}(t)$ – liczba przejść ze stanu początkowego S_i do stanu S_j w badanym okresie czasu, $n_i(t)$ – liczba wszystkich przejść ze stanu początkowego S_i w badanym okresie czasu.

Wyznaczoną macierz prawdopodobieństw przejść między poszczególnymi stanami eksploatacyjnymi [8], przy wykorzystaniu grafu przejść serwera SK-1 (rys. 4) można przedstawić w postaci (6):

$$[p_{ij}(t)] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & p_{14}(t) & p_{15}(t) \\ p_{21}(t) & 0 & 0 & p_{24}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{34}(t) & 0 \\ p_{41}(t) & p_{42}(t) & p_{43}(t) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{54}(t) & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Nowe formuły opisujące kształtowanie gotowości operacyjnej serwera SK-1 oparto na podstawie rozwiązania ogólnego równania predykcji prawdopodobieństw [8] jego przebywania w wybranych stanach eksploatacyjnych (7):

$$\begin{bmatrix} 0 & p_{21}(t) & 0 & p_{41}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{42}(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{43}(t) & 0 \\ p_{14}(t) & p_{24}(t) & p_{34}(t) & 0 & p_{54}(t) \\ p_{15}(t) & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_1(t) \\ p_2(t) \\ p_3(t) \\ p_4(t) \\ p_5(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1(t) \\ p_2(t) \\ p_3(t) \\ p_4(t) \\ p_5(t) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Rozwiązanie powyższego równania (7) wymaga uwzględnienia warunku normalizacji [8], w postaci (8):

$$p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) + p_4(t) + p_5(t) = 1 \quad (8)$$

Wyznaczone prawdopodobieństwa graniczne umożliwiają określenie wskaźnika gotowości funkcjonalnej w wybranej chwili czasu t , obejmującej prawdopodobieństwa przebywania serwera SK-1 w stanach podatności, czyli użytkowania w locie (stan S_1) i dyżurowania na ziemi (stan S_2).

W nowym podejściu, chwilową wartość gotowości funkcjonalnej serwera SK-1, wyrażoną za pomocą współczynnika gotowości funkcjonalnej, można wyznaczyć z następującej zależności (9):

$$K_G(t) = \frac{p_1(t) + p_2(t)}{\sum_{j=1}^{j=5} p_j(t)} \quad (9)$$

gdzie: $K_G(t)$ – współczynnik gotowości funkcjonalnej serwera SK-1, $p_1(t)$ – prawdopodobieństwo graniczne przebywania serwera SK-1 w stanie użytkowania S_1 , $p_2(t)$ – prawdopodobieństwo graniczne przebywania serwera SK-1 w stanie dyżurowania S_2 .

Podobnie chwilową wartość gotowości zadaniowej serwera SK-1 w zadanym przedziale czasu τ można wyznaczyć przy wykorzystaniu funkcji niezawodności [8] z następującej zależności (10):

$$R_Z(\tau) = \exp \left[- \int_t^{t+\tau} \lambda(t) dt \right] \quad (10)$$

gdzie: $R_Z(\tau)$ – funkcja niezawodności serwera SK-1, $\lambda(t)$ – wartość intensywności uszkodzeń SK-1.

Na tej podstawie można wyznaczyć chwilową wartość gotowości operacyjnej serwera SK-1, przy wykorzystaniu zależności (11):

$$G_O(t, \tau) = K_G(t) \cdot R_Z(\tau) \quad (11)$$

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Doskonalenie i optymalizacja procesu eksploatacji zintegrowanych systemów łączności wymaga nowych metod oceny oraz systemów informatycznych wspomagających proces decyzyjny w zakresie określania i kształtowania ich gotowości operacyjnej. Dane gromadzone w systemie umożliwiają wyznaczanie czasów między uszkodzeniami,

intensywności uszkodzeń i rozkładów prawdopodobieństw uszkodzenia, a z nich współczynników charakteryzujących gotowość operacyjną poszczególnych elementów zintegrowanego systemu łączności. Opracowany model pozwala na bieżącą ocenę i kształtowanie gotowości operacyjnej serwera komunikacyjnego SK-1, stanowiącego główny element składowy systemu ZSŁ. Opracowany model został zaimplementowany w systemie komputerowym funkcjonującym w Zakładzie Awioniki ITWL. Prowadzone są prace wstępne nad włączeniem tego systemu do profesjonalnych systemów informatycznych SI SAMANTA i SI TURAWA, co pozwoli na prowadzenie bieżącej oceny i kształtowania gotowości operacyjnej zintegrowanych systemów łączności eksploatowanych na śmigłowcach wojskowych w Siłach Zbrojnych RP.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Zieja M., Kaleta R.: A computer-based system to analyze and assess flight safety of military aircraft, RTO-MP-IST-087 Information Management and Exploitation, Stockholm, NATO Research and Technology Organization 2009.
2. Pazur A.: Technologia nr 50/43/15 Obsługi serwisowe i naprawy zintegrowanego systemu łączności śmigłowca *Mi8, Mi17, (Mi171V), Mi24* (co 2 lata eksploatacji), BT ITWL, Warszawa, 2015.
3. Pazur A.: Badanie niezawodności systemów łączności w oparciu o specjalizowany serwer komunikacyjny, Wyd. ITWL, Warszawa, 2010.
4. Szelmanowski A.: Stanowisko integracyjne systemów awionicznych na bazie cyfrowych szyn danych, BT ITWL, Warszawa, 2004.
5. Lewitowicz J.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych, Tom 3, Systemy eksploatacji statków powietrznych, Wyd. ITWL, Warszawa, 2006.
6. Lewitowicz J., Kustroń K.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych, Tom 2, Własności i właściwości eksploatacyjne statków powietrznych, Wyd. ITWL, Warszawa, 2003.
7. Kececioglu P.: Maintainability, Availability and Operational Readiness Engineering Handbook, Wyd. Prentice Hall, New Jersey, 1995.
8. Woropay M., Żurek J., Migawa K.: Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu utrzymania ruchu w systemie transportowym, Wyd. ITE, Radom, 2003.

COMPUTER AIDED SYSTEM OF INTEGRATED COMMUNICATION SYSTEMS OPERATING CAPABILITY MANAGEMENT FOR POLISH MILITARY HELICOPTERS

In Poland, the effective aiding of the operation of aircraft and helicopters used in the Polish Armed Forces is also provided by IT systems, including, among others, the SAMANTA system, which includes data about the defects of avionic systems and devices, and the TURAWA system, which allows specifying the status and selected operating parameters. The Air Force Institute of Technology runs an IT system in the form of a database to collect specific data and determine the value of selected operating parameters in the scope of the ZSŁ (integrated communication system). The database is regularly updated with information concerning, among others, dates of commencing maintenance, servicing and storage of particular ZSŁ system components, results of checks and inspections, descriptions of damage and defects, as well as the times of their operation on board of an aircraft (data collected from military units using the system).

Keywords: the IT SAMANTA system, the IT TURAWA system, operating capability integrated communication system.