



Struktury działania w procesie obsługiwanie statków powietrznych

SZYMON MITKOW

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Katedra Logistyki,
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

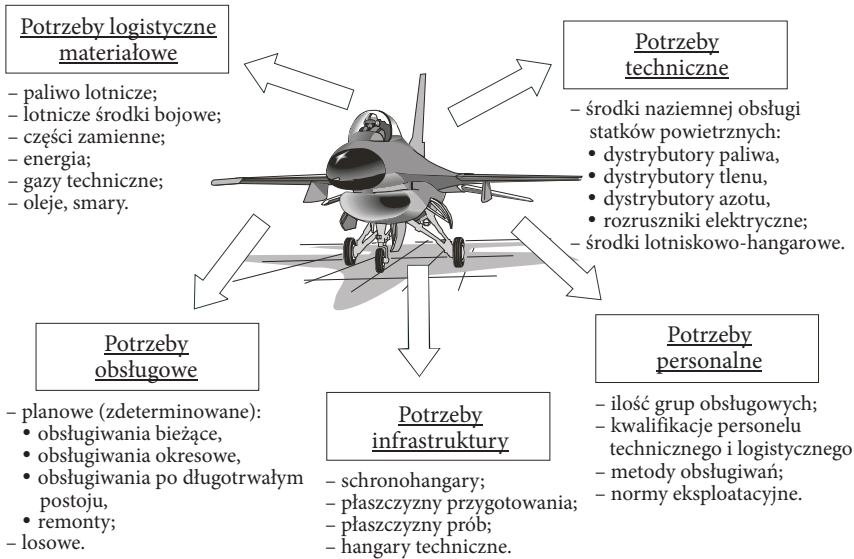
Streszczenie. W logistyce lotniczej jednym z kluczowych problemów jest stworzenie warunków do przygotowania statku powietrznego do lotu. Dotyczy to głównie realizacji procesu obsługiwanie. Intensywność użytkowania wojskowych statków powietrznych ma wpływ na wielkość ich potrzeb logistycznych, a tym samym na możliwości personelu technicznego w realizacji procesu obsługiwanie. W artykule w oparciu o opis matematyczny struktur działania zaprezentowano analizę procesu obsługiwanie wojskowych statków powietrznych. Kryterium oceny jest czas trwania czynności obsługowych przy zmieniających się środkach logistycznych.

Słowa kluczowe: eksploatacja, logistyka, obsługiwanie, statek powietrzny

Symbole UKD: 623.746.004.14

1. Wprowadzenie

Statek powietrzny (sp) jako obiekt techniczny posiada określone potrzeby logistyczne (rys. 1), które są niezbędne do realizacji przypisanych mu zadań. Technologicznie zaawansowane, z możliwościami bardzo szybkiego przemieszczania się na duże odległości, współczesne statki powietrzne wymagają wykonywania przed wylotem szeregu czynności obsługowych, związanych z utrzymaniem ich w stanie gotowości do wykonania zadania i zapewnieniem wysokiej niezawodności w trakcie lotu. Do realizacji zadań obsługowych niezbędny jest zespół odpowiednio przygotowanych specjalistów, sprzęt techniczny, środki materiałowe i czas, co zdecydowanie ogranicza możliwość natychmiastowego ich przemieszczania za statkiem powietrznym wykonującym zadanie.



Rys. 1. Potrzeby logistyczne statku powietrznego

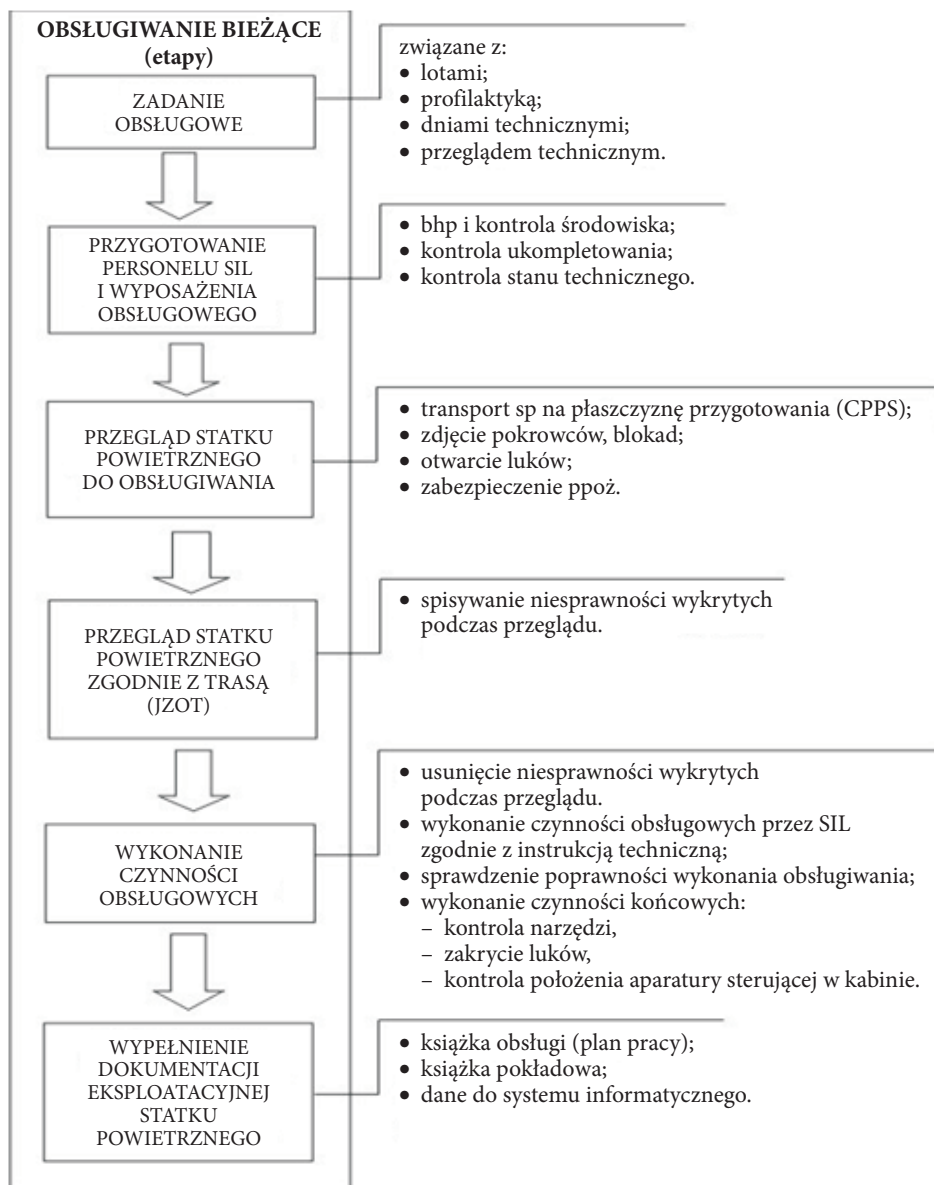
2. Proces obsługiwanian statku powietrznego

W celu zapewnienia wysokiej niezawodności sprzętu lotniczego w powietrzu, określenia jego stanu technicznego i doprowadzenia go do poziomu zgodnego z normami technicznymi, a w razie niesprawności — usprawnienia, jak również w celu niedopuszczenia do lotu niesprawnego lub niewłaściwie przygotowanego statku powietrznego, wykonuje się obsługiwanian techniczne określone w dokumentacji eksploatacyjnej poszczególnych typów statków powietrznych oraz kontroluje się ich stan techniczny.

Zakres obsługiwań wykonywanych na statkach powietrznych przydzielanych poszczególnym specjalistom na dany dzień powinien stanowić technologicznie zamknięty cykl czynności oraz zapewniać możliwość wykonania rozpoczętej pracy od początku do końca przez tych samych specjalistów. Za jakość i terminowość wykonania obsługiwań (czynności) na sprzęcie lotniczym odpowiada bezpośredni wykonawca (technik, starszy mechanik, mechanik).

W eskadrze lotnictwa taktycznego najczęściej wykonywanymi obsługiwaniami w procesie eksploatacji statku powietrznego są obsługiwanian bieżące. Schematy czynności obsługowych w zakresie obsługiwań bieżących przedstawiono na rysunku 2.

Wszystkie rodzaje obsługiwań wykonuje personel techniczny odpowiednio przygotowany i posiadający uprawnienia, zgodnie z dokumentacją eksploatacyjną statku powietrznego.



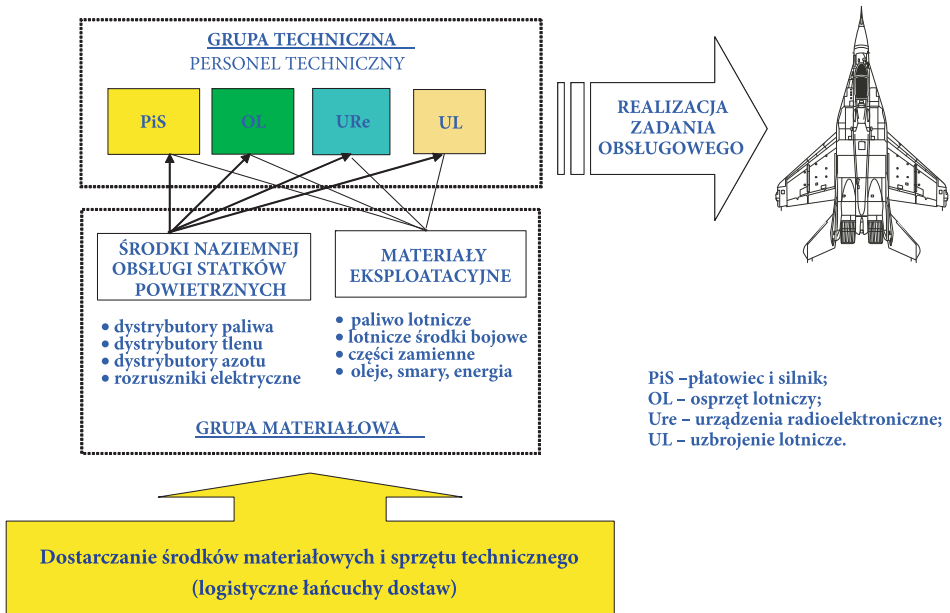
Rys. 2. Schemat czynności obsługi bieżącego

Czynności obsługowe wykonywane są na stanowiskach obsługiwań. Budowa takiego stanowiska, jego struktura i wyposażenie wynikają z celu wykonania danego obsługiwań i są ściśle związane z konstrukcją statku powietrznego oraz repertuarem zadań lotniczych, które może wykonywać.

Typowe stanowisko obsługi składa się z następujących elementów:

- *grupy technicznej* — realizuje czynności obsługi technicznej mające na celu przygotowanie statku powietrznego do lotu;
- *grupy materiałowej* — dostarcza środki materiałowe i zapewnia sprawne działanie środków i urządzeń logistycznych oraz bierze udział w procesie zasilania i uzupełniania głównych instalacji statku powietrznego.

Głównym zadaniem grupy materiałowej jest, w oparciu o posiadane środki i urządzenia logistyczne (dystrybutory paliwa, powietrza, rozruszniki elektryczne), przygotowanie punktów tankowania (uzupełniania głównych instalacji) i zasilania w energię elektryczną. Ilość i rodzaj środków i urządzeń logistycznych wchodzących w skład stanowiska obsługowego zależy od typu statku powietrznego oraz jego potrzeb związanych z wymaganym poziomem obsługi. Przykład stanowiska obsługi statku powietrznego pokazano na rysunku 3.

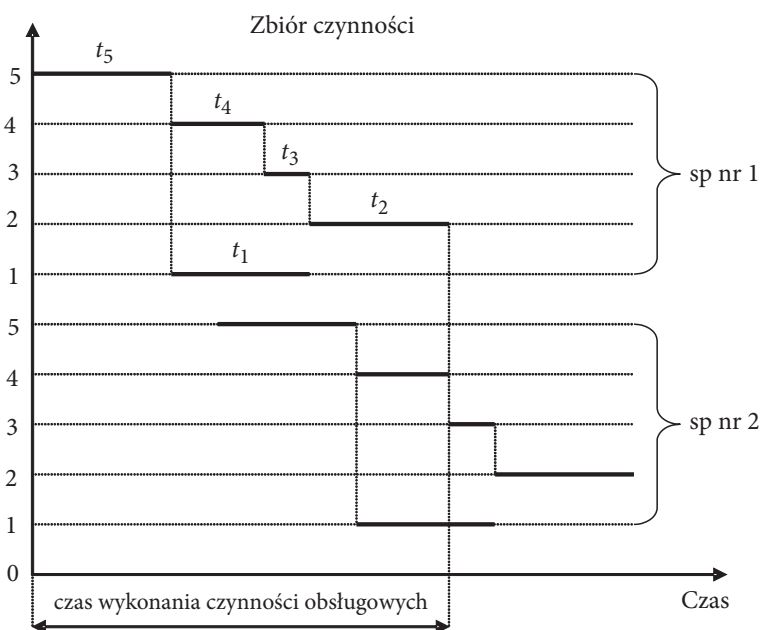


Rys. 3. Stanowisko obsługowe statku powietrznego

3. Wykorzystanie struktur działania do analizy procesu obsługi statku powietrznego

Niezależnie od specjalności lotniczej wszystkie czynności obsługowe wykonywane są na stanowiskach obsługi. Liczba statków powietrznych i stanowisk obsługowych wpływa na przyjęcie odpowiedniej struktury działania w procesie ich obsługi.

Na każdym ze stanowisk wykonywany jest określony zakres czynności obsługowych (rys. 4). Zależy on od poziomu obsługiwanie (określona liczba czynności obsługowych i czas ich trwania) oraz liczby statków powietrznych. Czas trwania czynności obsługowych T_i jest zmienną losową o rozkładzie normalnym $N(\bar{t}_o, \delta_o)$.



Rys. 4. Przykładowy harmonogram prac obsługowych na statkach powietrznych

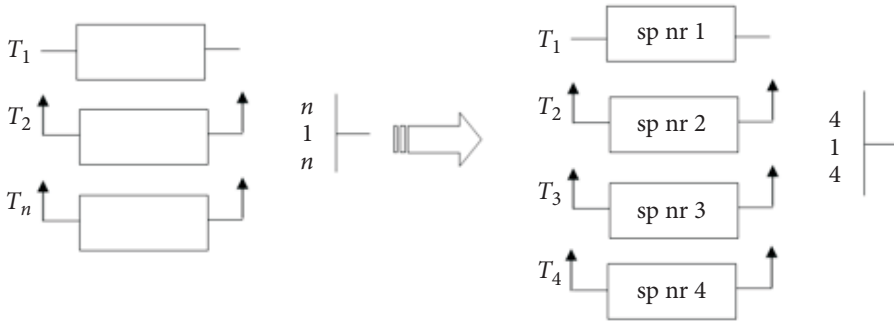
Rozpatrując rzeczywiste działanie podczas lotów, przyjęto sytuację, w której zadaniem obsługowym jest wykonanie obsługiwanie startowego na stałej liczbie statków powietrznych — n , przy zmieniającej się liczbie w pełni ukończonych stanowisk obsługowych — m (ludzie i sprzęt).

Analizie poddano cztery przykładowe przypadki.

W pierwszym przypadku struktura działania ma postać:

$$S(k = n, m = 1, n = 4) \text{ (rys. 5),}$$

gdzie: k — liczba statków powietrznych, na których należy wykonać obsługiwanie startowe, aby można było przyjąć, że zadanie obsługowe zostało wykonane;
 m — liczba stanowisk obsługiwanie (grup obsługowych);
 n — liczba wszystkich statków powietrznych, na których należy wykonać obsługiwanie.

Rys. 5. Struktura działania $S(k = n, m = 1, n)$

W tym przypadku mamy jedno stanowisko obsługowe, na którym musimy przygotować cztery statki powietrzne. W związku z tym łączny czas wykonania obsługi startowego na czterech statkach powietrznych ma postać:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_i; \quad n = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

$$T_o = \sum_{i=1}^4 T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4. \quad (2)$$

Założono niezależność wszystkich zmiennych losowych T_i oraz wykonywanie obsługi technicznych na tym samym typie statku powietrznego. Czasy wykonywania obsługi na każdym ze statków powietrznych mają następujące rozkłady: $N_{T_1}(\bar{t}_1, \delta_1)$, $N_{T_2}(\bar{t}_2, \delta_2)$, $N_{T_3}(\bar{t}_3, \delta_3)$, $N_{T_4}(\bar{t}_4, \delta_4)$. Rozkłady spełniają założenie:

$$N_{T_1} = N_{T_2} = N_{T_3} = N_{T_4}. \quad (3)$$

Problem uzyskania rozkładu sumy zmiennych losowych T_i jest związany z kompozycją rozkładów. W wyniku otrzymuje się jeden rozkład normalny $N_{T_o}(\bar{t}_o, \delta_o)$, który określa łączny czas obsługi grupy statków powietrznych (wykonania zadania obsługowego). Łączny rozkład normalny uzyskany w wyniku sumowania zmiennych losowych będzie miał parametry [1-3]:

$$\bar{t}_o = \bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_3 + \bar{t}_4, \quad (4)$$

$$\delta_o^2 = \delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2. \quad (5)$$

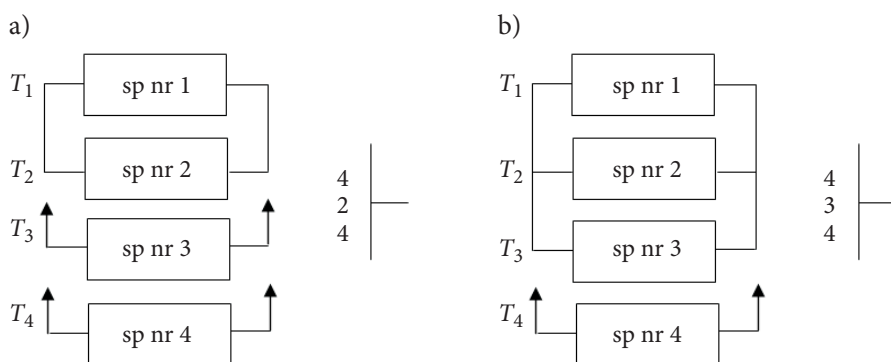
Przyjmując, że czasy wykonywania poszczególnych obsługi mają jednakowe rozkłady normalne $N_T(30, 10)$, łączny czas przygotowania 4 statków powietrznych

przez jedną grupę obsługową (stanowisko obsługi) na poziomie obsługi startowego ma rozkład $N_{T_{oi}}(120,18)$.

W drugim i trzecim przypadku struktura działania ma postać:

$$S(k = n, m < n, n = 4).$$

Jest to struktura równoległa, pasywno-aktywna (rys. 6). W tym przypadku do przygotowania czterech statków powietrznych mamy dwa lub trzy stanowiska obsługowe.



Rys. 6. Struktura działania $S(k = n, m < n, n)$: a) $m = 2$; b) $m = 3$

Łączny czas wykonywania obsługi będzie miał postać [3]:

$$T_o = \max[T_1, T_2, T_3^*, T_4^*], \quad (6)$$

$$T_3^* = \min[T_1, T_2] + T_3; \quad (7)$$

$$T_4^* = \min \left\{ \max \left[(T_1, T_3^*), (T_2, T_3^*), (T_1, T_2) \right] \right\} + T_4. \quad (8)$$

Przyjmując następujące wartości czasów wykonywania poszczególnych obsłużeń: $T_1 = 30$ min, $T_2 = 35$ min, $T_3 = 25$ min, $T_4 = 25$ min, otrzymano łączny czas przygotowania 4 statków powietrznych przez trzy grupy obsługowe: $T_3^* = 55$ min, a przez dwie grupy obsługowe $T_4^* = 60$ min.

Traktując otrzymane wartości jako średnie czasy wykonywania obsługi startowego przyjęto, że łączny czas przygotowania czterech statków powietrznych przez dwie grupy obsługowe (stanowiska obsługi) będzie miał rozkład $N_{T_{oi}}(60,15)$, a przez trzy grupy obsługowe $N_{T_{oi}}(50,12)$. Dla struktury równoległej należy wprowadzić ograniczenia czasu obsługi ($T_o \geq 20$ min) np. ze względów organizacyjnych, technicznych (czas tankowania statku powietrznego), tworząc w ten sposób nowy

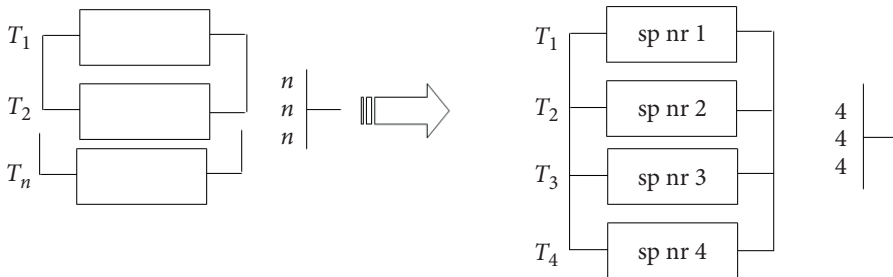
rozkład normalny ucięty, którego nowa funkcja gęstości prawdopodobieństwa ma postać [2]:

$$f_o(t) = kf_o(t) \text{ dla } t \geq T_{o\min}, \quad (9)$$

$$k = \frac{1}{1 - F(T_{o\min})}, \quad (10)$$

$$f_o(t) = \frac{1}{1 - F(20)} f_o(t) = \frac{1}{0,844} f_o(t) = 1,185 f_o(t). \quad (10a)$$

W czwartym przypadku struktura działania ma postać $S(k = n, m = n, n = 4)$. Jest to struktura równoległa (rys. 7). W tym przypadku liczba stanowisk obsługiwanego jest równa liczbie wszystkich statków powietrznych, które należy przygotować do wykonania zadania lotniczego.



Rys. 7. Struktura działania $S(k = n, m = n, n)$

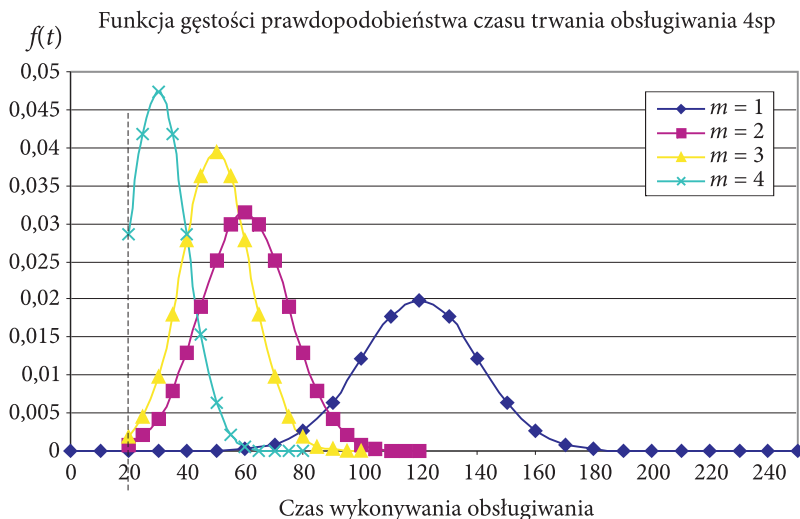
Łączny czas wykonywania obsługiwanego będzie miał postać [3]:

$$T_o = \max [T_1, T_2, T_3, T_4]. \quad (11)$$

Przyjmując następujące wartości czasów wykonywania poszczególnych obsługiwanego: $T_1 = 30$ min, $T_2 = 20$ min, $T_3 = 25$ min, $T_4 = 30$ min, otrzymujemy: $T_o = 30$ min.

Traktując otrzymaną wartość jako średni czas wykonywania obsługiwanego startowego przyjąłem, że łączny czas przygotowania czterech statków powietrznych przez cztery grupy obsługowe (stanowiska obsługiwanego) będzie miał rozkład $N_{T_{oi}}(30, 10)$. Również w tym przypadku należy wprowadzić ograniczenia czasu obsługiwanego ($T_o \geq 20$ min).

Łączne rozkłady czasu trwania obsługi startowego czterech statków powietrznych w zależności od liczby stanowisk obsługowych przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Rozkłady czasu trwania obsługi w zależności od liczby stanowisk obsługowych

Z wykresu widać, że zależność średnich czasów wykonywania obsługi od liczby stanowisk obsługowych można opisać funkcją potęgową postaci [4]:

$$\hat{y}_i = ax_i^b. \quad (12)$$

Parametry a i b można wyznaczyć przez przekształcenie zależności 2.12 do postaci liniowej

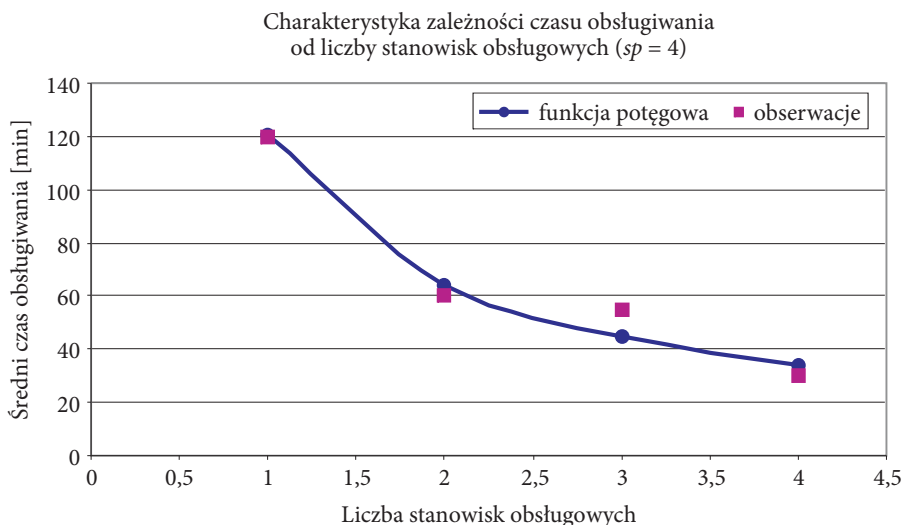
$$\ln \hat{y}_i = \ln a + b \ln x_i. \quad (13)$$

W wyniku obliczeń otrzymano następującą funkcję:

$$y = 4,8x^{-0,91}.$$

Wykres funkcji przedstawiono na rysunku 9.

Z wykresu funkcji widać, że największy przyrost czasu przy obsłudze czterech statków powietrznych można otrzymać przy zwiększeniu z jednego na dwa stanowiska obsługowe. Gdy dodamy kolejne stanowiska, przyrosty czasu są znacznie mniejsze. Wynika z tego, że przykładowo do obsługi czterech statków powietrznych racjonalną liczbą stanowisk są dwa.



Rys. 9. Funkcja zależności średnich czasów wykonywania obsługiwa-
nia od liczby stanowisk obsłu-
giewania

W podobny sposób można postępować, gdy chcemy znaleźć taką zależność dla innej liczby statków powietrznych oraz dla innego poziomu obsługiwa-
nia.

4. Wnioski

Z wykorzystania struktur działania do analizy procesu obsługiwa-
nia statków powietrznych można dojść do następujących wniosków:

- wybór struktury działania zależy od zadania obsługowego oraz od wielkości zasobów logistycznych — ludzi, materiałów i sprzętu logistycznego;
- personel techniczny wszystkie czynności obsługowe wykonuje na stanowiskach obsługiwa-
nia w oparciu o ściśle określony harmonogram czynności obsługowych;
- liczba stanowisk obsługowych jest jednym z elementów wpływających w zasadniczy sposób na czas przygotowania statku powietrznego do wykonania zadania lotniczego;
- zależność między liczbą stanowisk a czasem wykonywania czynności obsługowych, może być opisana funkcją potęgową.

Artykuł wpłynął do redakcji 20.07.2009 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w październiku 2009 r.

LITERATURA

- [1] S. BRANDY, *Analiza danych. Metody statystyczne i obliczeniowe*, PWN, Warszawa, 1998.
- [2] T. GERSTENKORN, T. ŚRÓDKA, *Kombinatoryka i rachunek prawdopodobieństwa*, PWN, Warszawa, 1974.
- [3] J. JAŻWIŃSKI, J. ŻUREK, *System z nadmiarem strukturalnym*, Niezawodność w inżynierii niezawodności, XXXII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 2004.
- [4] L. KOWALSKI, *Statystyka*, WAT, Warszawa, 2001.

SZ. MITKOW

Operational structures in servicing process of combat aircrafts

Abstract. In the air logistics, one of important problems is preparation of an aircraft to the flight. This concerns mainly realization of servicing process. The usage intensity of military aircrafts affects their logistic requirements, and possibility of technical personnel in servicing process. In the paper, there has been presented a mathematical model of the analysis of military aircrafts servicing process based on their operational structures. The estimation criterion is the time of a servicing process by changes of the logistic requirements.

Keywords: maintenance, logistics, servicing, aircraft

Universal Decimal Classification: 623.746.004.14

