

WYBRANE ASPEKTY MODELOWANIA SYSTEMU OBSŁUGI STATKÓW POWIETRZNYCH

Streszczenie

W artykule podjęto problem optymalizacji systemu obsługi technicznej statków powietrznych w ramach realizacji zadań firm przewozowych oraz organizacji posiadających własne statki powietrzne. W artykule przybliżono aktualny stan transportu lotniczego w Polsce i na świecie, przedstawiono prognozy rozwoju lotniczego transportu pasażerskiego. Zdefiniowano pojęcie eksploatacji w tym eksploatacji statków powietrznych. Następnie przedstawiono założenia, bez formalizacji matematycznej, modelu systemu obsługi technicznej statków powietrznych. Zaproponowany model odwzorowuje rzeczywiste funkcjonowanie systemu. Umożliwia on podejmowanie właściwych decyzji wyboru parametrów charakteryzujących system obsługi. Najczęściej wybieranym kryterium wyboru decyzji jest koszt funkcjonowania systemu obsługi.

WSTĘP

Pomimo występującego kryzysu rośnie zapotrzebowanie na przewozy zarówno osób jak i ładunków transportem lotniczym. Naukowcy przyjmują, że istnieją czynniki powodujące większy wzrost przewozów. Wśród nich można wyróżnić:

- wymianę floty na nowszą,
- rozwój rynków wschodzących,
- kontynuację rozwoju segmentu przewozów niskokosztowych,
- zwiększenie pojemności statków powietrznych.

Zauważalna jest również zależność pomiędzy wielkością przewiezionych pasażerów oraz poziomem PKB głównych gospodarek świata. Przy czym tempo wzrostu przewozów lotniczych jest zazwyczaj o kilka procent wyższe od tempa wzrostu gospodarczego.

W tabeli 1 przedstawiono dynamikę wzrostu liczby pasażerów transportu lotniczego na świecie, w Polsce i krajach europejskich o podobnej do Polski wielkości w latach 2000-2013. Na podstawie przedstawionych danych można stwierdzić, że w przypadku lotniczego transportu pasażerskiego dynamika wzrostu w przypadku Polski jest wyższa niż trend światowy, a także krajów o podobnej wielkości a wyższym PKB niż Polska.

Tab. 1. Dynamika wzrostu liczby pasażerów transportu lotniczego[9]

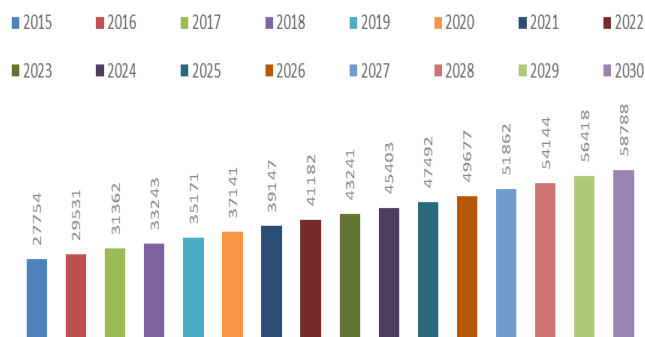
KRAJ	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Świat	100%	117,69%	133,40%	106,04%	103,84%	105,42%
Francja	100%	99,80%	115,98%	105,46%	100,78%	98,83%
Hiszpania	100%	125,54%	106,00%	99,79%	91,19%	99,89%
Holandia	100%	125,04%	103,24%	111,04%	105,72%	105,63%
Niemcy	100%	156,63%	107,21%	109,98%	99,01%	99,09%
Polska	100%	161,01%	107,61%	130,08%	110,46%	106,67%
USA	100%	108,30%	99,99%	101,43%	100,81%	100,88%
UK	100%	132,89%	108,45%	109,93%	103,42%	102,76%
Włochy	100%	118,73%	90,39%	103,91%	91,60%	89,61%

Również prognoza dla Polski, dotycząca wzrostu zapotrzebowania na loty, wykonana na podstawie szeregów czasowych, przewidywanego realnego wzrostu PKB, a także przy uwzględnieniu współczynnika mobilności w UE-15, opracowana przez Urząd Lotnictwa Cywilnego zakłada systematyczny wzrost ruchu pasażerskiego [8] (rys. 1).

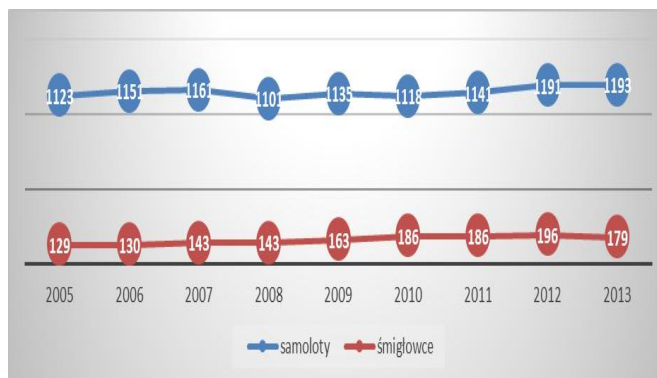
Zauważalny jest również wzrost w segmencie przewozu ładunków transportem lotniczym z 62 113 605 w 2013 roku do 72 901 137 co stanowi wzrost o 17,4%.

Wraz ze wzrostem liczby pasażerów i przewożonych ładunków wzrasta liczba używanych statków powietrznych lub ich pojemność.. Na rysunku 2 przedstawiono liczbę statków powietrznych (samolotów i śmigłowców) zarejestrowanych w Polsce w latach 2005- 2013. Jak wynika z wykresu liczba statków powietrznych powoli, ale systematycznie rośnie.

PROGNOZA WIELKOŚCI PRZEWOZU PASAŻERÓW



Rys. 1. Prognoza ruchu lotniczego dla Polski na lata 2015-2030 [8]



Rys.2. Liczba dysponowanych statków powietrznych w Polsce w latach 2005-2013 [8]

Dalszy wzrost liczby statków powietrznych oraz udziału transportu lotniczego w przewozach pasażerów i ładunków implikuje

wzrost liczby wykonywanych lotów. W związku z powiększaniem oferty przewozowej przez firmy i organizacje zajmujące się przewozami lotniczymi, a także osoby prywatne ważne jest posiadanie przez nich odpowiedniej do zakresu realizowanych zadań floty oraz sprawnego systemu obsług technicznych. Dynamiczny rozwój transportu lotniczego, zarówno w obszarze przewozów towarowych jak i pasażerskich wiąże się ze zwiększonym zapotrzebowaniem na realizację obsług technicznych statków powietrznych. Obsługi te powinny być, z punktu widzenia obsługiwanego, nie tylko profesjonalne ale i wykonane szybko oraz tanio (statek powietrzny, który nie lata generuje straty). W związku z powyższym, jedną z determinant wyboru statku powietrznego przez decydentów jest wielkość kosztów związanych z jego eksploatacją. Obniżenie kosztów eksploatawanej floty wpływa na konkurencyjność danej firmy lotniczej.

Jednym ze sposobów obniżenia kosztów eksploatacji jest zmniejszenie liczby statków powietrznych przy jednoczesnym zachowaniu możliwości realizacji zadań przewozowych. Możliwe jest to poprzez racjonalne wykorzystanie systemu obsługi technicznej, którego zadaniem jest zapewnienie sprawnej obsługi technicznej eksploatowanych statków powietrznych przy minimalnych kosztach. Jednocześnie należy pamiętać o zachowaniu odpowiedniego standardu usług.

W artykule podjęto problem optymalizacji systemu obsługi technicznej statków powietrznych w ramach realizacji zadań firm przewozowych. Optymalizacja systemu obsługi technicznej bazuje na modelu odwzorowującym rzeczywiste funkcjonowanie systemu. Umożliwia ona podejmowanie właściwych decyzji wyboru parametrów charakteryzujących system obsługi. Najczęściej kryterium wyboru decyzji o strukturze systemu obsługi jest koszt jego funkcjonowania.

1. POJĘCIE EKSPLOATACJI

Z dokonanego przeglądu literatury wynika, że pojęcie eksploatacji bywa różnie definiowane. Zasadniczo przyjmuje się definicję podaną w normie PN-82/N-04001, gdzie eksploatacja definiowana jest jako: „Zespół celowych działań organizacyjno-technicznych i ekonomicznych ludzi z obiektem technicznym oraz wzajemne relacje, występujące między nimi od chwili przyjęcia obiektu do wykorzystania zgodnie z przeznaczeniem, aż do jego likwidacji”[4]. Inna definicja określa eksploatację jako ogół wszystkich zdarzeń, zjawisk i procesów zachodzących w danym statku powietrznym od chwili zakończenia procesu jego wytwarzania, do chwili jego likwidacji [7].

Każdy obiekt techniczny, a więc i statek powietrzny w wyniku użytkowania ulega starzeniu fizycznemu, co prowadzi do częściowej lub całkowitej utraty jego własności użytkowych. Jednym ze sposobów złagodzenia tego stanu są: zmniejszenie intensywności procesu starzenia oraz odtworzenia własności użytkowych statku powietrznego. W tym celu wykonuje się szereg czynności określanych mianem obsługi technicznej. Jak wiadomo zapobieganie jest tańsze od usuwania skutków awarii, zatem obsługi techniczne mają charakter profilaktyczny. Im częściej przeglądy techniczne różnego typu są wykonywane, tym rzadziej zachodzi potrzeba stosowania czynności o charakterze naprawczym, a tym samym zmniejsza się pracochłonność tych ostatnich. Wśród kosztów wynikających z eksploatacji można wyróżnić nakłady ponoszone na obsługę oraz nakłady ponoszone na naprawy. W miarę wzrostu pierwszego składnika kosztów, drugi będzie się zmniejszał i odwrotnie. Optymalny efekt ekonomiczny eksploatacji statków powietrznych uzyskujemy wówczas, gdy suma kosztów przybierze wartość minimalną. Wyznaczenie wartości optymalnej kosztów wiąże się bezpośrednio z określeniem racjonalnego sposobu i zakresu obsług technicznych o charakterze profilaktycznym, które określają producenci statków powietrznych.

Reasumując, w artykule pod pojęciem obsługi technicznej będziemy rozumieli proces techniczny służący przywracaniu i podwyższaniu wartości statku powietrznego. Zakładamy, że eksploatacja statków powietrznych odbywa się w dwóch podstawowych podsystemach eksploatacji: utrzymywania zdolności i użytkowania. Podstawowym zadaniem realizacji tych procesów w podsystemach jest zapewnienie wykonania zadania lotniczego (operacyjnego, misji) [2,3]. W przypadku statków powietrznych pojęcie „obsługa techniczna” obejmuje szereg operacji między innymi:

- konserwację,
- zabiegi diagnostyczne,
- zabiegi profilaktyczne (sprawdzenie i regulacja poszczególnych elementów i połączeń),
- naprawę systemów statków powietrznych w całości.

Obsługi techniczne statków powietrznych można podzielić w zależności od częstotliwości i czasu ich wykonywania oraz nalogu i pory roku. Pod względem częstotliwości i czasu wykonywania obsługi możemy podzielić na:

- przegląd przed lotem,
- przegląd po locie,
- obsługi okresowe,
- obsługi specjalne.

Podział ze względu na liczbę wykonanych godzin lotu jest różny dla różnych typów statków powietrznych. Natomiast podział ze względu na pory roku wynika z warunków klimatycznych. W tym przypadku mamy do czynienia z obsługą zimową i letnią.

Dla potrzeb dalszych rozważań, przeprowadzanych w artykule, dotyczących optymalizacji systemu obsługi technicznej założono, że mamy do czynienia z systemem obsługi technicznej realizującym obsługę planową.

2. MODEL OBSŁUGI STATKÓW POWIETRZNYCH

2.1. Założenia

Celem procesu eksploatacji statku powietrznego odzwierciedlającego fakt zużywania się środków transportu podczas pracy i odtwarzania ich zdolności do pracy, jest doprowadzenie stanu statku powietrznego do optymalnego.

Należy pamiętać, że stan techniczny każdego obiektu technicznego, a więc i statku powietrznego, w wyniku jego eksploatacji zmienia się w sposób ciągły, co oznacza, że przechodząc od jednego stanu do drugiego statek powietrzny zawsze przechodzi przez wiele stanów pośrednich. W praktyce, wystarczającym jest posługiwanie się skończoną liczbą stanów.

Uporządkowany w czasie ciąg zmian stanów zachodzących po sobie określa się jako proces [1]. W przypadku systemu eksploatacji statków powietrznych, opis związków między stanami systemu nazywany jest procesem eksploatacji statków powietrznych. Zatem opisując proces eksploatacji statków powietrznych należy opisać zarówno sam system eksploatacji statków powietrznych (elementy – statki powietrzne, charakterystyki oraz typy środków transportowych, organizacje, możliwości wykonywania zadań) jak również przedstawić obsługi statków powietrznych w funkcji czasu. W modelu procesu eksploatacji statków powietrznych niezbędne jest odwzorowanie tych właściwości elementów systemu eksploatacji statków powietrznych, które pozwolą na badanie przebiegu zmian zachodzących w systemie tj. umożliwiają odwzorowanie przebiegu zmian stanów systemu dla różnych sytuacji decyzyjnych.

Każdy system, a zatem i system eksploatacji statków powietrznych zmienia się w czasie. Jeżeli na osi czasu wyróżnimy chwilę (moment), to pod pojęciem stanu systemu w wyróżnionej chwili rozumiemy najmniejszą liczbę danych, których znajomość pozwala jednoznacznie określić wielkości wyjściowe systemu.

Przedstawiając dynamikę procesu eksploatacji statków powietrznych należy uwzględnić zależności występujące między stanami systemu oraz czasem jako zmienną niezależną. Dla procesu eksploatacji statków powietrznych charakterystyczne są związki między stanami stanowisk obsługi i stanami statków powietrznych. Zależności te znacznie ograniczają liczbę dopuszczalnych stanów systemu transportowego. Pozwala to na przedstawienie wektora stanu systemu eksploatacji statków powietrznych w dwóch różnych ujęciach:

1. jako ciągu zmian stanu elementów infrastruktury systemu (stanowisk obsługi),
2. jako ciągu zmian stanu statków powietrznych w systemie.

Uwzględniając powyższe, model procesu eksploatacji statków powietrznych zdefiniowano uwzględniając następujące elementy:

- struktura sieci stanowisk obsługi,
- charakterystyki elementów struktury sieci stanowisk obsługi przedstawiającej jej rzeczywiste właściwości (szczególnie charakterystyki dostępności i ograniczeń),
- wielkości strumienia zgłoszeń identyfikowanych na wejściu do sieci (wielkość zapotrzebowania na obsługi zgłaszane przez nabywców);
- sterowanie rozumiane jako sposób przeprowadzenia jednostek przez sieć od wejścia do wyjścia (wybór reguł, realizacji procesu).

Uwzględniając powyższe model procesu eksploatacji statków powietrznych (MPESP) będzie zapisany, jako uporządkowana czwórka, postaci:

$$\text{MPESP} = \langle \mathbf{G}, \mathbf{F}, \mathbf{Z}, \mathbf{ST} \rangle \quad (1)$$

gdzie: **G**- struktura sieci, **F**- zbiór funkcji określonych na elementach struktury, **Z** – wielkość strumienia zgłoszeń do obsługi, **ST**- sterowanie organizacją systemu obsługi.

System obsługi technicznej organizacji wykorzystującej statki powietrzne wyznaczony będzie w wyniku rozwiązania zadania optymalizacyjnego sformułowanego adekwatnie do rozważanej sytuacji decyzyjnej. Wymaga to zdefiniowania danych i ich charakterystyk zmiennych decyzyjnych, ograniczeń oraz funkcji kryterium, będącej miernikiem jakości rozwiązania zadania.

2.2. Parametry modelu systemu obsługi

Strukturę analizowanego systemu eksploatacji statków powietrznych przedstawiono w postaci grafu Berge'a **G**, tj.:

$$\mathbf{G} = \langle \mathbf{W}, \mathbf{L} \rangle \quad (2)$$

gdzie: **W** - zbiór węzłów sieci eksploatacji statków powietrznych $\mathbf{W} = \{1, \dots, w, \dots, W\}$, **L** - jest zbiorem połączeń pomiędzy węzłami: $\mathbf{L} \subset \mathbf{W} \times \mathbf{W}$; $\mathbf{L} = \{(w, w') : w \neq w', w, w' \in \mathbf{W}\}$

Analizując proces eksploatacji statków powietrznych należy określić zbiór typów statków powietrznych należących do analizowanego systemu oraz ich liczbę. Dla jednoznaczności dalszych rozważań przyjmujemy, że **S** jest zbiorem numerów typów statków powietrznych, tj.: $\mathbf{S} = \{1, \dots, s, \dots, S\}$ gdzie: **S** jest liczebnością zbioru **S**.

Wśród innych zbiorów, które należy określić są:

- zbiór **P** typów obsług technicznych, $\mathbf{P} = \{1, 2, \dots, p, \dots, P\}$,
- zbiór **R** numerów technologii, $\mathbf{R} = \{1, 2, \dots, r, \dots, R\}$

Ponieważ do analizowanego systemu może jednocześnie należeć wiele statków powietrznych jednego typu, stąd niezbędnym jest ponumerowanie statków powietrznych każdego typu $s, s \in \mathbf{S}$. Zbiór numerów środków transportowych s -tego typu oznaczymy przez **K(s)**, przy czym będzie on zbiorem postaci:

$$\mathbf{K}(s) = \{(k, s) : k=1, \dots, K(s)\} \quad s \in \mathbf{S} \quad (3)$$

gdzie: (k, s) - k -ty numer statku powietrznego s -tego typu, $K(s)$ - liczba statków powietrznych s -tego typu w systemie.

Jedną z charakterystyk analizowanego procesu jest czas obsługi s -tego typu statku powietrznego p -tego rodzaju, stosując r -tą technologię $t(s, p, r)$. Innym parametrem analizowanego procesu jest koszt obsługi s -tego typu statku powietrznego p -tego rodzaju, stosując r -tą technologię $c(s, p, r)$.

Symbolem $w(s, p, r)$ określono wydajność pojedynczej linii technologicznej realizującej p -tą obsługę na statku powietrznego typu s z wykorzystaniem r -tej technologii. Natomiast $m(s, p, r)$ opisuje liczbę linii technologicznych realizujących p -tą obsługę na statku powietrznym typu s z wykorzystaniem r -tej technologii.

Ponadto założono, że zapotrzebowanie na obsługę ze strony eksploatowanych statków powietrznych s -tego typu będzie określone jako intensywność $\alpha(s, p)$ zapotrzebowań na obsługę dla statku powietrznego typu s , gdzie $p \in \mathbf{P}$, $s \in \mathbf{S}$. Dla stacjonarnej eksploatacji $\alpha(s, p)$ jest stała w czasie [2].

Wśród pozostałych danych, niezbędnych do wyznaczenia optymalnego ze względu na wielkość kosztów systemu obsługi technicznej statków powietrznych należy wymienić:

3. liczbę statków powietrznych będących w stałej gotowości technicznej s -tego typu,
4. nalot całkowity statków powietrznych s -tego typu,
5. nalot międzyobsługowy statków powietrznych s -tego typu,
6. średnią intensywność użytkowania statków powietrznych s -tego typu,
7. cenę s -tego typu statku powietrznego,
8. międzyobsługowy czas efektywnego wykorzystania statku powietrznego s -tego typu,
9. całkowity czas efektywnego wykorzystania statku powietrznego s -tego typu,
10. dostępne technologie, które mogą być wykorzystane do realizacji obsługi technicznej rodzaju p statku powietrznego s -tego typu,
11. parametry charakteryzujące poszczególne technologie,
12. koszty stałe utrzymania systemu obsługi
13. inne.

2.3. Zmienne decyzyjne zagadnienia obsługi technicznej statków powietrznych

Optymalny system obsługi technicznej statków powietrznych jest kompromisem pomiędzy liczbą zgłaszanych obsług technicznych i możliwością realizacji zadań przez eksploatowane statki powietrzne. Zostanie on wyznaczony w wyniku rozwiązania zadania optymalizacyjnego sformułowanego adekwatnie do rozważanej sytuacji decyzyjnej. Wymaga to zdefiniowania zmiennych decyzyjnych.

W proponowanym modelu zmienna decyzyjna jest binarna i została zapisana symbolem $x(s, p, r)$. Przy czym wielkość $x(s, p, r) = 1$, gdy p -ty rodzaj obsługi realizowany jest przez r -tą technologię na statku powietrznym typu s , w przeciwnym przypadku $x(s, p, r) = 0$.

2.4. Ograniczenia i funkcja kryterium

Ograniczenia zadania optymalizacji systemu obsługi statków powietrznych dotyczą:

- charakteru procesu eksploatacji statków powietrznych (proces stacjonarny) oraz intensywności efektów ekonomicznych przynoszonych przez eksploatowane statki powietrzne (wielkość stała, nie zmieniająca się w czasie),
- intensywności zapotrzebowań na obsługę,

- intensywności zapotrzebowań na obsługę p -tego rodzaju, która powinna być mniejsza lub równa wydajności systemu obsługi technicznej,
- spełnienia warunku bilansowania zapotrzebowań na obsługę,
- zapewnienia realizacji wszystkich obsług na eksploatowanych statkach powietrznych,
- wykorzystaniem jednego rodzaju technologii podczas obsługi p -tego rodzaju na s -tym statku powietrznym,
- i inne.

Przyjęcie założenia o stałej liczbie statków powietrznych znajdujących się w założonej gotowości technicznej wynika z faktu, iż realizacja zadań przewozowych wymaga ciągłego użytkowania statków powietrznych w określonej wielkości. Zwiększanie liczby statków powietrznych znajdujących się w założonej gotowości technicznej jest ekonomicznie nieuzasadnione, gdyż przy stałych zadaniach dodatkowa liczba statków powietrznych nie przynosi żadnych korzyści. Z kolei zmniejszanie liczby statków powietrznych znajdujących się w założonej gotowości technicznej jest niedopuszczalne, ponieważ przedsiębiorstwo lub organizacja nie mogłaby zrealizować zleconych zadań szkoleniowych lub przewozowych.

Z ekonomicznego punktu widzenia zależy nam na tym, aby liczba statków powietrznych typu s jednocześnie użytkowanych była jak największa. Fakt ten wpływa na wartość funkcji kryterium. W rozważanym przypadku maksymalizuje się dochód jaki przynoszą statki powietrzne będące w założonej gotowości technicznej.

Przyjęcie założenia o stałej liczbie statków powietrznych typu s znajdujących się w założonej gotowości technicznej (założonym poziomie gotowości) implikuje kryterium optymalizacji, które w takim przypadku ma interpretację strat (kosztów) wynikających z konieczności utrzymania w ruchu danej liczby statków powietrznych. Kryterium strat stosowane jest wtedy, gdy nie potrafimy wyznaczyć dochodu, który przynosi użytkowany statek powietrzny w jednostce czasu lub gdy użytkowanie statków powietrznych jest wymuszone innymi okolicznościami np. specyfiką, w której prowadzona jest eksploatacja statków powietrznych lub gdy mamy do czynienia z przedsiębiorstwem, które realizuje stałe zadania w zakresie szkolenia, transportu.

Założono, że dla systemu obsługi technicznej statków powietrznych nieokreślony jest termin zakończenia jego funkcjonowania. Przyjęcie tego założenia powoduje, że w funkcji kryterium możemy pominąć koszty inwestycyjne budowy takiego systemu, ponieważ są one małe w porównaniu z efektami ekonomicznymi przynoszonymi przez eksploatowane statki powietrzne. Założono również, że rozpatrywany proces eksploatacji statków powietrznych jest procesem dwustanowym, w którym wyróżniamy dwa stany: pracy i obsługi tzn., że statki powietrzne będące w organizacji realizują określone zadania szkoleniowe, transportowe lub przebywają w systemie obsługi technicznej, jeżeli wynika to z harmonogramu obsług.

Oczywistym jest, że kryterium oceny procesu eksploatacji nie może uwzględniać tylko interesów obsługi technicznej lub tylko interesów użytkownika. Kryterium to, określane mianem funkcji celu, powinno pogodzić obu partnerów procesu eksploatacji z jednego ogólniejszego punktu widzenia, jakim jest interes przedsiębiorstwa, który na ogół prawie zawsze możemy utożsamiać z korzyściami ekonomicznymi. Reasumując im większe będą te korzyści, tym lepiej są eksploatowane statki powietrzne. Dysponując takim kryterium możemy zdefiniować wzorcowy proces eksploatacji statku powietrznego jako ten, który zapewnia osiągnięcie maksymalnych efektów finansowych przy określonych warunkach eksploatacji i modernizację systemu obsługi technicznej. W tym sensie proces wzorcowy może być nazywany procesem optymalnym, a system gwarantujący taki przebieg procesu systemem optymalnym.

Dla firmy lub organizacji, w której eksploatowane są statki powietrzne, problem optymalizacji systemu obsługi technicznej sprowadza się do minimalizacji funkcji kryterium F .

Funkcja F stanowiąca kryterium, jest sumą trzech składników [5,7]:

$$F = \sum_{s \in S} (KW(s) + KZ(s) + KS(s)) \quad (4)$$

dla której składnik:

- $KW(s)$ - jest interpretowany jako koszt, na jednostkę czasu, wynikający z konieczności wymiany statków powietrznych typu s bez rezerwy na nowe lub na posiadające rezerwy;
- $KZ(s)$ - jest interpretowany jako koszt, na jednostkę czasu, wynikający z „zamrożenia” środków finansowych niezbędnych na zakup statków powietrznych typu s ;
- $KS(s)$ - jest interpretowany jako koszt, na jednostkę czasu, wynikający z utrzymania systemu obsługi technicznej statków powietrznych typu s .

PODSUMOWANIE

System obsługi statków powietrznych ma kluczowe znaczenie każdej firmy zajmującej się przewozami lotniczymi. Niewłaściwa organizacja systemu może skutkować nawet upadkiem firmy. Z tego powodu należy wypracować taki system obsługi który zapewni jej płynne działanie. Zaproponowany model może mieć zastosowanie do:

- analizy i oceny technologii pracy stanowisk obsługi,
- oceny strat czasu związanych z obsługą statków powietrznych,
- badania zależności efektywności realizacji procesów obsługi statków powietrznych od parametrów stosowanych linii technologicznych,
- analizy i oceny zarządzania procesem sterowania np. kolejnością wykonywania operacji, czy też następstwa obsługi.

BIBLIOGRAFIA

1. Jacyna M.: *Modelowanie i ocena systemów transportowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
2. Lewitowicz J.: *Podstawy eksploatacji statków powietrznych systemu eksploatacji statków powietrznych. Tom 3*. Wydawnictwo ITWL, Warszawa 2006.
3. Lewitowicz J.: *Ryzyko w eksploatacji statków powietrznych*, *Problemy Eksploatacji*, 2/2010
4. Norma PN-82/N-04001.
5. Piasecki St.: *„Optymalizacja procesów eksploatacji urządzeń”*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 1971.
6. Pyza D.: *Modelowanie systemów przewozowych w zastosowaniu do projektowania obsługi transportowej podmiotów gospodarczych*. OWPW, Warszawa 2012.
7. Żółtowski B., Ćwik Z.: *Leksykon Diagnostyki Technicznej*. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 1996.
8. <http://stat.gov.pl> (dostęp 20-09-2015)
9. www.ulc.gov.pl (dostęp 20-09-2015)

SELECTED ASPECTS OF MODEL- ING AIRCRAFT SERVICING SYS- TEM

Abstract

The paper presents the problem of optimization of aircraft maintenance and servicing system as a part of transport companies and organizations owning aircrafts. The paper brought closer the current state of air transport in Poland and in the world and presents forecasts for passenger air transport.

The aircraft service and maintenance operations are defined. The assumptions for model of technical service of aircraft are presented without mathematical formalization. The proposed model reproduces the actual functioning of the system. It allows making right decision to choose the parameters characterizing the operating system. The first choice criterion for the selection decision is the cost of the system operation.

Autorzy:

dr hab. inż. **Mirosław Kowalski** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

mgr inż. **Jacek Żak** – 15 Rejonowe Przedstawicielstwo Wojskowe